ISNN 3030-3907

2026/3
VOLUME 3

DEVELOPMENT OF SCIENCE

ILMIY JURNAL



Development of science

Ilmiy jurnal

2026/3 VOLUME 3

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.
Асадова Раъно Дилмуратовна
Тошкент Давлат техника университети доценти

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	Психолого-педагогические особенности информационных технологий в начальном образовании *Акбарова Нигора Абдурахим кизи* *Кадыров Рафик Хусанович*	9
2	Quyosh havo kollektorli quyosh quritgich qurilmalarining samaradorligini oshirish usullari tahlili *Ibragimov Umidjon Hikmatullayevich* *Qodirov Jobir Ro'zimamatovich* *Mavlonov Ulug'bek Mirzoqulovich* *Nabiyeva Maftuna Sadulloyevna*	18
3	Методика проведения уроков геометрии в начальных классах на основе эвристических технологий *Хамедова Нилюфар Азимовна* *Абдукаримова Нозима Шерматжон кизи*	32
4	Повышение качества начального математического образования как педагогическая проблема *Журабоева Сугдиёна Мухиддиновна* *Хамедова Нилюфар Азимовна*	41
5	Iso 22000 asosida oziq-ovqat xavfsizligi menejment tizimini validatsiya qilish modelini ishlab chiqish *Abdullajonov Botirjon Solijon o'g'li* *Melibayev Maxmudjon*	48
6	Issiq va changli muhitda traktor dizel dvigatellari detallarining yeyilish bardoshliligiga motor moyi holatining ta'siri haqida *Shaabidov Shoraxmat Asqarovich* *Igamberdiyev Abdulaziz Abduraimovich*	61
7	Seritsin saqlagan tabiiy polimerlar, kompozitsiyalar sintezi va xossalarini o'rganish *Mustafoyev Husen Mamatqulovich* *Hayitova Farangiz Ali qizi*	67
8	Benzoksazol asosidagi monomerlarning sintezi va yuqori samarali polimerlashdagi ahamiyati *Mustafoyev Khusen Mamatqulovich* *Choriqulova Dildora O'tkirjon qizi*	74
9	Ma'lumotlarni heshlash: nazariya, algoritmlar va amaliy qo'llanilishi *Mamajonov Qosimjon Maripjon o'g'li*	84
10	Surunkali virusli gepatitning surunkali glomerulonefritning komorbid kursi bilan rivojlanishining klinik va biokimyoviy jihatlari. *Mardonov Sanjar Yoqub o'g'li* *Fozilova Munojot Zohidjon qizi*	90
11	Buxoro suv ta'minoti tizimi asosida talabalarda ekologik mas'uliyat va barqaror rivojlanish g'oyalarini shakllantirish strategiyalari *I.Sh.Inoyatov* *Ikromova Nodira Nizom qizi*	97
12	Qishloq xo'jaligida suv tejovchi texnologiyalar joriy etilishi va ichimlik suvi tizimlariga ta'siri *Z.Z.Qodirov* *Egamberganov Rasulbek Farhod o'g'li*	105
13	Sociocultural adaptation of international medical students: development and validation of an adaptation index *Raza Muhammad Kalim* *Jasur Alimzhanovich Rizaev* *Ochilov Ulug'bek Usmanovich*	112
14	Magnit-elektr mexanizmlarida temperatura ta'sirining metrologik aniqlikka ta'siri *Murodova Aziza Yorqin qizi* *Bo'ronov Niyat G'ayrat o'g'li*	119
15	Сорбенты и биосорбенты для сорбционно- спектрофотометрического определения ионов хрома и цинка	126

ISSN 3030-3907

	Азимова Дилафруз Акмал кизи	
16	Oqsillarning tuzlar ta’sirida cho‘kishi va jarayonning fizik-kimyoviy asoslari *Muxiddinov Xusniddin Muxiddinovich*	136
17	Neyron tarmoqlari asosida paketlarni dinamik filtrlash algoritmi *Tashev Sarvar Norboboyevich*	142
18	Bolalarda o‘tkir glomerulonefritning klinik-laborator xususiyatlari va profilaktik yondashuvlar *Utamuradova Nigora Abduraxmanovna*	153
19	Scientific and technical analysis of research on the use of heat pipes *Ibragimov Umidjon Khayrullayevich* *Karimova Mahbuba Nutfullayevna* *Ibragimov Salim Safarovich*	160
20	Genlar ta'siring boshqarilishi, hujayra differensirofkasi, klonlar va klonlashtirishning klinik ahamiyati. *Saidmurodova Z. A.* *Shirinova Malika* *Oralova Sevinch*	167
21	Technology of printing patterns on fabric based on water-soluble polymers *Mustafoyev Khusen Mamatqulovich* *Tosheva Sitora Sayfullayevna*	174
22	The use of interactive, sign-contextual, and partially exploratory teaching methods as educational innovations *Umurzakov Dorobjon Bakhodirovich*	181
23	“Soddalashtirib anglash (apospasmatiká)” metodikasi asosida park-gorev differensial tenglamalarini talabalarga soddalashtirib tushuntirish. *Safarov Xoliyor Sayyid Safar o‘g‘li*	187
24	Диагностика статуса питания пшеницы по фотопигментам: интеграция уф–vis, рефрактометрии и раман-спектроскопии *Курбанов М.* *Хаитбаев А.Х.* *Акбаров А.Х.* *Тошов Ҳ.С.*	200
25	Обзор получения, свойств и характеристик клеев на основе акрилатов *Нарзуллаева Азиза Муродиллаевна* *Холова Шарифа Фарходовна* *Ахмедов Вохид Низомович*	233
26	Polimerlarni qayta ishlashda ularning texnologik xossalarini tadqiq qilish *Beknazarov Elyor Murodovich*	242
27	Биосинергетическая система «фенхель–базилик» как активный модулятор качества и биоконсервант в производстве пшеничного хлеба *Рахмонов К.С.* *Баракаев Н.Р.* *Хомидова Л.М.*	249
28	Neyron tarmoqlariga asoslangan paketlarni dinamik filtrlash usuli va algoritmi *Tashev Sarvar Norboboyevich*	257
29	Ёнғин пайтида темирбетон тўсинларнинг деформацияланиш босқичларини таҳлили *Алимов Х.Т.* *Шукуров Ф.Ж.*	273
30	Оценка и ранжирование цветовых характеристик зерен кукурузы *Мухамедханов Улугбек Тургудович*	282
31	Karbamid formaldegid smolasi asosidagi yog‘och payraxali plitalarning xossalari *Arslanov Islom Kimsanovich* *Omonova Lola Choriyevna*	290
32	Kobaltning toksikologiyasi, biologik roli, salomatlikka ta’siri va aniqlanish usullari. *Atavulloyev Hafiz Hayotovich*	299

ISSN 3030-3907

33	Энергоэффективные системы электропривода погружных насосов с асинхронными двигателями и частотным управлением *Хакбердиев Тимурбек Зафар угли*	308
34	Markazdan qochma nasoslarda bosim va radial kuchlarning suyuqlik zichligiga bog‘liqligini tahlili (zarafshon tumani misolida) *Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li*	318
35	Thermal processing technology of parts *Norkhodjaev F. R.* *Mamatkulov R.Sh.* *Ergasheva D.X.* *Maxmadiyorov S.A.*	326
36	Gidravlik mashinalarning gidrotizimidagi muammolar va ularning tahlili *Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li*	341
37	Navoiy kon-metallurgiya kombinati xavfli ishlab chiqarish ob’ektlarida texnika xavfsizligini boshqarish tizimini takomillashtirish *Normayev Qobilbek Husanovich* *Pardayeva Shahlo Saxibjonovna* *Barnoyev Oxun Mustafo o‘g‘li*	350
38	Markazdan qochma nasoslarning ekspluatatsion ishonchliligini oshirishda nosozliklar zanjirini tahlil qilish va diagnostika usullari *Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li*	357
39	Анализ современных технологий производства высокооктановых автомобильных бензинов, соответствующих стандарту евро-5 *Ходиев Илёсбек Акрам угли* *Уринбоев Темурбек Жалолдин угли* *Раупова Азизбека Анис угли* *Менглиев Шерзод Шоимович* *Игамкулова Наргиса Абдувалиевна*	366
40	Markazdan qochma nasoslarda ishchi suyuqlikni harakatidagi tahlili *Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li*	373
41	Темирбетон устунларни анъанавий ва замонавий кучайтириш усулларининг турлари ва уларнинг афзал ҳамда камчиликлари *Алимов Х.Т.* *Азимов А.А.* *Шарибов Х.Ж.*	382
42	Tekstil moyini olish uchun i-12 baza moyini maksimal darajada chuqur gidrotozalash jarayonini loyihalash *Davletov Zafar Quvondiq o‘g‘li* *Yusupova Go‘zal Xusan qizi* *G‘ulomov Shuxratqodir Tashmatovich* *Xabipov Ruslan Serverovich* *Suyunbayev Serik Nurlan o‘g‘li* *Mengliyev Sherzod Shoimovich*	391
43	Bir jinsli nostandart shaklning og‘irlik markazini aniqlash. *Pardayev Obid Raximbobyevich*	407
44	Statikaning muvozanat tenglamalari yordamida tortishga qarshilik kuchini aniqlash *Pardayev Obid Raximbobyevich* *Kuvandikov Yokub Tursunbayevich*	413
45	Многоуровневая модель цифрового разрыва: механизмы воспроизводства неравенства в организациях *Блинникова Анна Валерьевна*	420
46	Современное состояние и перспективы развития технологий снижения содержания олефинов и бензола при получении экологически чистых автомобильных бензинов	432

ISSN 3030-3907

	Уринбоев Темурбек Жалолдин угли *Ходиева Илёсбека Акрам угли* *Нуриддинов Нуриддинбек Мурод угли* *Шокиржонов Дилмурод Одилжон угли* *Менглиев Шерзод Шоимович* *Игамкулова Наргиса Абдувалиевна*	
47	Past oktanli benzin sifat ko‘rsatkichlarini oshirish uchun ko‘p funksiyali prisadkalar tarkibi *Absalamova Gulnoza Mamatkulovna* *Eshqobilov Nurbek Qaxramon o‘g‘li*	441
48	Konchilik sanoatida markazdan qochma nasoslarning harakatlanuvchi va tayanch detallarida vujudga keluvchi nosozliklar tahlili *Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li*	447
49	A comprehensive index for assessing sociocultural adaptation in international medical education: development and validation *Raza Muhammad Kalim* *Jasur Alimzhanovich Rizaev* *Ochilov Ulug‘bek Usmanovich*	455
50	Oliy ta’limda talabalar mustaqil ta’limini rivojlantirishda flexigroup learning metodidan foydalanish (finlandiya tajribasi asosida) *Axmedova Zilola Muxtor qizi* *Dehqonova Muxayyo Ikromjonovna* *Ergasheva Adibaxon Tursunboy qizi*	462

ISSN 3030-3907

ПСИХОЛОГО-ПЕДАГОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В НАЧАЛЬНОМ ОБРАЗОВАНИИ

Акбарова Нигора Абдурахим kизи

Магистрант направления «Теория и методы начального образования» Ташкентского Международного университета Кимё

Научный руководитель: Доцент

Аннотация. В статье рассматриваются психолого-педагогические особенности применения информационных технологий в начальном образовании. Анализируется влияние цифровых инструментов на познавательную активность, мотивацию и когнитивное развитие младших школьников. Особое внимание уделяется возрастным и психологическим особенностям учащихся начальных классов, которые необходимо учитывать при использовании электронных образовательных ресурсов и интерактивных платформ. Отмечается, что грамотная интеграция информационных технологий способствует развитию интереса к обучению, формированию самостоятельности и улучшению восприятия учебного материала. Вместе с тем подчеркивается необходимость педагогического контроля и методически обоснованного использования цифровых средств обучения. Сделан вывод о том, что эффективное применение информационных технологий возможно только при учёте психологических особенностей младших школьников и правильной организации образовательного процесса.

Ключевые слова: информационные технологии, начальное образование, психолого-педагогические особенности, цифровое обучение, мотивация учащихся, когнитивное развитие, интерактивные методы, образовательные ресурсы.

Annotatsiya. Maqolada boshlang‘ich ta'limda axborot texnologiyalaridan foydalanishning psixologik va pedagogik xususiyatlari muhokama qilinadi. Unda raqamli vositalarning boshlang‘ich sinf o‘quvchilarining kognitiv faoliyati, motivatsiyasi va kognitiv rivojlanishiga ta'siri tahlil qilinadi. Elektron ta'lim resurslari va interaktiv platformalardan foydalanganda boshlang‘ich sinf o‘quvchilarining yosh va psixologik xususiyatlarini hisobga olish zarurligiga alohida e'tibor qaratiladi. Ta'kidlanadiki, axborot texnologiyalarini malakali integratsiya qilish o‘qishga bo‘lgan qiziqishni rivojlantirishga, mustaqillikni shakllantirishga va ta'lim materialini qabul qilishni yaxshilashga hissa qo‘shadi. Shu bilan birga, pedagogik nazorat zarurligi va raqamli o‘qitish vositalaridan metodologik jihatdan to‘g‘ri foydalanish ta'kidlanadi. Xulosa qilinadiki, axborot texnologiyalaridan samarali foydalanish faqat boshlang‘ich sinf o‘quvchilarining

ISSN 3030-3907

psixologik xususiyatlari hisobga olingan va ta'lim jarayoni to‘g‘ri tashkil etilgan taqdirda mumkin.

Kalit so‘zlar: axborot texnologiyalari, boshlang‘ich ta'lim, psixologik va pedagogik xususiyatlar, raqamli o‘qitish, o‘quvchilar motivatsiyasi, kognitiv rivojlanish, interaktiv usullar, ta'limiy resurslar.

Abstract. The article discusses the psychological and pedagogical features of the use of information technologies in primary education. It analyses the impact of digital tools on the cognitive activity, motivation and cognitive development of primary school pupils. Particular attention is paid to the age and psychological characteristics of primary school pupils, which must be taken into account when using electronic educational resources and interactive platforms. It is noted that the competent integration of information technologies contributes to the development of interest in learning, the formation of independence and the improvement of the perception of educational material. At the same time, the need for pedagogical control and methodologically sound use of digital teaching aids is emphasised. The conclusion is made that the effective use of information technology is only possible when the psychological characteristics of primary school pupils are taken into account and the educational process is properly organised.

Keywords: information technology, primary education, psychological and pedagogical characteristics, digital learning, student motivation, cognitive development, interactive methods, educational resources.

ВВЕДЕНИЕ.

В условиях стремительного развития цифровых технологий и формирования информационного общества система образования претерпевает значительные изменения. Современная школа постепенно трансформируется в открытую образовательную среду, в которой информационные технологии становятся неотъемлемой частью учебного процесса. Особенно заметно влияние цифровизации в начальном образовании, где использование электронных ресурсов, мультимедийных средств и интерактивных платформ позволяет существенно расширить дидактические возможности преподавания. Информационные технологии способствуют визуализации учебного материала, обеспечивают доступ к разнообразным источникам информации и создают условия для более активного вовлечения учащихся в образовательную деятельность.

Современные педагогические исследования показывают, что интеграция цифровых инструментов в образовательный процесс способствует повышению качества обучения, развитию познавательной активности и формированию у учащихся навыков самостоятельной работы с

ISSN 3030-3907

информацией. Использование мультимедийных презентаций, интерактивных заданий, образовательных платформ и электронных учебных ресурсов позволяет сделать процесс обучения более наглядным, динамичным и доступным для восприятия младшими школьниками. В условиях цифровой трансформации общества формирование у учащихся элементарной цифровой грамотности и навыков работы с информацией становится одной из важнейших задач современной системы образования.

Начальный этап обучения играет ключевую роль в формировании познавательных интересов, базовых учебных навыков и личностных качеств ребёнка. Именно в этот период закладываются основы учебной мотивации, формируются навыки анализа и восприятия информации, а также развивается способность к самостоятельной познавательной деятельности. Психолого-педагогические исследования показывают, что младший школьный возраст характеризуется рядом особенностей, которые необходимо учитывать при организации учебного процесса. К таким особенностям относятся наглядно-образный характер мышления, высокая эмоциональность, развитое воображение и потребность в игровой деятельности. Поэтому эффективное обучение на данном этапе предполагает использование разнообразных наглядных средств, интерактивных форм работы и элементов игровой педагогики.

В этом контексте информационные технологии обладают значительным педагогическим потенциалом. Они позволяют создавать образовательную среду, в которой учебный материал может быть представлен в различных формах: текстовой, графической, аудиовизуальной и интерактивной. Такое многообразие способов подачи информации способствует более глубокому усвоению знаний и активизирует познавательную деятельность учащихся.

Для более наглядного представления педагогических возможностей информационных технологий в начальной школе можно выделить их основные дидактические функции.

Таблица 1

Дидактическая функция	**Содержание**
Наглядность	Использование мультимедиа, анимации и видеоматериалов помогает лучше объяснять сложные понятия

ISSN 3030-3907

Интерактивность	Учащиеся активно взаимодействуют с учебным материалом через задания и упражнения
Индивидуализация обучения	Возможность адаптации темпа и сложности заданий в зависимости от уровня подготовки учащихся
Развитие самостоятельности	Работа с образовательными платформами стимулирует самостоятельный поиск информации
Мотивация к обучению	Использование цифровых инструментов делает уроки более интересными и динамичными

Однако внедрение информационных технологий в начальное образование требует тщательного педагогического и методического обоснования. Важно учитывать не только технические возможности цифровых ресурсов, но и их соответствие возрастным особенностям учащихся. Избыточное использование технологий без учета психолого-педагогических факторов может привести к снижению концентрации внимания, перегрузке информацией и формированию поверхностного восприятия учебного материала.

С этой точки зрения особое значение приобретает грамотное сочетание традиционных методов обучения с современными цифровыми инструментами. Эффективная модель организации урока предполагает интеграцию информационных технологий в структуру учебной деятельности таким образом, чтобы они способствовали развитию мышления, познавательного интереса и учебной самостоятельности учащихся.

В педагогической практике использование информационных технологий в начальной школе может осуществляться через различные формы организации учебной деятельности.

Таблица 2

Форма использования	**Педагогический результат**
Мультимедийные презентации	Повышение наглядности и доступности учебного материала
Интерактивные обучающие программы	Активизация познавательной деятельности учащихся
Электронные образовательные платформы	Развитие навыков самостоятельного обучения
Образовательные игры	Формирование устойчивой учебной

ISSN 3030-3907

	мотивации
Видеоматериалы и анимации	Улучшение понимания сложных понятий и процессов

Таким образом, использование информационных технологий в начальном образовании представляет собой важное направление модернизации образовательного процесса. Их педагогически обоснованное применение способствует повышению эффективности обучения, развитию познавательных способностей учащихся и формированию ключевых учебных компетенций. Вместе с тем дальнейшее изучение возможностей интеграции цифровых технологий в образовательную практику начальной школы остаётся актуальной научной задачей, требующей комплексного анализа педагогических, психологических и методических аспектов использования современных информационных ресурсов.

Современные цифровые образовательные ресурсы, мультимедийные материалы и интерактивные программы позволяют создавать благоприятную образовательную среду, способствующую развитию мышления, воображения и познавательной активности учащихся. Однако применение информационных технологий требует педагогически обоснованного подхода, поскольку чрезмерное или нерациональное использование цифровых средств может привести к снижению концентрации внимания и перегрузке информацией.

В связи с этим особую актуальность приобретает изучение психолого-педагогических особенностей использования информационных технологий в начальном образовании и определение их роли в повышении эффективности учебного процесса.

ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ. Исходя из поставленной задачи, необходимо рассмотреть основные психолого-педагогические аспекты применения информационных технологий в начальной школе. Практика современного образования показывает, что цифровые инструменты значительно расширяют возможности обучения, делая учебный процесс более наглядным, доступным и интересным для младших школьников.

Использование мультимедийных презентаций, интерактивных упражнений, обучающих платформ и образовательных игр способствует активизации познавательной деятельности учащихся. Благодаря сочетанию визуальной, аудиальной и игровой информации учебный материал воспринимается легче и усваивается более эффективно. Кроме того,

ISSN 3030-3907

информационные технологии позволяют учитывать индивидуальные особенности учащихся и темп их обучения.

Однако эффективность использования цифровых технологий во многом зависит от учета психологических особенностей младших школьников и педагогической целесообразности применения данных средств обучения. Основные аспекты данной проблемы представлены в следующей таблице.

Психолого-педагогический аспект	**Характеристика**	**Педагогическое значение**
Наглядность обучения	Использование мультимедиа, анимации и визуальных материалов	Улучшает понимание учебного материала и облегчает его запоминание
Мотивация учащихся	Интерактивные задания и игровые элементы обучения	Повышает интерес к уроку и активность учащихся
Развитие мышления	Использование обучающих программ и цифровых задач	Способствует развитию логического и творческого мышления
Индивидуализация обучения	Возможность адаптации заданий под уровень учащихся	Позволяет учитывать индивидуальные особенности обучения
Контроль и обратная связь	Онлайн-тесты и автоматическая проверка заданий	Обеспечивает оперативную оценку знаний и корректировку обучения

Представленные аспекты показывают, что информационные технологии могут значительно повысить эффективность обучения в начальной школе при условии их правильной методической интеграции. При

ISSN 3030-3907

этом важно соблюдать баланс между традиционными методами обучения и цифровыми инструментами, чтобы обеспечить гармоничное развитие личности ребёнка.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Проведённый анализ научно-педагогической литературы, современных образовательных практик и результатов внедрения цифровых средств обучения в начальной школе показывает, что информационные технологии обладают значительным дидактическим и методическим потенциалом. Их использование способствует повышению эффективности образовательного процесса, расширяет возможности представления учебного материала и позволяет организовать более гибкую и индивидуализированную образовательную среду. Цифровые ресурсы, мультимедийные презентации, интерактивные задания и образовательные платформы создают условия для визуализации учебного содержания, активизации познавательной деятельности учащихся и формирования устойчивого интереса к обучению.

Особое значение информационные технологии приобретают в контексте формирования ключевых учебных компетенций младших школьников. Использование цифровых инструментов способствует развитию навыков работы с информацией, элементарной цифровой грамотности, самостоятельного поиска и анализа данных. В ходе обучения учащиеся получают возможность не только воспринимать готовую информацию, но и активно взаимодействовать с образовательным контентом, что способствует развитию логического мышления, аналитических умений и способности к самостоятельному решению учебных задач.

Вместе с тем результаты анализа показывают, что эффективность применения информационных технологий в начальном образовании во многом зависит от учета психолого-педагогических особенностей детей младшего школьного возраста. На данном этапе развития учащихся ведущую роль играют наглядность, эмоциональная насыщенность учебного материала и игровая форма деятельности. Поэтому цифровые средства обучения должны использоваться не как самоцель, а как педагогически обоснованный инструмент, органично интегрированный в традиционную структуру урока. Чрезмерное или нерациональное использование технологий может привести к перегрузке учащихся, снижению концентрации внимания и формальному усвоению знаний.

С этой точки зрения важной задачей педагога является грамотное методическое проектирование урока, предполагающее оптимальное

ISSN 3030-3907

сочетание традиционных и цифровых методов обучения. Рациональное использование мультимедийных материалов, интерактивных упражнений, образовательных платформ и электронных ресурсов должно быть направлено на развитие мышления, познавательной самостоятельности и устойчивой учебной мотивации учащихся. При этом особое внимание необходимо уделять формированию у детей навыков осмысленного восприятия информации, умения работать с различными источниками данных и критически оценивать получаемые сведения.

Практический опыт внедрения информационных технологий в образовательный процесс показывает, что наиболее эффективными являются такие формы работы, как интерактивные обучающие задания, визуализация сложных понятий с помощью мультимедиа, использование образовательных игр, а также применение цифровых платформ для организации обратной связи и контроля знаний. Подобные подходы позволяют повысить уровень вовлеченности учащихся в учебную деятельность, стимулировать их познавательную активность и обеспечить более глубокое усвоение учебного материала.

На основании проведённого исследования можно выделить ряд практических рекомендаций для повышения эффективности использования информационных технологий в начальном образовании:

– целесообразно интегрировать цифровые ресурсы в структуру урока как средство активизации познавательной деятельности учащихся;

– использовать мультимедийные и интерактивные материалы с учётом возрастных и психологических особенностей младших школьников;

– сочетать информационные технологии с традиционными педагогическими методами, обеспечивая баланс между цифровыми и классическими формами обучения;

– развивать у учащихся навыки цифровой грамотности и культуры работы с информацией;

– повышать уровень цифровой компетентности педагогов посредством систематического профессионального развития и освоения современных образовательных технологий.

Таким образом, педагогически обоснованное и методически продуманное использование информационных технологий способствует формированию современной образовательной среды, ориентированной на развитие личности учащегося. Такая среда обеспечивает более эффективное усвоение знаний, развитие ключевых учебных компетенций, формирование познавательной самостоятельности и стимулирование творческого

ISSN 3030-3907

потенциала младших школьников. В перспективе дальнейшие исследования в данной области могут быть направлены на разработку новых методических моделей интеграции цифровых технологий в образовательный процесс, а также на изучение их влияния на формирование функциональной грамотности и когнитивных навыков учащихся начальной школы.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Роберт И.В. Информационные и коммуникационные технологии в образовании. — Москва: Юрайт, 2019.
2. Полат Е.С., Бухаркина М.Ю., Моисеева М.В. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования. — Москва: Академия, 2020.
3. Qizi, J. D. U., Dildora, J., & Sug‘Diyona, D. (2024). TA’LIMDA RAQAMLI TEXNOLOGIYALAR RIVOJLANAYOTGAN DAVRDA BO ‘LAJAK BOSHLANG ‘ICH SINF O ‘QITUVCHILARINI TAYYORLASH. Science and innovation, 3(Special Issue 18), 844-846.
4. Qizi, J. D. U., & Qizi, M. N. B. (2024). MEDIASAVODXONLIKNI RIVOJLANTIRISH ORQALI TALABALARDA MA’NAVIY TAHDIDGA QARSHI KURASHUVCHANLIKNI TARBIYALASH. Science and innovation, 3(Special Issue 32), 856-858.
5. Qizi, J. D. U., Fotima, O., Iroda, N., & Feruza, Y. (2024). BOSHLANG ‘ICH SINF O ‘QUVCHILARINING AXBOROT OLISH RAQAMLI DIDAKTIKA MADANIYATINI SHAKLLANTIRISH. Science and innovation, 3(Special Issue 21), 47-50.
6. Qizi, D. J. U., & Qizi, S. J. U. (2023). RAQAMLI TA’LIM DAVRIDA INNOVATSION TARBIYA TEXNOLOGIYALARINING TALABALAR TARBIYAVIY FAOLIYATGA KIRISHISHIDA TUTGAN O ‘RNI. Science and innovation, 2(Special Issue 10), 564-566.
7. Сластёнин В.А., Исаев И.Ф., Шиянов Е.Н. Педагогика. — Москва: Академия, 2018.
8. Selwyn N. Education and Technology: Key Issues and Debates. — London: Bloomsbury Academic, 2022.
9. Redecker C. European Framework for the Digital Competence of Educators (DigCompEdu). — Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2020.

ISSN 3030-3907

QUYOSH HAVO KOLLEKTORLI QUYOSH QURITGICH QURILMALARINING SAMARADORLIGINI OSHIRISH USULLARI TAHLILI

Ibragimov Umidjon Hikmatullayevich
QarDTU, Energetika muhandisligi kafedrasi professori, t.f.d (DSc)
Qodirov Jobir Ro‘zimamatovich
Bux DU, Geliofizika, qayta tiklanuvchi energiya manbalari va elektronika kafedrasi dotsenti, t.f.f.d.(PhD)
Mavlonov Ulug‘bek Mirzoqulovich
Bux DU, Geliofizika, qayta tiklanuvchi energiya manbalari va elektronika kafedrasi doktoranti
Nabiyeva Maftuna Sadulloyevna
Bux DU, Geliofizika, qayta tiklanuvchi energiya manbalari va elektronika kafedrasi talabasi

Annotatsiya. Mazkur maqolada qishloq xo‘jaligi va oziq-ovqat mahsulotlarini quritishda energiya samaradorligini oshirish maqsadida quyosh energiyasidan foydalanishga asoslangan quyosh quritgichlarining texnologik imkoniyatlari tahlil qilinadi. Global energiya talabining ortib borishi va issiqxona gazlari tashlamalarining ko‘payishi sharoitida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish dolzarb masala hisoblanadi. Tadqiqotda ochiq quyoshda quritish usulining kamchiliklari hamda passiv va aktiv turdagi bilvosita quyosh quritgichlarining ishlash prinsiplari o‘rganilgan. Shuningdek, quyosh havo kollektorlarini takomillashtirish, issiqlik akkumulyatorlari va fazasini o‘zgartiruvchi materiallardan foydalanish orqali quritish jarayonining samaradorligini oshirish imkoniyatlari tahlil qilingan. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, quyosh quritgichlarida energiya samaradorligini oshirish uchun havo oqimini optimallashtirish, chiqindi issiq havodan qayta foydalanish hamda PVT tizimlarini integratsiya qilish istiqbolli yo‘nalishlar hisoblanadi. Tadqiqot natijalari quyosh quritgichlarining qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini ekologik toza va energiya tejamkor usulda quritishda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: quyosh quritgichi, quyosh energiyasi, quritish jarayoni, quyosh havo kollektorlari, issiqlik akkumulyatsiyasi, fazasini o‘zgartiruvchi materiallar, energiya samaradorligi.

Аннотация. В данной статье рассматриваются технологические возможности солнечных сушилок, основанных на использовании солнечной энергии, с целью повышения энергетической эффективности процесса сушки сельскохозяйственной и пищевой продукции. В условиях роста глобального спроса на энергию и увеличения выбросов парниковых газов использование

ISSN 3030-3907

возобновляемых источников энергии становится актуальной задачей. В работе проанализированы недостатки традиционного метода сушки на открытом солнце, а также исследованы принципы работы пассивных и активных солнечных сушилок косвенного типа. Особое внимание уделено повышению эффективности процесса сушки за счет совершенствования солнечных воздушных коллекторов, применения теплоаккумулирующих систем и материалов с фазовым переходом. Анализ научных публикаций показал, что перспективными направлениями повышения эффективности солнечных сушилок являются оптимизация воздушного потока, повторное использование тепла отработанного влажного воздуха и интеграция PVT-систем. Полученные результаты подтверждают, что солнечные сушилки являются эффективным и экологически безопасным решением для сушки сельскохозяйственной продукции.

Ключевые слова: солнечная сушилка, солнечная энергия, процесс сушки, солнечный воздушный коллектор, аккумуляция тепла, материалы фазового перехода, энергетическая эффективность.

Abstract. This article analyzes the technological potential of solar dryers based on solar energy utilization to improve the energy efficiency of drying processes for agricultural and food products. The rapid growth in global energy demand and increasing greenhouse gas emissions highlight the importance of renewable energy sources. The study examines the limitations of traditional open sun drying and investigates the operating principles of passive and active indirect solar dryers. Particular attention is paid to improving drying performance through the optimization of solar air collectors, the integration of thermal energy storage systems, and the application of phase change materials. The literature review indicates that optimizing airflow distribution, recovering heat from exhaust humid air, and integrating photovoltaic-thermal (PVT) systems are promising approaches for enhancing solar dryer performance. The results demonstrate that solar dryers provide an environmentally friendly and energy-efficient solution for drying agricultural products.

Keywords: solar dryer, solar energy, drying process, solar air collector, thermal energy storage, phase change materials, energy efficiency.

KIRISH.

Jahonda energiyaga bo‘lgan global talab jadal sur’atlar bilan o‘sib bormoqda va bunday o‘sish 2050 yilga borib 150% ni tashkil etadi [1]. Sanoatni rivojlanishi va aholi sonini ortishi bilan energiyaga bo‘lgan talabni ortishi QTEMlariga, xususan quyosh energiyasidan foydalanishga o‘tishning dolzarbligini ko‘rsatadi [2-4]. Sanoat sohasida ishlab chiqarilgan umumiy energiyaning 10-15% qismi

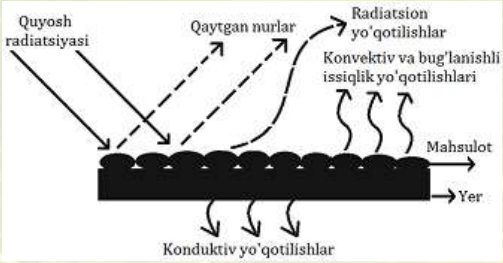
ISSN 3030-3907

quritish jarayonida iste’mol qilinadi [5]. Dunyoda issiqxona gazlari tashlamalarining 37% qismi oziq-ovqat sanoatiga to‘g‘ri keladi, shuningdek, oziq-ovqatlarning 8% qismi iste’mol qilinmasdan tashlab yuboriladi [6]. Mahsulotlarni yig‘ishdan keyingi jarayonlarning tadqiqoti shuni ko‘rsatadiki, mahsulotlarni saqlash uchun tayyorlash va qayta ishlash katta miqdordagi energiyani iste’mol qiladi va issiqxona gazlari tashlamalariga katta hissa qo‘shadi [7]. Elektr energiyasi va an’anaviy yoqilg‘ida ishlovchi quritgichlar katta miqdordagi energiyani va uzluksiz ta’minotli yoqilg‘ini talab etadi. Rivojlanayotgan mamlakatlardagi kichik fermerlar uchun yoqilg‘ining narxi qimmatlik qilishi mumkin. Ushbu yoqilg‘ining mavjud bo‘lishi ko‘p omillarga bog‘liq bo‘lib, ular joylashish holatiga, ishchi kuchiga, ekspluatatsiya va transport harajatlarini o‘z ichiga oladi [8-9]. Ko‘rinib turibdiki, ishonchli va ekologik toza QTEMlariga o‘tish yuqoridagi muammolarni bartaraf etishning eng oqilona yechimi hisoblanadi [10]. Ayniqsa, quyosh energiyasi asosida ishlovchi quyosh quritgichlaridan (QQ) foydalanish mahsulotni sifatli, ekologik toza quritish va an’anaviy energiyani maksimal tejash imkonini beradi.

Ma’lumki, quritish-bu mahsulot tarkibidagi namlikni bartaraf etish jarayonidir. Bu jarayon issiqlikni qo‘llash usuli bilan amalga oshiriladi, bunda bir vaqtning o‘zida issiqlik va massa almashinuvi sodir bo‘ladi, ya’ni issiq manbaning oshkora issiqligi namlikni bug‘latishning yashirin issiqligi sifatida foydalaniladi [11-12]. Quritish jarayoni mahsulotga issiqlikni uzatish hisobiga sodir bo‘ladi, bunda mahsulot ichidagi namlik bug‘larining bosimi tashqi havo bosimidan yuqori bosimgacha ko‘tariladi. Natijada, namlik mahsulotni tark etadi, bug‘lanadi va namlik bartaraf etiladi [13-14]. Quritish jarayonining barcha mexanizmining to‘liq tafsiloti [15-16] adabiyotlarda keltirilgan.

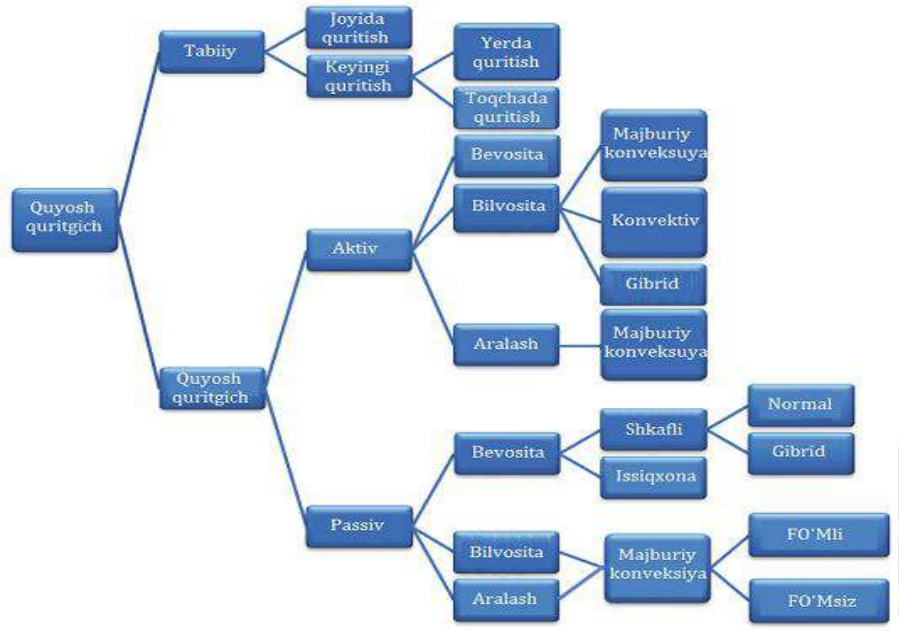
OCHIQ QUYOSHDA QURITISH. Ochiq quyoshda quritish eng keng tarqalgan bo‘lib, bunda mahsulotlar ochiq quyosh ostida joylashtiriladi, mahsulotga quyosh nurlari to‘g‘ridan-to‘g‘ri ta’sir etadi va mahsulotning harorati tashqi muhit haroratidan ko‘tariladi. 1-rasmdan ko‘rinib turibdiki, bevosita mahsulotga tushayotgan qisqa to‘lqinli nurlanish mahsulotning haroratini oshiradi va mahsulotdagi namlik bug‘lanadi. Ochiq quyoshda quritishda konvektiv va konduktiv yo‘qotilishlar quritish rejimiga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatadi. Natijada quritish vaqti uzoq vaqt davom etadi, mahsulotlarni qushlar, chang va boshqa iflosliklar bilan zararlanish ehtimoli ortadi va mahsulotning sifati yomonlashadi [17].

ISSN 3030-3907



1-rasm. Ochiq quyoshda quritish jarayoni

Issiqlik energiyasiga o‘ta sezgir bo‘lgan qishloq xo‘jalik va oziq-ovqat mahsulotlarini nazorat qilish imkoniyati mavjud bo‘lgan muhitda quritish talab etiladi [18]. Ushbu nazorat kunlik quyosh nurlanish energiyasidan foydalanuvchi QQlari yordamida amalga oshirilishi mumkin. QQlarining tasnifi 2-rasmda ko‘rsatilgan.

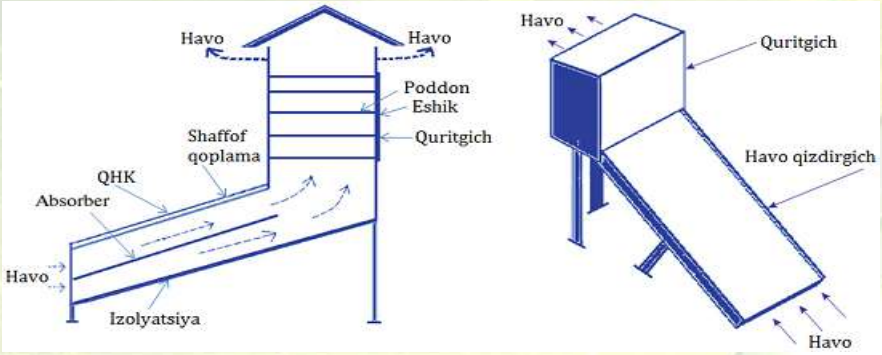


2-rasm. Quyosh quritgichlarining tasnifi

Konveksiya rejimiga bog‘liq holda QQlari aktiv va passiv turlarga ajratiladi. Aktiv QQlarida majburiy konveksiyani hosil qilish uchun ventilyatorlardan foydalaniladi. Passiv QQlari tabiiy sirkulyatsiyada ishlaydi. Aktiv QQlarida qo‘shimcha jihozlarni ishlatish uchun tashqi manbadan foydalanish qo‘shimcha harajatlarni keltirib chiqaradi, biroq samaradorlik ham ortadi. Bilvosita QQlari mahsulotlarni quyosh nurlarini bevosita ta’sirisiz quritish imkonini beradi. Ularning asosiy ishlash prinsipi quyidagicha: shaffof qoplamali va absorber plastinali quyosh havo kollektorida (QHK) quyosh nurlanish energiyasi issiqlik energiyasiga o‘zgartiriladi va ushbu issiqlik havo kanali orqali o‘tayotgan havoni qizdirishga sarflanadi [19-20]. Issiq havo bevosita konveksiya usulida quritish uchun mahsulotga ta’sir ettiriladi [21]. Ular qo‘llanilishi, talab va mahsulot xarakteriga bog‘liq holda aktiv yoki passiv rejimlarda ishlashi mumkin. Oddiy

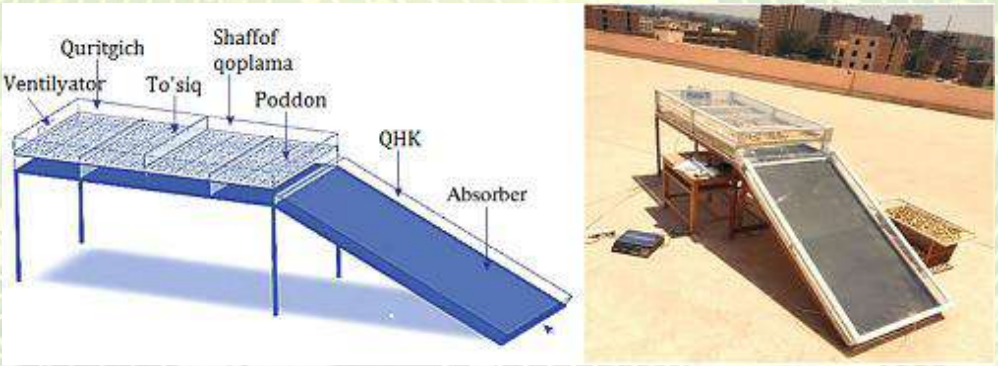
ISSN 3030-3907

passiv bilvosita QQning sxemasi 3-rasmda ko‘rsatilgan bo‘lib, bunda atmosfera havosi QHKga uzatiladi va qizdiriladi, keyin quritish kamerasiga kiritiladi.



3-rasm. Passiv bilvosita quyosh quritgich qurilmasining sxemasi

Varun va boshqalar [22] oddiy bilvosita QQ va ochiq havoda quritishni taqqoslashgan. Bilvosita QQ qiyaligi 32° bo‘lgan QHK va uning chiqish tuynugi bilan birikkan quritish kamerasidan tashkil topgan. Quritish kamerasidagi o‘rtacha harorat 45℃ tashkil etgan va bu harorat oziq-ovqat mahsulotlarini quritish uchun yetarli hisoblangan. Matavel va boshqalar [23] yog‘och materiallaridan foydalanib, qishloq hududlari uchun oddiy passiv QQni qurishgan. Quritish kamerasiga ikki yo‘lli QHK biriktirilgan. Bunday turdagi quritgich quritish kamerasida haroratni sezilarli ortishini va qishloq xo‘jalik sohasida bilvosita QQlaridan foydalanish barqarorligini ta’minlaydi. El-Sebaey va boshqalar [24] banan bo‘laklarini quritish uchun passiv bilvosita QQlarini tajribaviy tadqiqot qilishgan. QHK konfiguratsiyasi takomillashtirilgan, bunda QHK yon devorlari ham qalinligi 3 mm bo‘lgan shishadan tayyorlangan (4-rasm). Quritish kamerasi yog‘och ustunlardan tayyorlangan. Quritish kamerasidagi namlikni bartaraf etish uchun quritish kamerasining oxirida tortuvchi ventilyator o‘rnatilgan. Tajriba natijalariga ko‘ra, quritish kamerasidagi eng yuqori harorat 73℃ ga yetganda quritish vaqti 56,98% ga qisqargan.

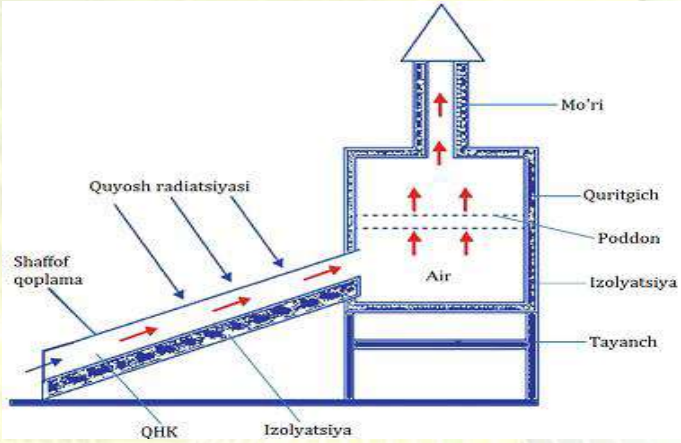


4-rasm. Passiv bilvosita QQning sxemasi va umumiy ko‘rinishi

Tedesco va boshqalar [25] tutun mo‘risi bilan jihozlangan oddiy passiv bilvosita QQni tayorlashgan. Quritish kamerasi po‘latdan tayyorlangan, uning umumiy hajmi 1,1 m^3, tutun mo‘risining balandligi 530 mm. Natijalarga ko‘ra,

ISSN 3030-3907

quritish kamerasidagi harorat tashqi muhit haroratidan 18℃ ga farq qilgan. Lingayat va boshqalar [26] absorber plastinasi V-simon gofrlangan QHK bilan kombinatsiyalashtirilgan bilvosita QQda bananni quritishgan. QHK quritish kamerasining pastki qismida joylashgan bo‘lib, quritish kamerasining maksimal samaradorligi 17,73% ni tashkil etgan. Geete [27] 5-rasmda ko‘rsatilgan oddiy bilvosita QQni tayyorlagan va uning unumdorligini tahlil qilgan. QQ ikki xil sharoitda ishlaydi, bunda QHKda silliq va g‘adir-budir asborberdan foydalanilgan. G‘adir-budir yuzali absorberdan foydalanilganda QQ maksimal eksergetik samaradorlikka ega bo‘lgan.



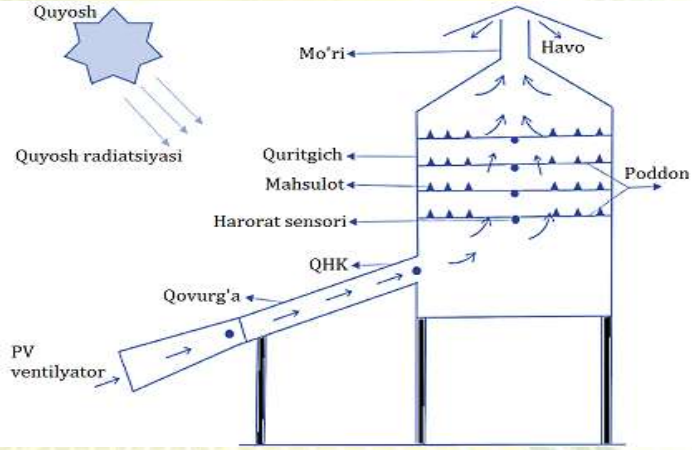
5-rasm. Mo‘rili bilvosita passiv quyosh quritgichning sxemasi

Maiti va boshqalar [28] qalinligi 0,5 mm bo‘lgan anodlangan alyuminiy listdan tayyorlangan ikkita statik oynali bilvosita QQning unumdorligini baholashgan. QHK va quritish kamerasi qalinligi 0,004 m bo‘lgan fanerdan tayyorlangan. Qaytargich oyna QHKning shimoliy va janubiy tomonlarida o‘rnatilgan. Natijalarga ko‘ra, quritgichning samaradorligi ortgan va quritish vaqti qisqargan, bunda oyna QHKning samaradorligini 49,4% gacha oshirgan va maksimal harorat 76℃ ga yetgan. Quritgichning umumiy samaradorligi 13% ga yetgan.

Bhavsar va Patellar [29] imbirni quritish uchun aktiv va passiv bilvosita QQlarini taqqoslashgan. Majburiy konveksiya quvvati 4 Vt bo‘lgan o‘zgarmas tok ventilyatori orqali amalga oshirilgan. Tajriba natijalariga ko‘ra, majburiy konveksiya QHKning samaradorligini 16,33% ga oshirgan. Majburiy konveksiya rejimida quritilgan imbir, tabiiy konveksiya rejimida quritilganiga nisbatan 4% kam namlikka ega bo‘lgan. Khama va boshqalar [30] sanoat QQda pomidorni aktiv va passiv rejimlarda quritishni amalga oshirishgan hamda olingan natijalar taqqoslangan. Natijalarga ko‘ra, passiv rejimda QHKning samaradorligi 46,32% ni, aktiv rejimda 66,56% ni tashkil etgan. El-Sebaii va Shalabylar [31] absorberi V-simon gofrlangan misli plastinadan tayyorlangan QHKga ega bo‘lgan majburiy konveksiyali bilvosita QQni tahlil qilishgan. Tajriba tadqiqotlarida quritgichda

ISSN 3030-3907

yalpiz quritilgan, bunda quritish davomiyligi 34 soat davom etgan va mahsulotning maksimal harorati 53°C ga yetgan. Goud va boshqalar [32] 6-rasmda ko‘rsatilgan bilvosita aktiv QQda yashil chili va bamiya o‘simligini quritishgan hamda quritgichning unumdorligini tahlil qilishgan. Majburiy konveksiya FEPdan ishlovchi ventilyator yordamida amalga oshiriladi. QHKning kirish tuynugi uchta o‘zgarmas tok ventilyatori o‘rnatilgan trapetsiya shaklidagi havo kiritish moslamasidan iborat. QHKning maksimal samaradorligi 78,3% ni tashkil etganda yashil chili va bamiya mos ravishda 18 va 9 soatda quritilgan. Melike va boshqalar [33] bilvosita QQning turli rejimlarini tajribaviy tadqiqot qilishgan. Quritgichda qo‘ziqorin ham passiv ham aktiv rejimlarda quritilgan, natijalarga ko‘ra, aktiv rejimda quritish kamerasida harorat ancha yuqori bo‘lgan va quritish vaqti passiv rejimga nisbatan 11,14% ga qisqargan.

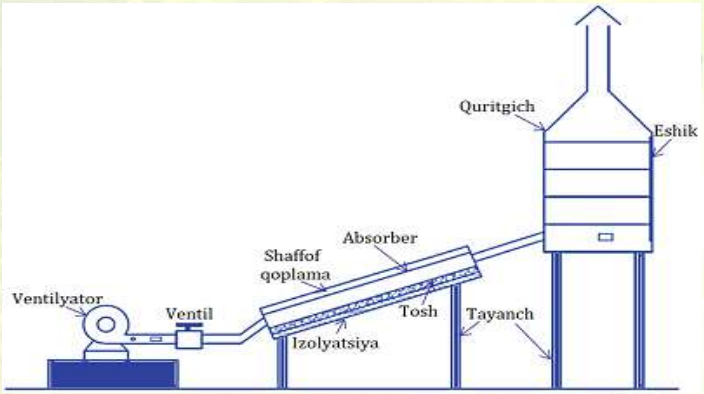


6-rasm. Mo‘rili aktiv bilvosita quyosh quritgichining sxemasi

Lamrani va Draouilar [34] majburiy konveksiyali bilvosita QQni nasadkali qatlamda issiqlik energiyasini saqlash tizimi bilan integratsiya qilishgan va uning issiqlik samaradorligini tekshirishgan. Oshkora issiqlik energiyasini saqlovchi muhit sifatida tosh qatlamidan foydalanilgan bo‘lib, u QHK va quritish kamerasining o‘rtasida joylashtirilgan. Natijalarga ko‘ra, nasadka qatlamli energiyani saqlash tizimidan foydalanish hisobiga quritish vaqti 15% ga qisqargan. Vijayan va boshqalar [35] majburiy konveksiyali bilvosita QQda nasadka qatlamli va toshli issiqlik akkumulyatoridan foydalanishgan. QHKning orqa qismida qalinligi 60 *mm* bo‘lgan tosh qatlami joylashtirilgan. Tajriba natijalariga ko‘ra, quritish davomiyligi 7 soatni va energiyani qoplash muddati 2,2 yilni tashkil etgan. Walke va boshqalar [36] uzumni quritish uchun majburiy konveksiyali bilvosita QQning absorberini ostida tosh bo‘laklarini joylashtirishgan. Quritgich janub tomonga 23,5° burchak ostida o‘rnatilgan va majburiy konveksiya sanoat ventilyatori yordamida ta’minlangan. Ushbu holatda oshkora issiqlikni saqlovchi materialdan foydalanish quritish vaqtini 21 soatgacha qisqartirgan. Mohanraj va Chandrasekarlar [37] quritgichda issiqlik energiyasini to‘plash uchun alyuminiy

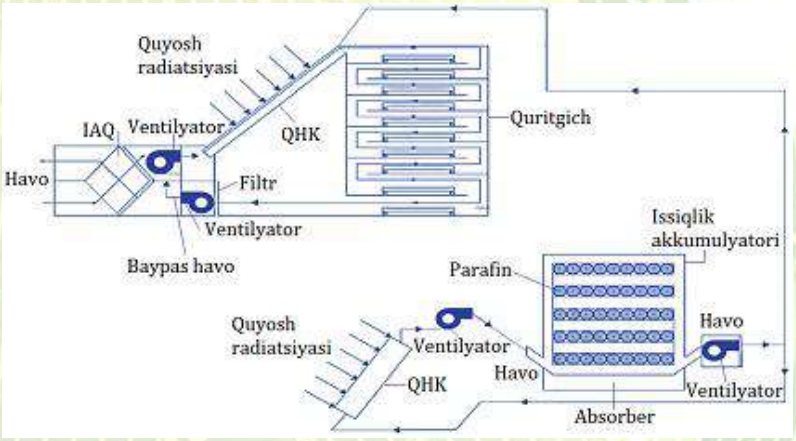
ISSN 3030-3907

uyumlari bilan aralashtirilgan qumdan foydalanishgan (7-rasm). Absorber plastinasi va kollektor tagi orasidagi masofa 100 mm bo‘lib, u alyuminiy uyum bilan aralashtirilgan qum bilan to‘ldiriladi. Quritish kamerasiga mahsulotni bir martalik yuklash sig‘imi 50 kg. Natijalarga ko‘ra, issiqlikni saqlash hisobiga quritgichning samaradorligi har kuni 4 soatga uzaygan. Quritgichning umumiy samaradorligi 21% ni tashkil etgan.



7-rasm. Issiqlik akkumulyatorli bilvosita quyosh quritgichining sxemasi

Agrawal va Sarviyalar [38] QQlarida fazasini o‘zgartiruvchi materiallarni (FO‘M) qo‘llashning potensialini tadqiqot qilishgan. Ular FO‘Mning turlari, ularni harorat diapazoni bo‘yicha qo‘llanilishini o‘rganishgan hamda ulardan QQlarida issiqlik akkumulyatori sifatida to‘liq foydalanish mumkinligini ta’kidlashgan. Atalay va Cankurtaranlar [39] 8-rasmda ko‘rsatilgan yirik masshtabli quritgichni tahlil qilishgan bo‘lib, quritgich energiyani saqlash uchun quyosh kollektorlari massivi bilan jihozlangan.

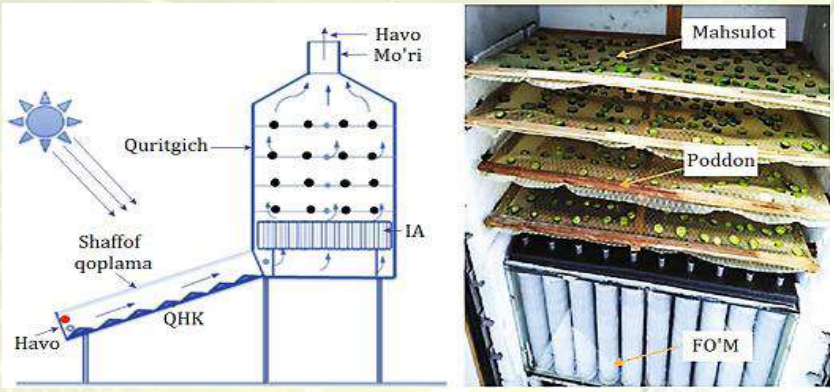


8-rasm. Issiqlik akkumulyatorli majburiy konveksiyali QQning sxemasi

Energiyani saqlash uchun erish harorati 57°C bo‘lgan parafin moddasidan foydalanilgan. Quritgichda 15 kg qulupnay quritilgan va uch kun ichidagi umumiy energiya samaradorlik 76% ga yetgan. Sain va boshqalar [40] FO‘M sifatida hajmi 0,006 m^3 bo‘lgan parafin joylashtirilgan tabiiy konveksiyali bilvosita QQni tayyorlashgan. Ushbu quritgichda 10 kg imbir 24 soat ichida quritilganda o‘rtacha issiqlik samaradorlik 22,7% ni tashkil etgan. Quritgich to‘liq yuklamada ishlaganda

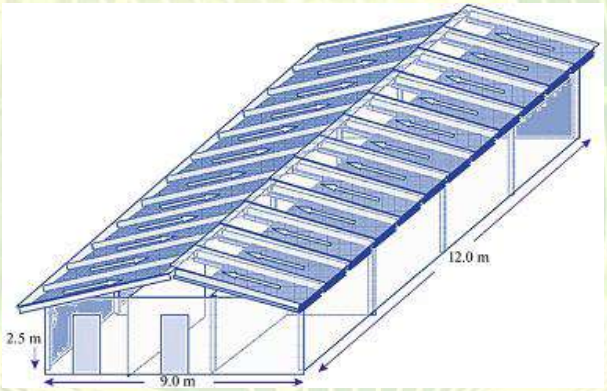
ISSN 3030-3907

quritishning maksimal harorati 62°C, QHKning maksimal samaradorligi 55% ni tashkil etgan. Gilago va boshqalar [41] oshqovoqni quritish uchun issiqlik saqlovchi material sifatida parafindan foydalaniladigan passiv bilvosita QQni energetik va ekologik tahlil qilishgan. Quritish kamerasiga ulangan QHK ichida parafin to‘ldirilgan 50 dona quvur joylashtirilgan (9-rasm).



9-rasm. Issiqlik akkumulyatorli bilvosita quyosh quritgichining sxemasi va umumiy ko‘rinishi

QHKning samaradorligi 75,03% ga yetgan, FO‘Mdan foydalanish hisobiga quritgichning samaradorligi ikki marta ortgan. Iqtisodiy tahlil quritgichning harajatlarini 0,37 yilda qoplashini ko‘rsatgan. Madhankumar va boshqalar [42] FO‘M bilan integratsiya qilingan bilvosita QQda oshqovoq bo‘laklarini quritishgan. Oshqovoqni boshlang‘ich 92% namlikdan oxirgi 11% namlikgacha quritish vaqti 11 soatni tashkil etgan, natijada ochiq quyoshda quritishga nisbatan quritish vaqti 39% ga qisqargan. Janjai va boshqalar [43] ko‘katlarni quritish uchun bilvosita QQning shiftiga quyosh FEP integratsiya qilingan jarayonlarni modellashtirishgan va tajribaviy tadqiqot qilishgan. Ikkita quyosh FEPdan biri janubga, ikkinchisi shimolga qaratilgan va quritish kamerasining shiftida o‘rnatilgan (10-rasm).



10-rasm. FEP bilan integratsiyalashgan bilvosita quyosh quritgichi sxemasi

T-simon havo quvuri quyosh kollektorlarining panjarasini quritish kamerasi bilan birlashtiradi. Binoda materiallarni saqlash va quritish uchun yetarlicha joy mavjud. Quritgichda gullar va qalampir quritilgan, olingan mahsulotlar yuqori

ISSN 3030-3907

sifatli bo‘lib, quritgichni o‘z harajatlarini qoplash muddati 5 yilni tashkil etgan. Sreekumar [44] shiftida quyosh kollektorlari integratsiya qilingan hamda meva va sabzavotlarni quritish uchun mo‘ljallangan quritgichni texnik-iqtisodiy tahlil qilishgan. Ichkaridagi 70°C harorat o‘zgarmas holatda haroratni boshqaruv bloki yordamida ta’minlangan hamda quritgich ichidagi havoni sirkulyatsiyalash uchun to‘rtta o‘qiy ventilyatordan foydalanilgan. Texnik-iqtisodiy tahlil natijalariga ko‘ra, quritish vaqti 8 soatni tashkil etgan. Kapital harajatlarni yuqori bo‘lishiga qaramasdan quritgich yuqori samarador bo‘lib, o‘z harajatlarini qoplash muddati 0,54 yilni tashkil etgan.

Sözen va boshqalar [45] bilvosita QQ uchun quvurchali turdagi absorberni ishlab chiqishgan. QHK ikkita tirsakli uchta metal quvurdan zigzag shaklida tayyorlangan. O‘zgaruvchan tokda ishlovchi ventilyatorlarning quvvati 40 Vt bo‘lib, ular quritish kamerasiga havoni haydashni yengillashtiradi. Tajribalar ikkita QHKni taqqoslash uchun o‘tkazilgan bo‘lib, bunda yassi absorberli va 24 dona metal panjarali QHK taqqoslangan. Tajriba natijalarining ko‘rsatishicha, metal panjaralar bilan modifikatsiyalangan QHKning samaradorligi yuqori bo‘lgan va 67,69% ni tashkil etgan, ushbu vaqtda silliq absorberli QHKning samaradorligi 56,54% ni tashkil etgan. Dutta va Kumarlar [46] QQlarida foydalanish uchun butun yuzasi yarim sferik bo‘rtiqlardan tashkil topgan QHKlari uchun yangi absorber plastinani to‘liq tadqiqot qilishgan. Quritgichda choy quritiganda samaradorlik 82% ni tashkil etgan va choyni quritish uchun energiya iste’moli 20% ga tejalgan. Iqtisodiy tahlil natijalariga ko‘ra, o‘z harajatlarini qoplash muddati 15 oyni tashkil etgan. Yuqorida keltirilgan adabiyotlar tahlilidan ko‘rinib turibdiki, QQlarining samaradorligini oshirish maqsadida QHKlari, FEP va issiqlik akkumulyatorlaridan foydalanish masalalari tadqiqot qilingan, bunda QQdan chiqib ketayotgan issiq nam havo issiqligidan qayta foydalanish yoki akkumulyatsiya qilish, QQlarida PVT tizimlaridan foydalanish va QQga uzatilayotgan havoning haroratini bir xilligini ta’minlash masalalari yetarlicha o‘rganilmagan bo‘lib, ushbu yo‘nalishda ilmiy tadqiqotlar olib borishga zaruriyat tug‘iladi.

XULOSA. O‘tkazilgan adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, quyosh quritgichlari qishloq xo‘jaligi va oziq-ovqat mahsulotlarini energiya tejamkor va ekologik xavfsiz usulda quritish uchun samarali texnologiya hisoblanadi. Ochiq quyoshda quritish usuli oddiy bo‘lishiga qaramay, mahsulot sifatining pasayishi, quritish vaqtining uzoqligi va tashqi muhit ta’siriga sezgirligi bilan tavsiflanadi. Bilvosita quyosh quritgichlari esa mahsulot sifatini saqlagan holda barqaror quritish rejimini ta’minlaydi. Tadqiqotlar natijasida quyosh havo kollektorlarini takomillashtirish, issiqlik akkumulyatorlaridan va fazasini o‘zgartiruvchi materiallardan foydalanish quritish jarayonining samaradorligini sezilarli darajada

ISSN 3030-3907

oshirishi aniqlangan. Shu bilan birga, chiqindi issiq havodan qayta foydalanish, PVT tizimlarini integratsiya qilish hamda quritgich ichida havo haroratining bir xil taqsimlanishini ta’minlash bo‘yicha tadqiqotlar yetarli darajada o‘rganilmagan. Ushbu yo‘nalishlarda olib boriladigan ilmiy izlanishlar quyosh quritgichlarining energiya samaradorligini yanada oshirishga va ularni amaliyotda keng joriy etishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Gadonneix P. World Energy Scenarios, 2013. https://www.worldenergy.org/assets/downloads/World-Energy-Scenarios_Composing-energyfutures-to-2050_Executive-summary.pdf.
2. Behera A., Rajak D.K., Kolahchi R. et al. Current global scenario of Sputter deposited NiTi smart systems, J. Mater. Res. Technol., 9, 2020. – p. 14582-14598.
3. Chelgham M., Belhadj M.M., Chelgham F. et al. Experimental investigation of a single-slope basin still with a built-in additional flat-plate solar air collector, Appl. Sol. Energy, 58, 2022. – p. 250-258.
4. Srivastava S., Behera A. and Biswal R. Assessing the Grip of Solar Energy Systems on Environmental Sustainability-a review, Micro Nanosyst., 14, 2021. – p. 133-143.
5. Catorze C., Tavares A.P., Cardão P. et al. Study of a solar energy drying system-energy savings and effect in dried food quality, Energy Rep., 8, 2022. – p. 392-398.
6. Crippa M., Solazzo E., Guizzardi D. et al. Food systems are responsible for a third of global anthropogenic GHG emissions, Nat. Food, 2, 2021. – p. 198-209.
7. Boschiero M., Zanotelli D., Ciarapica F.E. et al. Greenhouse gas emissions and energy consumption during the post-harvest life of apples as affected by storage type, packaging and transport, J. Cleaner Prod., 220, 2019. – p. 45-56.
8. Kishor M.S.V.R., Behera A., Rajak D.K. et al. Manufacturing and mechanical characterization of fly-ash-reinforced materials for furnace lining applications, J. Mater. Eng. Perform., 29, 2020. – p. 6307-6321.
9. Kumar R., Ahmadi M.H. and Rajak D.K. The economic viability of a thermal power plant: A case study, J. Therm. Anal. Calorim., 145, 2021. – p. 2625-2631.
10. Rajak D.K., Deshpande P.G. and Kumaraswamidhas L.A. Experimental analysis of energy absorption behaviour of Al-tube filled with pumice lightweight concrete under axial loading condition, IOP Conf. Ser. Mater. Sci. Eng., 2017, vol. 225, p. 012032.
11. Ekechukwu O.V., Review of solar-energy drying systems I: An overview of drying principles and theory, Energy Convers. Manage., 40, 1999. – p. 593-613.
12. Ilhan Ceylana A. Solar-assisted fluidized bed dryer integrated with a heat pump for mint leaves, Appl. Therm. Eng., 105, 2016. – p. 899-905.

ISSN 3030-3907

13. Sharma A., Dutta P.P. Performance studies of low temperature solar drying of fresh tea leaves (Camellia assamica), Appl. Sol. Energy, 58, 2022. – p. 423-432.
14. Fuller R.J. Solar drying-a technology for sustainable agriculture and food production, in Solar Energy Conversion and Photoenergy Systems, 2010, vol. 3. https://www.eolss.net/Sample-Chapters/C08/E3-07-02-02.pdf.
15. Arun S. Mujumdar and Sakamon Devahastin, Fundamental principles of drying, in Handbook of Industrial Drying, Arun S. Mujumdar, Ed., Taylor and Francis, 2014. – p. 1-22.
16. Visavale G.L., Principles, classification and selection of solar dryers, in Solar Drying: Fundamentals, Applications and Innovations, Hii C.L., Ong S.P., Jangam S.V., Mujumdar A. Eds., Singapore: TPR Group, 2012. – p. 1-50.
17. Singh P., Vyas S., Yadav A. Experimental comparison of open sun drying and solar drying based on evacuated tube collector, Int. J. Sustainable Energy, 38, 2019. – p. 348-367.
18. Banout J. Solar drying systems, in Solar Drying Technology, Green Energy Technology, Singapore: Springer Nature, 2017. – p. 39-67.
19. Kumar A., Rajak D.K., Kumar R. Optimization of packed bed solar air heaters—a thermo-hydraulic approach, Energy Storage, 2, 2020. – p. 1-7.
20. Abdukarimov B.A., Kuchkarov A.A. Research of hydrodynamic processes occurring in solar air heater collectors with a concave air duct absorber, Appl. Sol. Energy, 58, 2022. – p. 847-853.
21. Kokate Y.D., Baviskar P.R., Nukulwar M.R. Mathematical modelling and drying kinetics of onion and garlic in indirect solar dryer, Appl. Sol. Energy, 58, 2022. – p. 643-660.
22. Varun Sunil, Avdhesh Sharma, Naveen Sharma. Construction and performance analysis of an indirect solar dryer integrated with solar air heater, Procedia Eng., 38, 2012. – p. 3260-3269.
23. Matavel C.E., Hoffmann H., Rybak C. et al. Experimental evaluation of a passive indirect solar dryer for agricultural products in Central Mozambique, J. Food Process. Preserv., 45, 2021. – p. 1-11.
24. El-Sebaey M.S., Mousavi S.M.T., Shams El-Din S. et al., An experimental case study on development the design and the performance of indirect solar dryer type for drying bananas, Sol. Energy, 255, 2023. – p. 50-59.
25. Tedesco F.C., Buhler A.J., Wortmann S. Design, construction, and analysis of a passive indirect solar dryer with chimney, J. Sol. Energy, Eng. Trans. ASME, 141, 2019. – p. 1-9.

ISSN 3030-3907

26. Lingayat A., Chandramohan V.P., Raju V.R.K. Energy and exergy analysis on drying of banana using indirect type natural convection solar dryer, Heat Transfer Eng., 41, 2020. – p. 551-561.
27. Geete A. Energy and exergy analyses of fabricated solar drying system with smooth and rough surfaces at different conditions: A case study, Heat Transfer, 50, 2021. – p. 6259-6284.
28. Maiti S., Patel P., Vyas K. et al. Performance evaluation of a small scale indirect solar dryer with static reflectors during non-summer months in the Saurashtra region of western India. Sol. Energy, 85, 2011. – p. 2686-2696.
29. Bhavsar H.P., Patel C.M., Performance investigation of natural and forced convection cabinet solar dryer for ginger drying, Mater. Today Proc., 47, 2021. – p. 6128-6133.
30. Khama R., Aissani F., Alkama R. Design and performance testing of an industrial-scale indirect solar dryer, J. Eng. Sci. Technol., 11, 2016. – p. 1263-1281.
31. El-Sebaii A.A., Shalaby S.M., Experimental investigation of an indirect-mode forced convection solar dryer for drying thymus and mint, Energy Convers. Manage., 74, 2013. – p. 109-116.
32. Goud M., Reddy M.V.V., Chandramohan V.P. et al. A novel indirect solar dryer with inlet fans powered by solar PV panels: Drying kinetics of Capsicum annum and Abelmoschus esculentus with dryer performance, Sol. Energy, 194, 2019. – p. 871-885.
33. Melike S., Karasu A., Ayse O. Comparative performance study of different types of solar dryers towards sustainable agriculture, Energy Rep., 7, 2021. – p. 6107-6118.
34. Lamrani B., Draoui A. Thermal performance and economic analysis of an indirect solar dryer of wood integrated with packed-bed thermal energy storage system: A case study of solar thermal applications, Dry Technol., 39, 2021. – p. 1371-1388.
35. Vijayan S., Arjunan T.V., Kumar A. Exergo-environmental analysis of an indirect forced convection solar dryer for drying bitter gourd slices, Renewable Energy, 146, 2020. – p. 2210-2223.
36. Walke P.V., Phadke P.C., Rambhad K.S. Performance evaluation of forced convection desiccant bed solar dryer integrated with sensible heat storage material, Int. J. Anal. Exp. Finite Elem. Anal., 5, 2018. – p. 24-35.
37. Mohanraj M., Chandrasekar P. Performance of a forced convection solar drier integrated with gravel as heat storage material, Proc. IASTED Int. Conf. Sol. Energy, SOE 2009. – p. 51-54.

ISSN 3030-3907

38. Agrawal A., Sarviya R.M. A review of research and development work on solar dryers with heat storage, Int. J. Sustainable Energy, 35, 2016. – p. 583-605.
39. Atalay H., Cankurtaran E. Energy, exergy, exergoeconomic and exergo-environmental analyses of a large scale solar dryer with PCM energy storage medium, Energy, 2021, vol. 216, p. 119221.
40. Sain P., Songara V., Karir R. et al. Natural convection type solar dryer with latent heat storage, Proc. 2013 Int. Conf. Renewable Energy, Sustainable Energy, ICRESE 2013, 2014. – p. 9-14.
41. Gilago M.C., Reddy Mugi V., Chandramohan V.P. Energy-exergy and environ-economic (4E) analysis while drying ivy gourd in a passive indirect solar dryer without and with energy storage system and results comparison. Sol. Energy, 240, 2022. – p. 69-83.
42. Madhankumar S., Karthickeyan V.W.W., Muhammad I.T. Analysis of indirect solar dryer with PCM energy storage material: Energy, economic, drying and optimization, Sol. Energy, 249, 2023. – p. 667-683.
43. Janjai S., Srisittipokakun N., Bala B.K. Experimental and modelling performances of a roof-integrated solar drying system for drying herbs and spices, Energy, 33, 2008. – p. 91-103.
44. Sreekumar A. Techno-economic analysis of a roof integrated solar air heating system for drying fruit and vegetables, Energy Convers. Manage., 51, 2010. – p. 2230-2238.
45. Sözen A., Şirin C., Khanlari A. et al. Thermal performance enhancement of tube-type alternative indirect solar dryer with iron mesh modification, Sol. Energy, 207, 2020. – p. 1269-1281.
46. Dutta P.P., Kumar A. Development and performance study of solar air heater for solar drying applications, Solar Drying Technology, Singapore: Springer, 2017. – p. 579-601.

ISSN 3030-3907

МЕТОДИКА ПРОВЕДЕНИЯ УРОКОВ ГЕОМЕТРИИ В НАЧАЛЬНЫХ КЛАССАХ НА ОСНОВЕ ЭВРИСТИЧЕСКИХ ТЕХНОЛОГИЙ

Хамедова Нилюфар Азимовна
Международного университета KIMYO К.п.н доцент
Абдукаримова Нозима Шерматжон кизи
Магистрант международного университета KIMYO
E-mail: noziii.r12@gmail.com

Аннотация. В статье анализируется проблема повышения качества усвоения геометрического материала младшими школьниками в условиях реформ системы образования Республики Узбекистан. Обоснована необходимость перехода от традиционного репродуктивного обучения к эвристическим технологиям как средству развития креативного мышления и пространственного воображения учащихся 1-4 классов. Предложена и детально описана авторская методика подготовки и проведения уроков, основанная на организации частично-поисковой деятельности и создании проблемных ситуаций при изучении геометрических понятий (фигуры, их свойства, периметр, площадь). Рассматривается роль учителя как тьютора-фасилитатора и представлены критерии оценки эффективности внедрения методики, включая формирование геометрических компетенций и развитие исследовательской субъектности. Интеграция эвристики соответствует национальным приоритетам, направленным на формирование функциональной грамотности.

Ключевые слова: Эвристические технологии, начальные классы, геометрия, проблемное обучение, творческое мышление, поисковая деятельность, методика преподавания, пространственное воображение, Республика Узбекистан, субъектность.

Annotatsiya. Maqolada boshlang‘ich sinf o‘quvchilarining geometriya materialini o‘zlashtirish sifatini oshirish muammosi tahlil qilinadi. An’anaviy reproduktiv ta’limdan evristik texnologiyalarga o‘tish zarurati asoslab berilgan. Mualliflar tomonidan evristik yondashuv asosida geometriya darslarini tashkil etish metodikasi taklif etiladi.

Kalit so‘zlar: evristik texnologiyalar, boshlang‘ich sinf, geometriya, muammoli ta’lim, ijodiy fikrlash.

Abstract. The article analyzes the problem of improving the quality of mastering geometric material by primary school students in the context of educational reforms in Uzbekistan. The necessity of transitioning from traditional reproductive teaching methods to heuristic technologies is substantiated. The authors propose a

ISSN 3030-3907

methodology for preparing and conducting geometry lessons based on partial search activities and problem situations.

Keywords: heuristic technologies, primary school, geometry teaching, problem-based learning, creative thinking.

1. ВВЕДЕНИЕ

Цель исследования: разработка методики подготовки и проведения уроков геометрии в начальной школе на основе эвристических технологий.

Методы исследования: анализ научно-педагогической литературы, педагогическое наблюдение, сравнительный анализ методик обучения**.**

Актуальность исследования определяется двумя ключевыми факторами. Во-первых, международные исследования (PISA, TIMSS)[1] и национальные приоритеты Узбекистана, обозначенные в Концепции развития системы образования до 2030 года, требуют перехода к образовательным моделям, формирующим функциональную грамотность и навыки критического анализа. Геометрия в начальной школе – идеальная платформа для этого, поскольку она развивает не только счетные навыки, но и логико-пространственное мышление.

Во-вторых, существующие методики преподавания геометрии в начальной школе Узбекистана, несмотря на их проработанность, часто грешат чрезмерным упором на готовые правила и шаблоны. Это противоречит психолого-педагогическим особенностям младшего школьника, для которого ведущим видом деятельности остается игра и непосредственное манипулирование объектами.

Эвристические технологии (от греч. eurēka – «нашел»), в частности, эвристическая беседа и метод "открытия", представляют собой систему методов и приемов, направленных на организацию частичной поисковой деятельности. Они позволяют превратить процесс обучения в управляемый творческий поиск. Узбекский ученый А. С. Аскаров подчеркивал, что эффективность обучения напрямую зависит от степени вовлеченности учащегося в процесс познания[2].

ЦИТАТА: «Образование в Узбекистане должно быть направлено на развитие человеческого капитала, способного к самостоятельному поиску знаний и генерации инновационных идей. Математика, особенно её геометрический компонент, играет здесь фундаментальную роль.»

---

[1] Концепция развития системы народного образования Республики Узбекистан до 2030 года. Указ Президента Республики Узбекистан № УП-5712 от 29 апреля 2019 года.

[2] Аскаров А. С. Развитие педагогического мастерства учителя. — Ташкент: Ўқитувчи, 2018

ISSN 3030-3907

Проблема исследования: Какова должна быть методика подготовки и проведения уроков геометрии в начальной школе Узбекистана, чтобы эффективно интегрировать эвристические технологии для развития творческого и пространственного мышления учащихся?

Гипотеза исследования: Разработанная методика подготовки и проведения уроков геометрии на основе эвристических технологий значительно повысит уровень сформированности геометрических компетенций, а также положительно повлияет на развитие креативного и пространственного мышления младших школьников.

2. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЭВРИСТИЧЕСКОГО ОБУЧЕНИЯ ГЕОМЕТРИИ

2.1. Концептуальные положения эвристического подхода

Эвристическое обучение, развиваемое А. В. Хуторским, рассматривает ученика не как объект, а как субъект образовательного процесса[3]. Формула получения нового знания в эвристике выглядит следующим образом:

$$З_n = З_i + Э$$

Где $З_n$ – Новое Знание, $З_i$ – Известные Знания (субъектный опыт), Э – Эвристический прием (творческое усилие, открытие).

В контексте геометрии это означает, что ребенок не просто запоминает, что квадрат имеет четыре равные стороны, а открывает это свойство, например, путем измерения и сравнения сторон на основе практического задания.

2.2. Психологические механизмы усвоения геометрического материала

По Л. С. Выготскому, обучение должно идти впереди развития, опираясь на зону ближайшего развития (ЗБР)[4]. Эвристические задания идеально вписываются в ЗБР, требуя от ребенка небольшого усилия, выходящего за рамки актуально усвоенного знания. Геометрия в начальной школе закладывает основы пространственного мышления, которое, по мнению Ж. Пиаже[5], развивается через конкретные операции и манипуляции.

Узбекский педагог Д. А. Баратова в своих работах указывает на необходимость учета национального культурного контекста при визуализации и моделировании геометрических объектов[6]. Использование

---

[3] Хуторской А. В. Дидактическая эвристика. Теория и технология креативного обучения. — Москва: МГУ, 2003.

[4] Выготский Л. С. Педагогическая психология. — Москва: Педагогика, 1991

[5] Пиаже Ж. Психология интеллекта. — Москва: Питер, 2003

[6] Баратов Ш. Р. Педагогические основы активизации познавательной деятельности учащихся. — Ташкент: Фан, 2015.

ISSN 3030-3907

орнаментов, узоров (гирихи) и архитектурных элементов Узбекистана для изучения симметрии, параллельности и углов делает материал более близким и понятным, перенося абстрактные понятия в знакомую среду.

3. МЕТОДИКА ПОДГОТОВКИ И ПРОВЕДЕНИЯ УРОКОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ ЭВРИСТИКИ

Методика основывается на цикле эвристической деятельности: создание проблемной ситуации --формулирование проблемы -- поиск (выдвижение гипотез) -- проверка гипотез -- "открытие" нового знания -- рефлексия.

3.1 Принципы отбора содержания и дидактический инструментарий

Подготовка урока включает не только выбор темы, но и её перевод в форму эвристической задачи.

Дидактические принципы:

1. Принцип проблематизации: Каждая новая тема должна начинаться с познавательного затруднения, которое ставит ученика перед необходимостью поиска.

2. Принцип субъектности: Создание условий для выбора учащимися пути решения или инструментария, развитие у них чувства ответственности за результат.

3. Принцип наглядной манипуляции: Максимальное использование раздаточного материала, конструкторов, счетных палочек для физического моделирования геометрических объектов и перехода от конкретного к абстрактному.

Таблица 1

Примеры эвристических заданий (1-4 класс):

Тема (пример)	*Тип эвристического задания*	*Цель*
Периметр многоугольника	Задача-исследование: «Как, имея веревку длиной 30 см, начертить на листе наибольший прямоугольник, и что мы измерили?»	Самостоятельный вывод формулы/правила нахождения периметра через практическую деятельность.

ISSN 3030-3907

Свойства квадрата/прямоугольника	Задача-прогноз: «У меня есть 4 равные палочки. Какие фигуры я могу составить? А если добавить еще 2, чтобы фигура оставалась с прямыми углами?»	Выделение существенных признаков фигур, развитие комбинаторного и гипотетического мышления
Площадь фигуры	Задача-открытие: «Нужно измерить площадь доски, используя только маленькие квадратные плитки. Как сделать это быстро, не считая каждую плитку?»	Понимание и самостоятельный вывод формулы площади прямоугольника (S = a*b) через логический перенос.

3.2 Этапы эвристического урока (Модель)

Урок строится как совместное творчество учителя и учеников, где учитель выступает в роли фасилитатора.

Таблица 2

Этап урока	*Содержание деятельности*	*Роль учителя*
I. Создание проблемной ситуации (Мотивация)	Учащиеся сталкиваются с задачей, которую не могут решить имеющимися знаниями.	Создает условия для конфликта старых знаний с новыми требованиями.
II. Формулирование проблемы и гипотез (Поиск)	Выдвижение вариантов решения. Обсуждение: "Что мы не знаем?" "Как мы можем решить это?"	Стимулирует выдвижение разнообразных, в т.ч. ошибочных, гипотез, направляет фокус поиска.

ISSN 3030-3907

III. Эвристическое исследование (Открытие)	Работа в парах или малых группах с инструментами (мерные ленты, бумага в клетку, ножницы).	Организует рабочее пространство, консультирует, задает наводящие, но не раскрывающие суть, вопросы.
IV. Оформление и систематизация знаний	Группы представляют свои "открытия". Формулируется общий, научно точный вывод (правило, формула).	Обеспечивает точность научного оформления "открытого" знания, проводит сравнительный анализ предложенных решений.
V. Рефлексия	Обсуждение процесса: "Что было самым трудным?" "Как мы пришли к этому открытию?" "Где еще это пригодится?"	Акцентирует внимание на способе получения знания и развитии навыка саморегуляции.

4. ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДИКИ И ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Критерии и показатели эффективности

Эффективность методики оценивается по комплексу показателей, выходящих за рамки простого усвоения материала:

Таблица 3

Критерий	*Показатели*	*Инструменты оценки*
Геометрические компетенции	Точность построения фигур, знание свойств, умение применять формулы в нестандартных ситуациях.	Тесты с элементами поиска, практические работы.

ISSN 3030-3907

Пространственное мышление	Способность мысленно трансформировать фигуры, оперировать образами (например, развертки).	Задания на пространственную визуализацию, конструирование.
Креативное мышление	Количество выдвинутых гипотез, оригинальность предложенных решений, гибкость мышления.	Анализ протоколов групповой работы, эвристические задачи с множеством решений.
Субъектность (Поисковая активность)	Самостоятельность при выполнении заданий, инициативность в поиске информации.	Наблюдение, анкетирование, самооценка учащихся.

5.НАУЧНАЯ НОВИЗНА ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная новизна исследования заключается в теоретическом обосновании и разработке методики подготовки и проведения уроков геометрии в начальных классах на основе эвристических технологий. В работе предложена модель организации учебной деятельности учащихся, ориентированная на активизацию их познавательной активности и развитие самостоятельного мышления.

В отличие от традиционного объяснительно-иллюстративного подхода, предложенная методика предполагает организацию учебного процесса через систему проблемных ситуаций, эвристических вопросов и исследовательских заданий, направленных на самостоятельное «открытие» учащимися геометрических закономерностей. Это позволяет рассматривать изучение геометрического материала как процесс активного познания, способствующий формированию пространственного мышления, аналитических способностей и творческой активности младших школьников.

6. ПРАКТИЧЕСКАЯ ЗНАЧИМОСТЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Практическая значимость исследования заключается в возможности использования разработанной методики учителями начальных классов в процессе преподавания геометрического материала. Представленные в работе эвристические задания, структура урока и критерии оценки

ISSN 3030-3907

эффективности могут быть применены при организации учебного процесса в общеобразовательных школах.

Материалы исследования могут использоваться при разработке учебно-методических пособий, в системе повышения квалификации педагогических кадров, а также в подготовке будущих учителей начального образования. Применение предложенной методики способствует развитию познавательной активности учащихся, формированию пространственного мышления и повышению интереса к изучению математики.

7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Разработанная и апробированная методика доказывает, что эвристические технологии являются мощным и эффективным инструментом для преподавания геометрии в начальных классах школ Узбекистана. Переход к поисковым и проблемным методам обучения обеспечивает не только прочное усвоение фундаментальных геометрических знаний, но и формирует у младших школьников опыт творческой деятельности. Этот опыт является основой для дальнейшего успешного обучения в средней школе и соответствует глобальной цели узбекского образования – воспитанию самостоятельно мыслящей, творческой и компетентной личности, способной к постоянному саморазвитию.

Внедрение данной методики требует методической поддержки и переподготовки учителей начальных классов, направленной на освоение ими роли педагога-фасилитатора, способного не давать знания, а организовывать процесс их открытия.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аскаров, А. С. (2018). Развитие педагогического мастерства учителя. Ташкент: Наманган.
2. Баратова, Д. А. (2020). Дидактические основы активизации познавательной деятельности учащихся. Педагогика и психология Узбекистана, №3.
3. Выготский, Л. С. (1996). Педагогическая психология. М.: Педагогика-Пресс.
4. Jalilova D, R Yangiboyeva, E Kurbonova, Z Kurbonova, B Ochildiyeva, R Makhamadiyeva, N Karimboyeva. THE IMPORTANCE OF LANGUAGE TEACHING IN FORMING THE SCIENTIFIC WORLD VIEW OF PRIMARY CLASS STUDENTS //Science and innovation. – 2024. – Т. 3. – №. B6. – С. 25-28.
5. Концепция развития системы народного образования Республики Узбекистан до 2030 года. (2019). Ташкент.

ISSN 3030-3907

6. Махмутов, М. И. (1975). Проблемное обучение. Основные вопросы теории. М.: Педагогика.
7. Умарова, Н. Б. (2021). Инновационные подходы к преподаванию математики в начальной школе. Научный вестник ТГПУ, №4.
8. Хуторской, А. В. (2019). Эвристическое обучение: теория, методология, практика. Москва: Народное образование.
9. Шадриков, В. Д. (2009). Психология деятельности и способности человека. М.: Логос.

ISSN 3030-3907

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА НАЧАЛЬНОГО МАТЕМАТИЧЕСКОГО ОБРАЗОВАНИЯ КАК ПЕДАГОГИЧЕСКАЯ ПРОБЛЕМА

Журабоева Сугдиёна Мухиддиновна
Магистрант международного университета KIMYO/ учитель начальных классов
Хамедова Нилюфар Азимовна
Научный руководитель: К.п.н доцент

Аннотация. В статье рассматриваются теоретические и практические аспекты повышения качества начального математического образования в условиях модернизации образовательной системы. Раскрывается содержание понятия «качество образования» применительно к начальному звену обучения. Анализируются современные подходы к формированию математической грамотности младших школьников, развитию логического мышления и познавательной активности. Обосновываются педагогические условия повышения эффективности преподавания математики в начальной школе. Делается вывод о необходимости комплексного подхода к обеспечению качества образования.

Ключевые слова: качество образования, начальная школа, математическая грамотность, компетентностный подход, педагогические технологии, логическое мышление, учебная мотивация.

Annotatsiya. Maqolada boshlang‘ich matematika ta’limi sifatini oshirishning nazariy va amaliy jihatlari tahlil qilinadi. “Ta’lim sifati” tushunchasining mazmuni ochib beriladi. Kichik yoshdagi o‘quvchilarda matematik savodxonlikni shakllantirish, mantiqiy tafakkurni rivojlantirish hamda zamonaviy pedagogik texnologiyalarni qo‘llash masalalari yoritiladi. Boshlang‘ich ta’limda matematika o‘qitish samaradorligini oshirishga xizmat qiluvchi pedagogik shart-sharoitlar asoslab beriladi.

Kalit so‘zlar: ta’lim sifati, boshlang‘ich ta’lim, matematik savodxonlik, kompetensiyaviy yondashuv, pedagogik texnologiyalar, mantiqiy tafakkur.

Abstract. The article examines theoretical and practical aspects of improving the quality of primary mathematical education in the context of educational modernization. The concept of educational quality in primary school is analyzed. Modern approaches to developing mathematical literacy, logical thinking, and cognitive activity among primary school students are discussed. The pedagogical conditions for improving the effectiveness of mathematics teaching are substantiated. The study concludes that ensuring high-quality education requires an integrated approach.

ISSN 3030-3907

Keywords: quality of education, primary school, mathematical literacy, competency-based approach, pedagogical technologies, logical thinking, learning motivation.

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития системы образования характеризуется глубокими структурными и содержательными преобразованиями, направленными на повышение качества подготовки обучающихся в соответствии с требованиями глобального образовательного пространства. В условиях интеграции национальных образовательных систем в международное научно-образовательное сообщество особое значение приобретает формирование у обучающихся ключевых компетенций, обеспечивающих их успешную социализацию и профессиональную адаптацию в условиях динамично развивающегося информационного общества. В данном контексте начальная школа рассматривается как фундаментальный уровень образовательной системы, на котором закладываются основы познавательной активности учащихся, формируются базовые учебные навыки, а также развивается мотивационная сфера личности ребёнка.

Особое место в структуре начального образования занимает математика, поскольку данный учебный предмет выполняет не только образовательную, но и важную развивающую функцию. Изучение математики способствует формированию логического и аналитического мышления, развитию познавательных процессов, таких как внимание, память и воображение, а также формирует способность к анализу, обобщению и систематизации информации. В педагогической практике математика рассматривается как одно из ключевых средств интеллектуального развития учащихся, поскольку математические задания требуют точности рассуждений, последовательности мыслительных операций и умения устанавливать причинно-следственные связи.

В условиях стремительного развития цифровых технологий и цифровизации общественных процессов возрастает значение математической грамотности как важнейшего компонента функциональной грамотности личности. Международные образовательные исследования, включая программы оценки образовательных достижений учащихся, подчёркивают необходимость формирования у обучающихся способности применять математические знания для решения практических задач, анализа информации и принятия обоснованных решений в различных жизненных ситуациях. Следовательно, математическое образование в начальной школе

ISSN 3030-3907

должно быть направлено не только на усвоение теоретических знаний, но и на развитие практических навыков применения математических методов в реальных жизненных условиях.

В связи с этим особую актуальность приобретает проблема совершенствования методики преподавания математики в начальной школе. Современные педагогические подходы предполагают переход от традиционной репродуктивной модели обучения к более активным и деятельностным формам организации учебного процесса, ориентированным на развитие самостоятельности, исследовательских навыков и творческого потенциала учащихся. Использование инновационных педагогических технологий, интерактивных методов обучения и современных образовательных ресурсов позволяет значительно повысить эффективность учебного процесса и создать условия для формирования устойчивой учебной мотивации.

Таким образом, актуальность настоящего исследования обусловлена необходимостью научного осмысления и дальнейшего совершенствования методических подходов к преподаванию математики в начальной школе. Исследование направлено на выявление эффективных педагогических условий, способствующих повышению качества математического образования, развитию познавательной активности учащихся и формированию у них математической грамотности как важного компонента современной образовательной подготовки личности.

Теоретические основы качества начального математического образования

Качество образования представляет собой интегративную характеристику образовательного процесса и его результатов. В контексте начального математического образования оно включает:

– уровень сформированности математических знаний, умений и навыков;
– развитие логического и критического мышления;
– способность применять знания в практической деятельности;
– сформированность учебной мотивации;
– развитие познавательной активности учащихся.

Современная педагогическая наука рассматривает качество образования через призму компетентностного подхода. В начальной школе данный подход ориентирован на формирование универсальных учебных действий и способности использовать знания в различных жизненных ситуациях.

Современные подходы к повышению качества обучения математике

ISSN 3030-3907

Компетентностный подход

Компетентностный подход в современном образовании рассматривается как одна из ключевых методологических основ организации учебного процесса. Его сущность заключается не только в передаче учащимся определённого объёма знаний, но и в формировании у них способности эффективно использовать полученные знания, умения и навыки в различных жизненных и учебных ситуациях. В рамках данного подхода особое внимание уделяется развитию у учащихся самостоятельности в познавательной деятельности, способности анализировать информацию, делать обоснованные выводы и применять приобретённые знания на практике.

В начальной школе компетентностный подход приобретает особое значение, поскольку именно на этом этапе формируются базовые учебные компетенции, которые в дальнейшем становятся основой успешного обучения. Реализация данного подхода предполагает организацию учебного процесса таким образом, чтобы учащиеся выступали не только как пассивные получатели информации, но и как активные участники образовательной деятельности. Это достигается посредством использования проблемных заданий, исследовательских методов обучения, практико-ориентированных задач и различных форм коллективной работы.

В процессе обучения математике компетентностный подход проявляется прежде всего в ориентации на формирование у учащихся математической грамотности, логического мышления и способности применять математические знания в реальных жизненных ситуациях. Решение практико-ориентированных задач способствует развитию аналитического мышления, умения сравнивать, обобщать и устанавливать причинно-следственные связи. Кроме того, использование межпредметных связей позволяет учащимся осознать практическую значимость математических знаний и увидеть их применение в других областях науки и повседневной жизни.

Таким образом, компетентностный подход в обучении математике направлен на развитие у учащихся не только предметных знаний, но и универсальных учебных действий, включая навыки самостоятельного поиска информации, критического анализа данных и принятия обоснованных решений. Реализация данного подхода способствует формированию у учащихся устойчивой познавательной мотивации и обеспечивает более высокий уровень качества образовательных результатов.

Инновационные педагогические технологии

ISSN 3030-3907

Важную роль в повышении качества образования играет внедрение инновационных технологий:

– проблемное обучение;

– проектная деятельность;

– игровые методы;

– дифференцированное обучение;

– информационно-коммуникационные технологии.

Использование цифровых образовательных ресурсов повышает наглядность учебного материала и способствует развитию самостоятельности учащихся.

Развитие логического мышления

Систематическая работа над логическими задачами, моделированием, анализом и сравнением способствует формированию интеллектуальной самостоятельности младших школьников и повышению качества усвоения знаний. Если знания можно рассматривать как инструменты, то логическое мышление представляет собой умение правильно ими пользоваться. Развитая логика помогает учащимся выделять главное в потоке информации, делать обоснованные выводы и чётко формулировать свои мысли. В современных условиях умение мыслить логически становится не только важным образовательным результатом, но и необходимым жизненным навыком.

Логическое мышление не является врождённым качеством, оно формируется и развивается в процессе обучения. Развитие логики способствует активизации интеллектуальной деятельности ребёнка, формирует способность к анализу, сравнению, обобщению и установлению причинно-следственных связей. Именно поэтому в современной образовательной практике большое внимание уделяется формированию у учащихся навыков логического мышления уже на начальном этапе обучения.

В национальной учебной программе, разработка которой началась в 2020 году, среди ключевых образовательных результатов особое место занимает развитие математического и логического мышления, а также формирование навыков решения проблем. В связи с этим преподавание математики в начальной школе направлено не только на усвоение теоретических знаний, но и на развитие интеллектуальных способностей учащихся.

Проблема развития логического мышления рассматривалась в трудах многих известных педагогов и психологов, среди которых П. Блонский, Л. С. Выготский, С. Л. Рубинштейн, П. Я. Гальперин, А. Н. Леонтьев, А. Р. Лурия, Ж. Пиаже и другие. Их исследования подтверждают, что формирование

ISSN 3030-3907

логических операций является важным условием интеллектуального развития ребёнка.

В педагогической практике развитие логического мышления осуществляется посредством различных видов учебной деятельности: решения логических задач, составления логических рядов, поиска ошибок, установления связей между объектами, выполнения заданий на классификацию и сравнение. Эффективными средствами развития логического мышления также являются интеллектуальные игры, нестандартные задачи, эвристические беседы и методы коллективного обсуждения, такие как «мозговой штурм». Использование подобных методов способствует формированию познавательной активности учащихся, развитию воображения и творческого мышления.

Таким образом, систематическое включение логических заданий и проблемных ситуаций в учебный процесс позволяет создать условия для развития аналитического мышления младших школьников, повышения их познавательной активности и формирования устойчивого интереса к изучению математики.

Педагогические условия повышения качества образования

Повышение качества математического образования в начальной школе во многом определяется созданием благоприятных педагогических условий, обеспечивающих эффективность учебного процесса. Важнейшим из них является высокий уровень профессиональной компетентности учителя, включающий владение современными методиками преподавания, инновационными образовательными технологиями и умение организовать активную познавательную деятельность учащихся. Существенную роль также играют индивидуализация и дифференциация обучения, позволяющие учитывать уровень подготовки, способности и темп усвоения учебного материала каждым учеником. Не менее важным условием является формирование устойчивой учебной мотивации, которая стимулирует интерес учащихся к изучению математики и способствует их активному включению в образовательный процесс. В этой связи особое значение приобретает создание ситуации успеха для каждого обучающегося, что повышает уверенность ребёнка в собственных возможностях и формирует положительное отношение к обучению. Кроме того, систематический мониторинг учебных достижений учащихся позволяет своевременно выявлять трудности в обучении, корректировать образовательный процесс и повышать его результативность. Комплексная реализация указанных педагогических условий способствует устойчивому повышению качества

ISSN 3030-3907

начального математического образования и формированию у учащихся прочных знаний, логического мышления и ключевых учебных компетенций.

Результаты и обсуждение

Анализ педагогической практики показывает, что применение активных методов обучения способствует более глубокому усвоению знаний и развитию познавательной активности учащихся. Ученики демонстрируют более высокие результаты при выполнении практико-ориентированных и нестандартных заданий.

Использование проектной деятельности формирует исследовательские навыки и развивает самостоятельность. Применение цифровых технологий повышает мотивацию и вовлечённость обучающихся в учебный процесс.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Повышение качества начального математического образования является приоритетной задачей современной школы. Оно требует комплексного подхода, включающего совершенствование методики преподавания, внедрение инновационных технологий и развитие профессиональной компетентности педагогов.

Реализация данных направлений способствует формированию математической грамотности, развитию логического мышления и созданию прочной основы для дальнейшего обучения учащихся.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Государственные образовательные стандарты Республики Узбекистан.
2. Концепция развития системы народного образования Республики Узбекистан.
3. Выготский Л. С. Мышление и речь. – Москва: Лабиринт, 2001.
4. Пиаже Ж. Психология интеллекта. – Санкт-Петербург: Питер, 2004.
5. Хуторской А. В. Компетентностный подход в образовании. – Москва: Эйдос, 2013.
6. Подласый И. П. Педагогика начальной школы. – Москва: Владос, 2010.
7. Qizi, Jalilova Dilshoda Ural, and Toshpo‘Latova Sevinch. "TA’LIM-TARBIYADA KREATIV MUHITNI YARATISHDA FANLARARO ALOQADORLIK." *Science and innovation* 3.Special Issue 28 (2024): 1039-1042.
8. Jalilova Dilshoda Ural Qizi, Otajonova Fotima, Nahalboyeva Iroda, Yaxshiboyeva Feruza. "BOSHLANG‘ICH SINF O‘QUVCHILARINING AXBOROT OLISH RAQAMLI DIDAKTIKA MADANIYATINI SHAKLLANTIRISH." *Science and innovation* 3.Special Issue 21 (2024): 47-50.

ISSN 3030-3907

ISO 22000 ASOSIDA OZIQ-OVQAT XAVFSIZLIGI MENEJMENT TIZIMINI VALIDATSIYA QILISH MODELINI ISHLAB CHIQISH

Abdullajonov Botirjon Solijon o‘g‘li
Namangan davlat texnika universiteti Metrologiya va standartlashtirish Kafedrasi tayanch doktoranti
E-mail: abdullajonovbotirjonnn7@gmail.com.
Melibayev Maxmudjon
Namangan davlat texnika universiteti Metrologiya va standartlashtirish kafedrasi professori
E-mail: meliboevmeliboev1@gmail.com.

Annotatsiya. Bugungi kunda parranda mahsulotlarini ishlab chiqaruvchi korxonalar aholiga sifatli va xavfsiz go‘sht hamda tuxum yetkazib berish, sanitariya-gigiyena talablariga rioya qilish va bozorda raqobatbardoshlikni saqlash bo‘yicha katta mas’uliyatga ega. Tadqiqot ISO 22000 xalqaro standarti talablari asosida olib borildi. Tizim jarayonli yondashuv va xavfga asoslangan fikrlash tamoyillari bo‘yicha qurildi, HACCP metodologiyasi orqali muhim nazorat nuqtalari (CCP), operatsion nazorat choralari (OPRP) va dastlabki shart-sharoit dasturlari (PRP) aniqlanib, kritik chegaralar va monitoring tizimi ishlab chiqildi. Validatsiya jarayoni laboratoriya tahlillari, statistik va eksperimental usullar orqali amalga oshirildi. Go‘shtni qayta ishlashda belgilangan harorat va vaqt rejimi patogen mikroorganizmlarni yo‘q qilish uchun yetarli ekanligi laboratoriya tahlillari orqali tasdiqlandi. Sovutish zanjiri va saqlash sharoiti mikrobiologik ko‘rsatkichlar orqali baholandi. Tuxum yetishtirish jarayonida oziqa sifati, suv sifati, harorat, sanitariya va parranda sog‘ligi nazorat qilindi. PRP, OPRP va CCP tizimlari oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlashda samarali ishlashi tasdiqlandi. Site Master File (SMF) ishlab chiqilib, korxona faoliyati, boshqaruv tizimi, sanitariya-gigiyena sharoitlari va validatsiya jarayonlari tizimli hujjatlashtirildi.

Kalit so‘zlar: ISO 22000, oziq-ovqat xavfsizligi, menejment tizimi, validatsiya, HACCP, CCP, OPRP, PRP, parranda go‘shti, tuxum, Site Master File (SMF), laboratoriya nazorati, sanitariya-gigiyena, monitoring, kritik chegaralar.

Аннотация. В настоящее время предприятия, производящие продукцию птицеводства, несут большую ответственность за обеспечение населения качественным и безопасным мясом и яйцами, соблюдение санитарно-гигиенических требований и поддержание конкурентоспособности на рынке. Данное исследование проведено на основе требований международного стандарта ISO 22000. Система построена на принципах процессного подхода и риск-ориентированного мышления. С использованием методологии HACCP были определены критические контрольные точки (CCP),

ISSN 3030-3907

операционные программы предварительных условий (OPRP) и программы предварительных условий (PRP), а также разработаны критические пределы и система мониторинга. Процесс валидации был осуществлён с применением лабораторных анализов, статистических и экспериментальных методов. Лабораторные исследования подтвердили, что установленный температурно-временной режим при переработке мяса достаточен для уничтожения патогенных микроорганизмов. Цепь охлаждения и условия хранения были оценены по микробиологическим показателям. В процессе производства яиц контролировались качество кормов, качество воды, температурный режим, санитарное состояние и здоровье птицы. Подтверждена эффективность функционирования систем PRP, OPRP и CCP в обеспечении безопасности пищевой продукции. Разработан документ Site Master File (SMF), в котором системно отражены деятельность предприятия, система управления, санитарно-гигиенические условия и процессы валидации.

Ключевые слова: ISO 22000, безопасность пищевых продуктов, система менеджмента, валидация, HACCP, CCP, OPRP, PRP, мясо птицы, яйца, Site Master File (SMF), лабораторный контроль, санитарно-гигиенические требования, мониторинг, критические пределы.

Abstract. Today, enterprises producing poultry products bear significant responsibility for supplying the population with safe and high-quality meat and eggs, complying with sanitary and hygienic requirements, and maintaining competitiveness in the market. This research was conducted in accordance with the requirements of the international standard ISO 22000. The system was developed based on the principles of the process approach and risk-based thinking. Using the HACCP methodology, Critical Control Points (CCP), Operational Prerequisite Programs (OPRP), and Prerequisite Programs (PRP) were identified, and critical limits as well as a monitoring system were established. The validation process was carried out using laboratory analyses, statistical methods, and experimental approaches. Laboratory tests confirmed that the specified temperature and time regime in meat processing is sufficient to eliminate pathogenic microorganisms. The cooling chain and storage conditions were evaluated based on microbiological indicators. In the egg production process, feed quality, water quality, temperature conditions, sanitation, and poultry health were monitored. The effectiveness of PRP, OPRP, and CCP systems in ensuring food safety was confirmed. A Site Master File (SMF) was developed, which systematically documents the enterprise activities, management system, sanitary and hygienic conditions, and validation processes.

ISSN 3030-3907

Keywords: ISO 22000, food safety, management system, validation, HACCP, CCP, OPRP, PRP, poultry meat, eggs, Site Master File (SMF), laboratory control, sanitary and hygienic requirements, monitoring, critical limits.

KIRISH

Bugungi kunda oziq-ovqat xavfsizligi masalalari global miqyosda dolzarb hisoblanadi. Aholini sifatli va xavfsiz oziq-ovqat bilan ta’minlash, sanitar-gigiyena talablariga qat’iy rioya qilish hamda bozor raqobatbardoshligini saqlash zamonaviy korxonalardan yuqori darajadagi mas’uliyat talab qiladi. Parranda mahsulotlarini ishlab chiqaruvchi korxonalar, xususan, go‘sht va tuxum yetishtiruvchi korxonalar ushbu mas’uliyatni o‘z zimmasiga oladi[1].

“Oychi Parranda” MChJ misolida oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash va menejment tizimini ilmiy asosda joriy etish zaruriyati mavjud. Bu esa xalqaro miqyosda tan olingan ISO 22000 standarti talablariga muvofiq tizimni tashkil etishni talab qiladi. ISO 22000 standarti oziq-ovqat xavfsizligi menejmentini jarayonli yondashuv va xavfga asoslangan fikrlash asosida qurishni nazarda tutadi. Shu bilan birga, tizimning samarali ishlashi uchun HACCP tamoyillari bo‘yicha muhim nazorat nuqtalari (CCP), operatsion nazorat choralari (OPRP) va dastlabki shart-sharoit dasturlari (PRP) aniqlanishi zarur[2].

Validatsiya jarayoni esa tizimning haqiqiy samaradorligini tasdiqlash, nazorat choralari va belgilangan kritik chegaralarning ilmiy asoslanganligini isbotlashga xizmat qiladi. Bu bosqich laboratoriya tahlillari, monitoring va statistika asosida amalga oshiriladi hamda mahsulot xavfsizligini kafolatlaydi.

Shu nuqtai nazardan, ushbu tadqiqotning maqsadi “Uychi Parranda” MChJ korxonasida ISO 22000 standarti asosida oziq-ovqat xavfsizligi menejment tizimini validatsiya qilish modelini ishlab chiqish va uni amalda tatbiq etishdir. Tadqiqot natijalari korxona ishlab chiqarish jarayonlarini standartlashtirish, sanitariya-gigiyena talablariga rioya qilish va mahsulot xavfsizligini ta’minlashga xizmat qiladi[3].

HACCP metodologiyasi orqali “Uychi Parranda” MChJda muhim nazorat nuqtalari (CCP) aniqlanadi, masalan: issiqlik bilan ishlov berish jarayoni, sovutish rejimi, sanitariya ishlovlari va laboratoriya nazorati hamda har bir CCP uchun kritik chegaralar belgilandi va monitoring tizimi yo‘lga qo‘yildi. Bundan tashqari, oziq-ovqat xavfsizligi tizimi korxonaning umumiy boshqaruv tizimi bilan integratsiyalashgan holda ishlashi ta’minlandi[4]. Shu nuqtai nazardan olib qaraganda, ISO 2200 talablariga muvofiq jarayonlar hujjatlashtirildi, ichki auditlar o‘tkazildi, rahbariyat tomonidan tahlil qilish ishlari amalga oshirildi va

ADABIYOTLAR SHARXI. Oziq-ovqat xavfsizligi menejment tizimlari sohasidagi tadqiqotlar ISO 22000 va HACCP tizimlarining samaradorligini

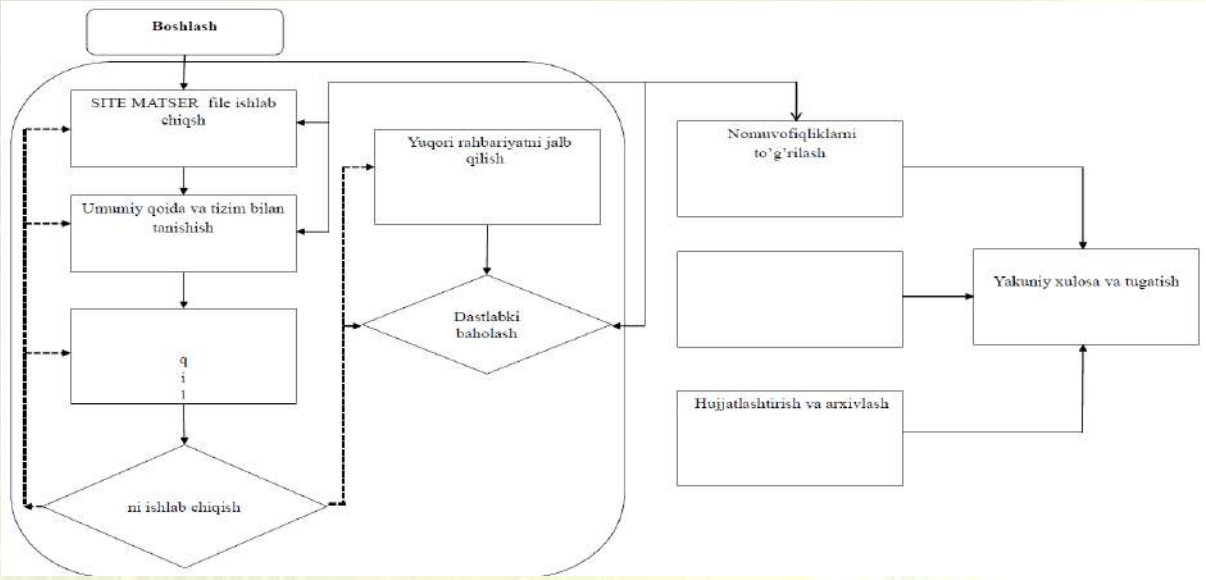
ISSN 3030-3907

ko‘rsatadi. ISO 22000 standarti oziq-ovqat xavfsizligini jarayonli yondashuv va xavfga asoslangan fikrlash tamoyillari bilan boshqarishni nazarda tutadi. Rashidova go‘shtni qayta ishlash korxonalarida tizimni tatbiq etish mahsulot xavfsizligini oshirishi va ishlab chiqarish samaradorligini yaxshilashini ta’kidlaydi[5]. Safayeva ISO 22000 va HACCP standartlari asosida ishlab chiqarish zanjiriga integratsiyaning korxona faoliyatiga ijobiy ta’sirini tahlil qilgan[6]. Fayzullayeva tizim xavflarni aniqlash va muhim nazorat nuqtalarini monitoring qilish orqali sifat va xavfsizlikni kafolatlashini ko‘rsatadi[7]. Asilova va Nosirova xalqaro standartlarning oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash va mahsulot sifatini oshirishdagi rolini yoritgan. Balashov va boshq. sanoat darajasida tizim samaradorligini baholagan. Tadqiqotlar ISO 22000 va HACCP tizimlarini joriy etish va validatsiya qilish korxonalarda xavflarni kamaytirish va xalqaro standartlarga muvofiqlikni ta’minlashda samarali ekanligini ko‘rsatadi. Site Master File (SMF) esa korxona faoliyatini tizimli hujjatlashtirishga xizmat qiladi[8].

METODOLOGIYA. Tadqiqot ISO 22000 standarti asosida oziq-ovqat xavfsizligi menejment tizimini validatsiya qilish jarayoniga qaratilgan. Metodologiya bir nechta bosqichdan iborat bo‘lib, ularning har biri tizimning samaradorligini va xalqaro standartlarga muvofiqligini ta’minlashga xizmat qiladi[9].

Avvalo, korxonaning ishlab chiqarish faoliyati, boshqaruv tizimi va sanitariya-gigiyena sharoitlarini tizimli hujjatlashtirish maqsadida Site Master File (SMF) ishlab chiqiladi. So‘ng, mavjud tizim va umumiy qoidalar o‘rganilib, yuqori rahbariyat ishtirokida tizimga jiddiy yondashuv ta’minlanadi. Dastlabki baholash jarayonida korxona oziq-ovqat xavfsizligi tizimining mavjudligi va samaradorligi tahlil qilinadi, aniqlangan kamchiliklar bo‘yicha tuzatish choralari belgilanadi. Keyingi bosqichda validatsiya natijalari baholanib, tizimning amaliy ishlashi tasdiqlanadi[10].

ISSN 3030-3907



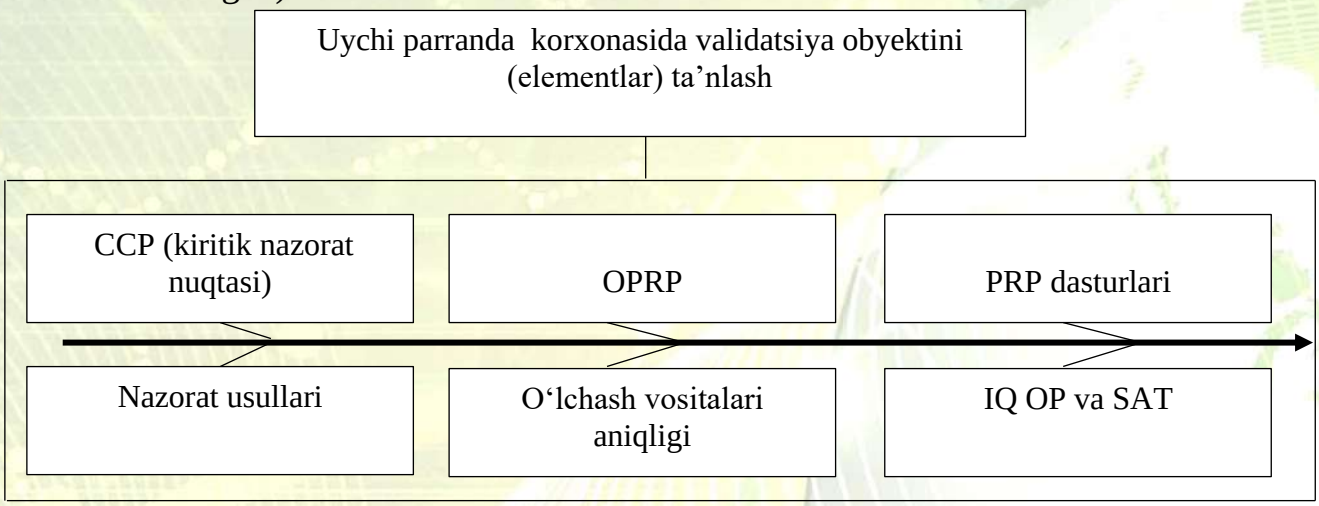
1- rasm. ISO 22000 asosida oziq-ovqat xavfsizligi menejment tizimini validatsiya qilish modeli

Tadqiqot yakunida barcha jarayonlar hujjatlashtiriladi, natijalar tahlil qilinib, rahbariyat tomonidan ko‘rib chiqiladi. Agar nomuvofiqliklar aniqlansa, ularni bartaraf etish uchun chora-tadbirlar amalga oshiriladi va zarurat tug‘ilganda jarayon takrorlanadi. Ushbu metodologiya validatsiya jarayonining sifatli va samarali bajarilishini ta’minlashga qaratilgan bo‘lib, oziq-ovqat xavfsizligi tizimining barqarorligini kafolatlaydi[11, 12].

TADQIQOT NATIJASI. Bugungi kunda parranda mahsulotlarini ishlab chiqaruvchi korxonalar aholiga sifatli va xavfsiz go‘sht hamda tuxum yetkazib berish, sanitariya-gigiyena talablariga rioya qilish va bozorda raqobatbardoshlikni saqlash bo‘yicha katta mas’uliyatga ega. Shu sababli, “Uychi Parranda” MChJda oziq-ovqat xavfsizligi menejment tizimi ISO 22000 xalqaro standarti asosida joriy etildi. Tizim jarayonli yondashuv va xavfga asoslangan fikrlash tamoyillari bilan tashkil qilinib, HACCP metodologiyasi orqali muhim nazorat nuqtalari (CCP), operatsion nazorat choralari (OPRP) va dastlabki shart-sharoit dasturlari (PRP) aniqlanib, kritik chegaralar va monitoring tizimi ishlab chiqildi. Validatsiya laboratoriya tahlillari, statistik va eksperimental usullar orqali o‘tkazilib, tizim samaradorligi tasdiqlandi. Sovutish zanjiri va saqlash sharoiti mikrobiologik ko‘rsatkichlar asosida baholandi. Tuxum yetishtirish jarayonida oziqa sifati, suv sifati, harorat, sanitariya va parranda sog‘ligi nazorat qilindi. Site Master File (SMF) ishlab chiqilib, korxona faoliyati, boshqaruv tizimi va sanitariya-gigiyena sharoitlari tizimli hujjatlashtirildi. Taklif etilgan validatsiya modeli oziq-ovqat xavfsizligini kompleks boshqarish, ishlab chiqarish jarayonlarini standartlashtirish va mahsulot sifatini kafolatlashga xizmat qiladi. Validatsiya natijalari tizim samaradorligini tasdiqlaydi va rahbariyatga jarayonlarni ilmiy asosda baholash

ISSN 3030-3907

imkonini beradi.Korxonada oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash uchun bir qator asosiy hujjatlar yuritiladi. Oziq-ovqat xavfsizligi siyosati korxonaning xavfsiz mahsulot ishlab chiqarish bo‘yicha rasmiy majburiyatini belgilaydi. HACCP rejasi ishlab chiqarish jarayonidagi xavflarni tahlil qiladi va kritik nazorat nuqtalarini aniqlaydi. PRP dasturlari gigiyena talablari, dezinfeksiya tartibi, zararkunandalarga qarshi kurash, suv sifati nazorati va xodimlar sanitariyasini qamrab oladi(2.19 – rasmda keltirilgan).



2.– rasm. Uychi parranda MChJ korxonasida validatsiya ishlari olib boriladigan obyektini ta’nlash

Monitoring protokollari harorat jurnallari, metall detektor nazorati, laboratoriya tahlillari va tozalash yozuvlarini o‘z ichiga oladi. Risk baholash hujjatlari esa biologik, kimyoviy va fizik xavflarni ehtimollik va ta’sir darajasi asosida baholaydi. Uychi parranda korxonasida validatsiya obyekti oziq-ovqat xavfsizligi tizimining muhim elementlarini qamrab oladi.

1 – jadval.

Tuxum yetishtirish – CCP

№	Jarayon	Ko‘rsatkich	Kritik chegara	Nazorat usuli
1	Oziqa sifati	Aflatoksin B1	≤ 20 µg/kg	Laboratoriya tahlili
2	Ichimlik suvi	E.coli	0 KOE/100 ml	Mikrobiologik tahlil
3	Tuxum saqlash	Harorat	0–4°C	Termometr / monitoring
4	Sanitariya	Dezinfeksiya samaradorligi	≥ 99% mikroblar kamayishi	Tekshiruv / test
5	Parranda sog‘ligi	Kasallik belgisi	Aniqlanmasligi	Veterinariya nazorati

ISSN 3030-3907

Tuxum yetishtirish va go‘shtni qayta ishlash jarayonlarida CCP - kritik nazorat nuqtalari, mahsulot xavfsizligini ta’minlash uchun belgilanadi. Tuxum yo‘nalishida oziqa sifati, ichimlik suvi, saqlash harorati, sanitariya va parranda sog‘ligi nazorat qilinadi.

2 – jadval.

Go‘shtga so‘yish- CCP

№	Jarayon	Ko‘rsatkich	Kritik chegara	Nazorat usuli
1	Suvga solish	Harorat	≥ 75°C (15 soniya)	Termometr
2	Sovutish	Harorat	0–4°C	Harorat monitoringi
3	Mikrobiologiya	Salmonella	0	Laboratoriya
4	Metall detektor	Begona jism	Aniqlanmasligi	Metall detektor
5	pH nazorati	pH daraja	5.5–6.2	pH metr

Aflatoksin B1 ≤20 µg/kg, suvda E.coli 0 bo‘lishi, harorat 0–4°C saqlanishi talab etiladi. Go‘shtni qayta ishlashda ichki harorat ≥75°C, sovutish 0–4°C, Salmonella 0, metall detektorda begona jism aniqlanmasligi va pH 5.5–6.2 oralig‘ida bo‘lishi kerak. Nazorat laboratoriya, termometr va monitoring orqali amalga oshiriladi.

Tuxum yetishtirish va go‘shtni qayta ishlash korxonalarida PRP (Dastlabki shart-sharoit dasturlari) oziq-ovqat xavfsizligi tizimining asosini tashkil etadi. Tuxum ishlab chiqarishda binolar gigiyenasi doimiy ravishda toza va dezinfeksiya qilingan bo‘lishi kerak, bu vizual nazorat orqali tekshiriladi. Xodimlar maxsus kiyimda ishlashi va qo‘l gigiyenasiga rioya qilishi zarur. Zararkunandalarga qarshi kurash reja asosida olib boriladi va monitoring qilinadi. Jihozlar ishga yaroqli hamda toza holatda bo‘lishi lozim. Oziqa quruq sharoitda saqlanadi, harorat va namlik nazorat qilinadi. Chiqindilar alohida joyda yig‘ilib, tezkor chiqariladi.

3 – jadval.

Tuxum yetishtirish – PRP

№	Jarayon	Ko‘rsatkich	Kritik chegara	Nazorat usuli
1	Ferma gigiyenasi	Tozalik darajasi	Kundalik tozalash	Vizual nazorat
2	Suv sifati	Mikroblar (E.coli)	0 KOE/100 ml	Laboratoriya tahlili
3	Ozuqa sifati	Aflatoksin	≤ 20 µg/kg	Laboratoriya
4	Parranda sog‘ligi	Kasallik belgisi	0 ta kasallik	Veterinar ko‘rik
5	Dezinfeksiya	Samaradorlik	≥ 98%	Dezinfeksiya nazorati
6	Xodimlar gigiyenasi	Sanitariya talabi	To‘liq rioya	Ichki audit

ISSN 3030-3907

Go‘shtni qayta ishlashda ishlab chiqarish gigiyenasi audit orqali baholanadi. Xodimlar tibbiy ko‘rikdan o‘tgan bo‘lishi shart. Suv sifati laboratoriya tahlili bilan tekshiriladi. Jihozlarni yuvish va dezinfe ksiya qilish tasdiqlangan rejim asosida amalga oshiriladi. Sovutish tizimi harorat nazorati bilan kuzatiladi. Transport vositalari toza va dezinfeksiya qilingan bo‘lishi kerak. PRP talablari xavflarni kamaytirib, CCP samaradorligini ta’minlaydi.

4 – jadval.

Go‘shtga so‘yish – PRP

№	Jarayon	Ko‘rsatkich	Kritik chegara	Nazorat usuli
1	Ishlab chiqarish binosi gigiyenasi	Tozalik darajasi	Kundalik sanitariya	Vizual nazorat
2	Xodimlar gigiyenasi	Qo‘l va kiyim tozaligi	Sanitariya talablariga rioya	Ichki audit
3	Suv sifati	Mikroblar (E.coli)	0 KOE/100 ml	Laboratoriya tahlili
4	Xomashyo nazorati	Harorat	0–4°C (qabul paytida)	Termometr
5	Dezinfeksiya	Samaradorlik	≥ 98%	Dezinfeksiya nazorati
6	Saqlash sharoiti	Harorat	0–4°C	Harorat monitoringi

Tuxum yetishtirish va go‘shtni qayta ishlash jarayonlarida OPRP (Operatsion nazorat choralari) xavflarni sezilarli darajada kamaytirish uchun qo‘llaniladi. Tuxum yo‘nalishida oziqa qabul qilish bosqichida kiruvchi nazorat amalga oshiriladi va mikotoksin miqdori belgilangan standartdan oshmasligi kerak.

Suv sifati filtrlash va dezinfeksiya orqali ta’minlanadi, E.coli ko‘rsatkichi 0 bo‘lishi shart. Tuxum saralash jarayonida yoriq yoki iflos mahsulotlar 100% vizual tekshiruv orqali ajratiladi. Saqlash harorati 0–4°C oralig‘ida nazorat qilinadi. Gigiyena talablari bo‘yicha xodimlar qo‘l dezinfeksiyasini har smenada bajaradi.

5– jadval.

Tuxum yetishtirish – OPRP

№	Jarayon	Ko‘rsatkich	Kritik chegara	Nazorat usuli
1	Oziqa qabul qilish	Kiruvchi nazorat	Mikotoksin ≤ standart	Laboratoriya
2	Suv sifatini nazorat	Filtrlash + dezinfeksiya	E.coli = 0	Tahlil

ISSN 3030-3907

3	Tuxum saralash	Yoriq/iflos tuxumni ajratish	100% tekshiruv	Vizual
4	Harorat nazorati	Sovutish tizimi	0–4°C	Termometr
5	Gigiyena nazorati	Qo‘l dezinfeksiyasi	Har smenada	Kuzatuv

Go‘shtni qayta ishlashda xom ashyo veterinariya tekshiruvidan o‘tishi va sifat sertifikatiga ega bo‘lishi kerak. Kesish jarayonida kontaminatsiyaning oldi olinadi va gigiyena talablari audit orqali nazorat qilinadi. Sovutish zanjiri uzluksiz 0–4°C haroratda saqlanadi.

6– jadval.

Go‘shtga so‘yish – OPRP

№	Jarayon	Ko‘rsatkich	Kritik chegara	Nazorat usuli
1	Xom ashyo qabul qilish	Veterinariya tekshiruvi	Sifat sertifikati	Hujjat nazorati
2	Kesish jarayoni	Kontaminatsiya oldini olish	Gigiyena talabi	Audit
3	Sovutish zanjiri	Uzluksiz harorat	0–4°C	Monitoring
4	Begona jism nazorati	Metall detektor	Aniqlash qobiliyati ≥ belgilangan	Tekshiruv
5	Qadoqlash	Toza material	Standartga mos	Vizual

Metall detektor begona jismlarni aniqlash uchun ishlatiladi va mahsulot bloklanadi. Qadoqlash jarayoni toza material bilan amalga oshiriladi. Tuzatish choralari xavf aniqlanganda darhol qo‘llaniladi. PRP, OPRP va CCP tizimlarida nazorat usullari oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlashning asosiy mexanizmi hisoblanadi. PRP korxonada umumiy gigiyena va sanitariya muhitini yaratadi. Gigiyena vizual tekshiruv orqali baholanadi, sanitariya ishlari reja asosida dezinfeksiya va sanitariya jurnalida qayd etish bilan amalga oshiriladi. Zararkunandalarga qarshi kurash monitoring va tuzoqlar yordamida nazorat qilinadi. Xodimlar tibbiy ko‘rik hujjatlari orqali tekshiriladi. Ombor sharoiti esa termometr va gigrometr yordamida harorat hamda namlik o‘lchash orqali nazorat qilinadi.

7 – jadval.

PRP - Nazorat usullari

№	Yo‘nalish	Nazorat usuli	Asbob/Metod
1	Gigiyena	Vizual tekshiruv	Kuzatuv
2	Sanitariya	Reja asosida dezinfeksiya	Sanitariya jurnali

ISSN 3030-3907

3	Zararkunanda	Monitoring va tuzoqlar	Deratizatsiya nazorati
4	Xodimlar	Tibbiy ko‘rik hujjati	Hujjat tekshiruvi
5	Ombor sharoiti	Harorat/namlik o‘lchash	Termometr, gigrometr

OPRP jarayon davomida xavflarni kamaytirishga qaratilgan. Oziqa sifati laboratoriya tahlili va kimyoviy testlar bilan tekshiriladi. Suv sifati mikrobiologik usulda baholanadi. Harorat doimiy monitoring orqali termometr yoki datalogger yordamida kuzatiladi. pH darajasi pH-metr bilan o‘lchanadi. Kontaminatsiya ichki audit va tekshiruv ro‘yxati asosida aniqlanadi.

8 – jadval.

OPRP - Nazorat usullari

№	Jarayon	Nazorat usuli	Usul
1	Oziqa sifati	Laboratoriya tahlili	Kimyoviy test
2	Suv sifati	Mikrobiologik tekshiruv	Laboratoriya
3	Harorat nazorati	Doimiy monitoring	Termometr/datalogger
4	pH nazorati	O‘lchash	pH-metr
5	Kontaminatsiya	Ichki audit	Tekshiruv ro‘yxati

CCP esa xavfni yo‘q qilish yoki maqbul darajagacha kamaytiradi. Issiqlik ishlovi harorat-vaqt nazorati va kalibrlangan termometr orqali amalga oshiriladi. Sovutish jarayoni uzluksiz datalogger bilan monitoring qilinadi. Metall aniqlash avtomatik metall detektor yordamida bajariladi.

9 – jadval.

CCP – Nazorat usullari

№	Jarayon	Nazorat usuli	Asbob/Metod
1	Issiqlik ishlovi	Harorat-vaqt nazorati	Kalibrlangan termometr
2	Sovutish	Uzluksiz monitoring	Datalogger
3	Metall aniqlash	Metall detektor	Avtomatik tizim
4	Mikrobiologiya	Laboratoriya tahlili	Test usuli
5	pH nazorati	O‘lchash	pH-metr

Mikrobiologik xavflar laboratoriya tahlili orqali baholanadi. pH nazorati esa aniq o‘lchov vositasi — pH-metr bilan amalga oshiriladi.

10 – jadval.

O‘lchash vositalari aniqligi

№	O‘lchash vositasi	Qo‘llanish sohasi	Aniqlik talabi	Tekshirish (kalibrlash)	Nazorat turi
1	Termometr	Harorat (sovutish, pishirish)	±0.5°C	Yiliga kamida 1 marta	CCP

ISSN 3030-3907

2	Datalogger	Doimiy harorat monitoringi	±0.3–0.5°C	Reja asosida	CCP
3	pH-metr	pH nazorati	±0.1 pH	Har foydalanishdan oldin	OPRP/CCP
4	Gigrometr	Namlik nazorati	±2–3%	Reja asosida	PRP
5	Metall detektor	Begona jism aniqlash	Minimal sezgirlik (masalan 1.5–2 mm)	Har smena tekshiruvi	CCP
6	Tarozilar	Og‘irlik nazorati	±0.1–1 g	Kalibrlash sertifikati bilan	OPRP
7	Laboratoriya uskunalari	Mikrobiologik tahlil	Standart metod bo‘yicha	Akkreditatsiya	CCP

O‘lchash vositalarining aniqligi oziq-ovqat xavfsizligi tizimida muhim ahamiyatga ega, chunki PRP, OPRP va ayniqsa CCP nazoratlari ishonchli natijalarga tayanishi kerak. Har bir o‘lchov vositasi belgilangan aniqlik talabi asosida tanlanadi va muntazam kalibrlashdan o‘tkaziladi. Masalan, termometrlar sovutish va pishirish jarayonlarida haroratni ±0.5°C aniqlikda o‘lchashi lozim hamda yiliga kamida bir marta tekshiriladi.

Dataloggerlar doimiy monitoring uchun ishlatiladi va ±0.3–0.5°C aniqlik talab etiladi. pH-metrlar pH nazoratida ±0.1 pH xatolik bilan ishlashi kerak va har foydalanishdan oldin tekshiriladi. Gigrometrlar namlikni ±2–3% aniqlikda o‘lchaydi va reja asosida kalibrlanadi. Metall detektorlar begona jismlarni aniqlashda yuqori sezgirlikka ega bo‘lishi shart va har smenada sinovdan o‘tkaziladi. Tarozilar og‘irlikni ±0.1–1 g aniqlikda ko‘rsatishi kerak va kalibrlash sertifikati bilan tasdiqlanadi. Laboratoriya uskunalari esa akkreditatsiyadan o‘tgan standart metodlar asosida ishlatiladi. “Uychi Parranda” MChJda oziq-ovqat xavfsizligi tizimi validatsiyasi mahsulot xavfsizligini kafolatlash maqsadida amalga oshirildi. Mikrobiologik, fizik, kimyoviy va texnologik mezonlar belgilab olinib, barcha jarayonlar hujjatlashtirildi. Validatsiya bosqichlari — rejalashtirish, ma’lumot yig‘ish, tahlil, xulosa va hujjatlashtirish — laboratoriya, statistik va eksperimental usullar bilan amalga oshirildi. CCP, OPRP va PRP elementlari samaradorligi baholandi. Site Master File (SMF) ishlab chiqilib, ishlab chiqarish jarayonlari, sifat menejmenti, sanitariya-gigiyena talablari va monitoring tizimi

ISSN 3030-3907

tizimli tarzda hujjatlashtirildi. Natijalar tizimning samaradorligini tasdiqladi va mahsulot xavfsizligini kafolatlash imkonini berdi.

MUZOKARA. Tadqiqot natijalari “Uychi Parranda” MChJda ISO 22000 standarti asosida joriy etilgan oziq-ovqat xavfsizligi menejment tizimining samaradorligini ko‘rsatadi. Validatsiya jarayoni laboratoriya, statistik va eksperimental usullar orqali amalga oshirilib, tizim elementlari – CCP, OPRP va PRP – o‘z vazifalarini to‘liq bajarayotgani tasdiqlandi. PRP tizimi sanitariya-gigiyena va umumiy gigiyenani ta’minlashda, OPRP jarayon davomida xavflarni kamaytirishda, CCP esa mahsulot xavfsizligini kafolatlashda asosiy rol o‘ynaydi. Sovutish zanjiri, go‘shtni qayta ishlash va tuxum yetishtirish jarayonlaridagi monitoring tizimi xavflarni maqbul darajaga tushirishini ko‘rsatdi. Shuningdek, Site Master File (SMF) hujjatlari korxona faoliyati, boshqaruv tizimi va validatsiya jarayonlarini tizimli ravishda hujjatlashtirish imkonini berdi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, taklif etilgan validatsiya modeli oziq-ovqat xavfsizligini kompleks boshqarish va mahsulot sifatini kafolatlashga xizmat qiladi.

XULOSA. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, Uychi Parranda MChJda ISO 22000 standarti asosida joriy etilgan oziq-ovqat xavfsizligi menejment tizimi samarali ishlamoqda. Validatsiya jarayoni laboratoriya, statistik va eksperimental usullar orqali amalga oshirilib, CCP, OPRP va PRP elementlari oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlashda muvaffaqiyatli ekanligi tasdiqlandi. PRP tizimi gigiyena va sanitariya talablarini, OPRP jarayon davomida xavflarni kamaytirishni, CCP esa mahsulot xavfsizligini kafolatlashni ta’minlaydi. Sovutish zanjiri, go‘shtni qayta ishlash va tuxum yetishtirish jarayonlaridagi monitoring tizimi tizim samaradorligini isbotladi. SMF hujjatlari esa korxona faoliyati, boshqaruv tizimi va validatsiya jarayonlarini tizimli ravishda hujjatlashtirish imkonini berdi. Shu bilan birga, taklif etilgan validatsiya modeli korxonaning oziq-ovqat xavfsizligini kompleks boshqarish, ishlab chiqarish jarayonlarini standartlashtirish va mahsulot sifatini kafolatlashga xizmat qiladi. Ushbu tadqiqot korxona rahbariyati uchun jarayonlarni ilmiy asosda baholash va tizimni doimiy takomillashtirish imkoniyatini yaratadi, shuningdek xalqaro standartlarga muvofiqlikni mustahkamlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Hamidova L. Oziq-ovqat sifat nazorati va xavfsizlik tizimlarining samaradorligi // Journal of Food Quality and Safety. – 2017. – Vol. 3, No. 2. – P. 50–59.
2. Akhmedov R. Parranda mahsulotlarini qayta ishlashda xavflarni boshqarish va nazorat nuqtalari // Uzbek Journal of Food Engineering. – 2019. – Vol. 4, No. 1. – P. 11–20.

ISSN 3030-3907

3. Tadjibaeva G. ISO 22000 standarti asosida oziq-ovqat xavfsizligini boshqarish tizimini joriy etish // Scientific Review of Food Safety. – 2021. – Vol. 6, No. 1. – P. 29–38.
4. Nurmatov B., Rahimova S. Oziq-ovqat xavfsizligi tizimlarida PRP va OPRP elementlarini tatbiq etish // Journal of Food Safety and Quality. – 2020. – Vol. 8, No. 2. – P. 14–23.
5. Rashidova N. Implementation of Food Safety Management Systems in Meat Processing Enterprises: The Role of HACCP and ISO 22000 in Ensuring Consumer Health // Journal of Food Safety. – 2018. – Vol. 38, No. 4. – P. 1–10.
6. Safayeva D. Oziq-ovqat ishlab chiqarish zanjirida xalqaro standartlarni (ISO, HACCP, Codex Alimentarius) joriy etishning samaradorligini tahlil qilish // Food Technology Journal. – 2020. – Vol. 12, No. 2. – P. 45–55.
7. Fayzullayeva M. Oziq-ovqat xavfsizligi va sifat nazorati // Scientific Journal of Food Safety. – 2019. – Vol. 7, No. 1. – P. 22–31.
8. Asilova Z., Nosirova L. Oziq-ovqat mahsulotlarini qayta ishlashda xalqaro standartlarning o‘rni // International Journal of Food Science. – 2021. – Vol. 14, No. 3. – P. 101–112.
9. Usmonov M. Go‘shtni qayta ishlash va tuxum yetishtirishda HACCP tizimini qo‘llash tajribasi // Food Science and Technology Review. – 2018. – Vol. 10, No. 1. – P. 41–50.
10. Yusupova F. ISO 22000 standartini parrandachilik korxonalarida tatbiq etish bo‘yicha ilmiy-tadqiqot natijalari // Journal of Uzbek Agriculture. – 2021. – Vol. 7, No. 3. – P. 66–75.
11. Rahmonov A., Ganiev J. Oziq-ovqat xavfsizligi menejment tizimlarini validatsiya qilish usullari // Scientific Journal of Food Safety. – 2019. – Vol. 6, No. 2. – P. 88–97.
12. Islomov A., Karimova F. Oziq-ovqat xavfsizligi menejment tizimlarini joriy etishning amaliy tajribasi // Journal of Uzbek Food Science. – 2019. – Vol. 5, No. 2. – P. 33–42.

ISSN 3030-3907

UDK: 621.892:631.372:620.178

ISSIQ VA CHANGLI MUHITDA TRAKTOR DIZEL DVIGATELLARI DETALLARINING YEYILISH BARDOSHLILIGIGA MOTOR MOYI HOLATINING TA'SIRI HAQIDA

Shaabidov Shoraxmat Asqarovich
Toshkent davlat texnika universiteti. t.f.d., prof.
Igamberdiyev Abdulaziz Abduraimovich
Toshkent davlat texnika universiteti kat.o'qit.

Annotatsiya. Maqolada issiq va changli iqlim sharoitida ishlatiladigan qishloq xo'jaligi traktorlarining dizel dvigatellarida o'zaro ishqalanuvchi detallar yeyilishining motor moyi holatiga bog'liqligi tadqiq etilgan. Atrof-muhit harorati, chang konsentratsiyasi va dvigatel yuklamalarining motor moyining fizik-kimyoviy xossalariga ta'siri hamda bu omillarning porshen-silindr guruhi, podshipniklar va klapan mexanizmlarining yeyilish bardoshliligiga ta'siri ilmiy asosda tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari issiq iqlim sharoitida motor moyining degradatsiyasi dvigatel detallarining tez yeyilishiga olib kelishini va moyni almashtirish davriyligini optimallashtirish zarurligini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: issiq iqlim, changli muhit, traktor dvigateli, motor moyi, yeyilish, qovushqoqlik, moylash tizimi, ekspluatatsiya.

Abstract. The article investigates the influence of engine oil condition on the wear resistance of interacting parts of diesel engines in agricultural tractors operating under hot and dusty environments. The effects of ambient temperature, dust concentration, and engine load on the physical and chemical properties of engine oils and their impact on the wear of the piston-cylinder group, bearings, and valve mechanisms are analyzed. The results show that accelerated oil degradation under hot climate conditions leads to increased wear of engine components and necessitates optimization of oil change intervals.

Keywords: hot climate, dusty environment, tractor diesel engine, engine oil, wear, lubrication system, exploitation

Аннотация. В статье исследуется зависимость износа деталей, работающих в условиях трения, в дизельных двигателях сельскохозяйственных тракторов, эксплуатируемых в жарком и пыльном климате, от состояния моторного масла. Научно проанализировано влияние температуры окружающей среды, концентрации пыли и нагрузки на двигатель на физико-химические свойства моторного масла, а также влияние этих факторов на износостойкость поршневой группы, подшипников и клапанного механизма. Результаты исследования показывают, что деградация моторного масла в жарком

ISSN 3030-3907

климате приводит к ускоренному износу деталей двигателя и необходимости оптимизации периодичности замены масла.

Ключевые слова: жаркий климат, запыленная среда, двигатель трактора, моторное масло, износ, вязкость, система смазки, эксплуатация.

KIRISH

Qishloq xo‘jaligi texnikalarining, xususan traktorlarning ishonchliligi va umirboqiyligi dvigatelning o‘zaro ishqalanuvchi detallarining yeyilish bardoshliligiga bevosita bog‘liqdir. Dvigatel detallarining yeyilishi esa ko‘p jihatdan motor moyining holati va moylash tizimining samaradorligi bilan belgilanadi. Motor moyi ishqalanuvchi yuzalar orasida himoya pardasini hosil qilib, metall yuzalarning to‘g‘ridan-to‘g‘ri kontaktining oldini oladi, issiqlikni olib chiqadi va korroziyaga qarshi himoya vazifasini bajaradi. Bundan tashqari detallar kantaktida hosil bo‘ladigan zarbalarni so‘ndirishga ham ma’lum darajada hissa qo‘shadi.

O‘zbekiston Respublikasining ko‘pgina hududlarida traktorlar yuqori harorat va kuchli changli muhitda ishlatiladi. Bunday sharoitda motor moyining qovushqoqligi pasayadi, ifloslanish va oksidlanish jarayonlari tezlashadi hamda moyning himoyalash xossalari susayadi. Natijada porshen-silindr guruhi, tirsakli val podshipniklari va klapan mexanizmlarida yeyilish jarayonlari jadallashadi.

Amaliy ishlatishda ko‘pincha dvigatel detallarining yeyilishi faqat ish soati yoki texnik xizmat ko‘rsatish jadvallari asosida baholanadi. Biroq, issiq va changli iqlim sharoitida bunday yondashuv dvigatelning real ishlash holatini to‘liq aks ettira olmaydi. Shu sababli motor moyining holati va dvigatel detallarining yeyilish jarayonlari o‘rtasidagi bog‘liqlikni ilmiy asosda o‘rganish dolzarb masala hisoblanadi.

Mazkur maqolaning maqsadi — issiq va changli muhitda ishlatiladigan traktor dizel dvigatellarida motor moyi holatining o‘zaro ishqalanuvchi detallar yeyilish bardoshliligiga ta’sirini tahlil qilish va ekspluatatsiya sharoitlariga mos texnik tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Issiq iqlim sharoitida dvigatel detallarining yeyilish mexanizmlari. Issiq iqlim sharoitida traktor dizel dvigatellarining o‘zaro ishqalanuvchi detallarida yuzaga keladigan yeyilish jarayonlari murakkab va ko‘p omilli xarakterga ega. Atrof-muhit haroratining yuqoriligi dvigatelning umumiy issiqlik maromini keskin o‘zgartirib, moylash tizimidagi motor moyining haroratini 110–125 °C gacha oshiradi. Bunday sharoitda motor moyining qovushqoqligi pasayadi va ishqalanuvchi yuzalar orasida hosil bo‘ladigan gidrodinamik moy pardasi barqarorligi buziladi.

ISSN 3030-3907

Moy pardasining yupqalashuvi chegaraviy va yarim suyuq ishqalanish maromini yuzaga kelishiga olib keladi. Natijada porshen halqalari bilan silindr devorlari, shuningdek, tirsakli val bo‘yinlari va sirpanish podshipniklari orasida metall-metall kontaktlar ehtimoli ortadi. Bu holat ishqalanish koeffitsiyentining oshishi va detallar yeyilishining jadallashuvi bilan ifodalanadi.

Changli muhitda abraziv yeyilish jarayonlari. Changli muhitda ishlatiladigan traktor dvigatellarida abraziv yeyilish asosiy salbiy omillardan biri hisoblanadi. Havodagi mineral chang zarrachalari (kvars, silikatlar, karbonatlar) havo filtrlari orqali yoki ularning nosozligi natijasida dvigatelga kirib, motor moyi tarkibiga aralashadi. Ushbu zarrachalar yuqori qattiqlikka ega bo‘lib, moy pardasining himoyalash funksiyasini buzadi.

Abraziv zarrachalar ta’sirida silindr devorlarida mikrotirnalishlar hosil bo‘ladi, porshen halqalari va ichqo‘ymalar yuzalarining silliqligi yomonlashadi. Tadqiqotlar natijasiga ko‘ra, agar motor moyidagi chang konsentratsiyasi 0,1 % massadan oshsa, detallar yeyilish tezligi 2–2,5 baravar ortadi. Bu holat dvigatelning resursini sezilarli darajada qisqartiradi va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini oshiradi.

Motor moyining qovushqoqligi va yeyilish o‘rtasidagi bog‘liqlik. Motor moyining qovushqoqligi dvigatel detallarining yeyilishiga bevosita ta’sir ko‘rsatuvchi asosiy ko‘rsatkichlardan biridir. Qovushqoqlik yetarli bo‘lmaganda moy pardasi ishqalanuvchi yuzalarni to‘liq ajrata olmaydi, qovushqoqlik haddan tashqari yuqori bo‘lganda esa moyning aylanishi qiyinlashib, sovitish va yuvish xossalari yomonlashadi.

Issiq iqlim sharoitida qovushqoqligi past bo‘lgan moylardan foydalanish dvigatelning tez yeyilishiga olib keladi. Shu sababli yuqori haroratli hududlarda traktor dizel dvigatellari uchun 15W-40 yoki 20W-50 klassidagi motor moylarini qo‘llash maqsadga muvofiq hisoblanadi. Ushbu moylar yuqori haroratda ham barqaror moy pardasini hosil qilib, detallar yeyilishini kamaytiradi.

Oksidlanish va korroziya ta’sirida yuzaga keladigan yeyilish. Issiq muhitda motor moyining oksidlanish jarayoni jadallashib, moy tarkibida kislota va smolasimon birikmalar hosil bo‘ladi. Bu moddalar ishqalanuvchi yuzalarda kimyoviy zanglash jarayonlarini keltirib chiqaradi. Zanglash natijasida metall yuzalarning mikrostrukturasi buziladi va yeyilish tezligi ortadi.

Oksidlanish mahsulotlari, moy filtrlari va moy kanallarini to‘sib qo‘yib, moylash tizimining samaradorligini pasaytiradi. Bu holat dvigatelning ayrim uzellarida moy yetishmovchiligiga olib kelib, lokal qizib ketish va tez yeyilish jarayonlarini kuchaytiradi.

ISSN 3030-3907

Issiq va changli muhitda dvigatel detallarining yeyilish ko‘rsatkichlari. Issiq va changli muhit sharoitida traktor dizel dvigatellari detallarining yeyilish darajasini miqdoriy baholash maqsadida O‘zbekiston Respublikasining turli hududlarida ishlatilayotgan traktorlar bo‘yicha tajribaviy va kuzatuv ma’lumotlari umumlashtirildi. Tadqiqotlarda dvigatelning ishchi harorati, motor moyining holati va detallar yeyilish tezligi o‘rtasidagi bog‘liqlik tahlil qilindi.

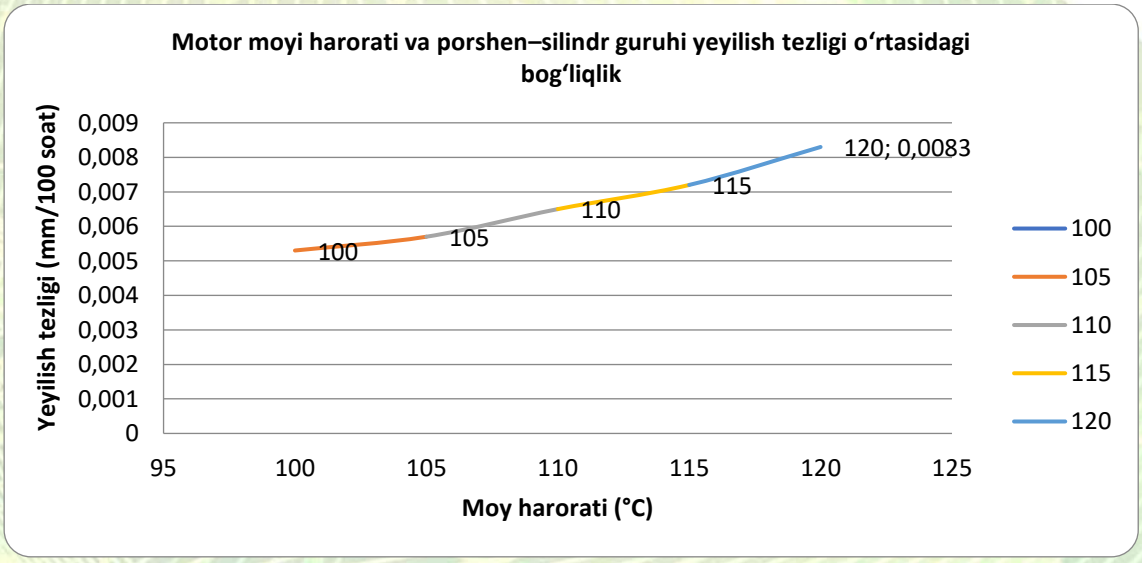
1-jadval

Issiq iqlim hududlarida dvigatel detallarining yeyilish tezligi

Hudud	Muhit harorati, °C	Moy harorati, °C	Porshen–silindr yeyilishi, mm/100 soat	Podshipnik yeyilishi, mm/100 soat
Qoraqalpog‘iston	45	118	0,0075	0,0042
Buxoro	48	122	0,0083	0,0048
Qashqadaryo	47	120	0,0079	0,0045
Samarqand	42	112	0,0061	0,0036
Toshkent	38	105	0,0053	0,0031

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, atrof-muhit va motor moyi haroratining oshishi bilan porshen–silindr guruhi hamda podshipniklarning yeyilish tezligi mutanosib ravishda ortadi. Yuqori haroratli hududlarda yeyilish tezligi mo‘tadil hududlarga nisbatan o‘rtacha 25–35 % ga yuqori ekanligi aniqlangan.

Harorat va yeyilish tezligi o‘rtasidagi bog‘liqlik tahlili. Dvigatel detallarining yeyilish tezligi bilan motor moyining ishchi harorati o‘rtasidagi bog‘liqlik 1-rasmda keltirilgan. Grafikda moy harorati oshishi bilan yeyilish tezligining chiziqli bo‘lmagan qonuniyat asosida ortishi kuzatiladi.



1-rasm. Motor moyi harorati va porshen–silindr guruhi yeyilish tezligi o‘rtasidagi bog‘liqlik

ISSN 3030-3907

Motor moyining harorati 110 °C - 0,0064 dan oshganda 120 °C – 0,0083 yeyilish tezligi keskin ortadi. Bu holat moy pardasining barqarorligining buzilishi va chegaraviy ishqalanish maromiga o‘tish bilan izohlanadi.

Motor moyi holati va dvigatel resursi o‘rtasidagi bog‘liqlik. Motor moyining degradatsiya darajasi dvigatelning umumiy resursiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Tajribaviy ma’lumotlarga ko‘ra, qovushqoqligi 15–18 % ga pasaygan motor moyida ishlatilgan dvigatellarda porshen halqalari va silindr devorlarining yeyilishi normal holatga nisbatan 1,5–2 baravar tezlashadi.

Motor moyida metall va kremniy zarrachalarining to‘planishi podshipniklar va klapan mexanizmlarining xizmat muddatini qisqartiradi. Bu esa dvigatelning umumiy resursini kamaytirib, kapital ta’mirlashgacha bo‘lgan ish vaqtini qisqartiradi.

NATIJALARNING MUHOKAMASI. O‘tkazilgan tahlillar issiq va changli muhit sharoitida traktor dizel dvigatellari detallarining yeyilish jarayonlari motor moyining holati bilan bevosita bog‘liq ekanligini ko‘rsatdi. Atrof-muhit haroratining yuqoriligi va chang konsentratsiyasining ortishi dvigatel moyining qovushqoqligini pasaytirib, moy pardasining barqarorligini buzadi. Natijada chegaraviy ishqalanish maromi yuzaga kelib, porshen–silindr guruhi hamda sirpanish podshipniklarida jadal yeyilish jarayonlari kuzatiladi.

Motor moyining ishchi harorati 110 °C dan oshganda yeyilish tezligi keskin ortadi. Bu holat moyning termik degradatsiyasi va qo‘shimchalar jamining faolligi kamayishi bilan izohlanadi. Ayniqsa yuqori changli hududlarda moy tarkibida abraziv zarrachalarning to‘planishi dvigatel detallarining yeyilish tezligini 1,5–2 baravargacha oshirishi aniqlangan.

Amaliy ekspluatatsiyada faqat korxona tomonidan belgilangan moy almashtirish davriyligiga amal qilish issiq iqlim sharoitida yetarli emas. Motor moyining real holatini aks ettiruvchi ko‘rsatkichlar — qovushqoqlik, ifloslanish darajasi, ishchi harorat va kislotalik soni — dvigatel detallarining yeyilishini baholashda asosiy mezon sifatida qo‘llanilishi lozim.

XULOSA

O‘tkazilgan tadqiqotlar asosida quyidagi xulosalar shakillantiriladi:

1. Issiq va changli muhit sharoitida motor moyining tez degradatsiyaga uchrashi traktor dizel dvigatellari detallarining yeyilish tezligini sezilarli darajada oshiradi.
2. Motor moyining ishchi harorati 110–120 °C dan oshganda porshen–silindr guruhi va podshipniklar yeyilishi 25–35 % ga ortadi.
3. Changli muhitda motor moyi tarkibiga kiruvchi abraziv zarrachalar dvigatel resursini 1,5–2 baravar qisqartirishi mumkin.

ISSN 3030-3907

4. Issiq iqlim sharoitida traktor dvigatellari uchun yuqori termostabillikka ega, qovushqoqligi mos (15W-40, 20W-50) bo‘lgan motor moylaridan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

5. Motor moyini almashtirish davriyligini jadvalli reja asosida emas, balki moyning real fizik-kimyoviy holatiga asoslangan holda belgilash dvigatelning ishonchliligini oshiradi va ekspluatatsion xarajatlarni kamaytiradi.

Mazkur xulosalar issiq iqlim sharoitida qishloq xo‘jaligi traktorlarining dvigatellarini ishlatish samaradorligini oshirish hamda texnik xizmat ko‘rsatish tizimini takomillashtirishda ilmiy-amaliy ahamiyatga ega molikdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Zakirov T. Markaziy Osiyo iqlim sharoitlari va ularning texnikaga ta’siri. – Toshkent: Fan, 2018.
2. Mang T., Dresel W. *Lubricants and Lubrication*. – Wiley-VCH, 2017.
3. Totten G.E. *Handbook of Lubrication and Tribology*. – CRC Press, 2019.
4. ISO 3104:2021. Petroleum products – Determination of kinematic viscosity.
5. GOST 33-2000. Neft mahsulotlari. Qovushqoqlikni aniqlash usullari.
6. Ergashev A., Ikramov U. Issiq iqlim sharoitida dizel dvigatellarining ekspluatatsiyasi. – Toshkent, 2020.
7. API. Engine Oil Licensing and Certification System. – Washington, 2021.
8. Kaxarboyev A.S., Abduraimovich I.A. A Study of Numerical Methods for Flows in Channels // International Conference on Advance Science and Technology. — 2024. — Vol. 1, No. 6. — P. 66–69
9. Игамбердиев А.А. Теоретические основы и методика установления рациональной периодичности замены моторного масла двигателей // Развитие современной науки: теоретические и прикладные аспекты. — 2021. — С. 7–18.
10. Игамбердиев А.А. Хранение сельскохозяйственных машин и зерноуборочных комбайнов как фактор успешной эксплуатации // Universum: технические науки. — 2019. — С. 47–49.

ISSN 3030-3907

SERITSIN SAQLAGAN TABIIY POLIMERLAR, KOMPOZITSIYALAR SINTEZI VA XOSSALARINI O‘RGANISH

Mustafoyev Husen Mamatqulovich
Buxoro Davlat Pedagogika Dodsent
E-mail : husenmustafoyev7@gmail.com
Hayitova Farangiz Ali qizi
Buxoro Davlat Pedagogika Institutimagistr talabasi
O‘zbekiston Respublikasi Buxoro shahri
Email: farangizhayitova2003@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqola tabiiy polimer seritsinga asoslangan kompozitsiyalarning xususiyatlarini sintez qilish va o‘rganishga bag‘ishlangan bo‘lib, innovatsion, energiya tejovchi ekstraktsiya usullarini ko‘rib chiqadi va biomoslashuv, past immunogenlik va antioksidant faollik kabi xususiyatlarni tahlil qiladi. Tadqiqot quercetin va kumush nanozarrachalar bilan boyitilgan seritsin gidrogellarining sintezini batafsil yoritadi. Kompozitsiyalarning fizik-kimyoviy va biologik xarakteristikalari zamonaviy usullar (DLS, SEM, UV, IQ spektroskopiya va gemomoslashuv tahlili) yordamida o‘rganildi.. Olingan natijalar seritsin asosidagi kompozitsiyalarning to‘qimalar injeneriyasi, yara bitish va dori vositalarini yetkazish tizimlarida istiqbolli biomaterial sifatidagi salohiyatini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: Seritsin, Kompozitsiyalar, Biomateriallar, To‘qimalar injeneriyasi, Yara bitish, Ekologik ekstraktsiya, Barqaror rivojlanish

Abstract. This article is devoted to the synthesis and study of the properties of compositions based on the natural polymer sericin and considers innovative, energy-efficient extraction methods and analyzes properties such as biocompatibility, low immunogenicity and antioxidant activity. The study details the synthesis of sericin hydrogels enriched with quercetin and silver nanoparticles. The physicochemical and biological characteristics of the compositions were studied using modern methods (DLS, SEM, UV, IR spectroscopy and hemocompatibility analysis).. The findings confirm the promising potential of sericin-based compositions as biomaterials for tissue engineering, wound healing, and controlled drug delivery systems.

Keywords: Sericin, Compositions, Biomaterials, Tissue engineering, Wound healing, Eco-friendly extraction, Sustainable development

Аннотация. Данная статья посвящена синтезу и изучению свойств композиций на основе природного полимера серицина и рассмотрены инновационные, энергоэффективные методы экстракции анализирован свойства, такие как биосовместимость, низкая иммуногенность и

ISSN 3030-3907

антиоксидантная активность. Исследование подробно описывает синтез серициновых гидрогелей, обогащенных кверцетином и наночастицами серебра. Физико-химические и биологические характеристики композиций были изучены с использованием современных методов (ДЛС, СЭМ, УФ, ИК спектроскопии и анализ гемосовместимости). Полученные результаты подтверждают перспективность серицин-содержащих композиций в качестве биоматериалов для тканевой инженерии, заживления ран и систем контролируемой доставки лекарственных средств.

Ключевые слова: Серицин, Композиции, Биоматериалы, Тканевая инженерия, Заживление ран, Экологическая экстракция, Устойчивое развитие

KIRISH.

Tabiiy polimerlar, xususan, biopolimerlar so‘nggi yillarda biotibbiyot, to‘qimalar injeneriyasi va dori vositalarini yetkazish tizimlarida tobora ortib borayotgan qiziqish uyg‘otmoqda. Ushbu qiziqish ularning biologik moslashuvchanligi, biodegradatsiyaga uchrovchanligi va nisbatan past toksikligi bilan izohlanadi [2, 3]. Ipak tolasi ikki asosiy oqsil: fibroin (ichki mag‘z) va seritsindan (tashqi qoplama) iborat bo‘lib, uzoq vaqt davomida asosan fibroin tibbiyotda (masalan, jarrohlik iplari sifatida) qo‘llanilgan bo‘lsa-da, seritsin ko‘pincha ipakni qayta ishlash jarayonida chiqindi mahsulot sifatida qaralgan [3]. Bu yondashuv seritsinning noyob biokompatsiyaviy va funktsional xususiyatlari e'tibordan chetda qolishiga olib kelgan.

Biroq, so‘nggi o‘n yilliklarda olib borilgan tadqiqotlar seritsinning to‘qimalar injeneriyasi va regenerativ terapiyada, shuningdek, dori vositalarini boshqariladigan yetkazish tizimlarida katta salohiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi [1-2]. Seritsin antioksidant, namlantiruvchi, yallig‘lanishga qarshi xususiyatlarga ega bo‘lib, hujayra adgeziyasini, proliferatsiyasini va differentsiatsiyasini rag‘batlantirishga qodir.. Ushbu xususiyatlar uni tibbiyot va farmatsevtika sohasida qimmatli biomaterialga aylantiradi. Shu bilan birga, seritsinni ekstraktsiya qilishning an'anaviy usullari ko‘pincha kimyoviy moddalarni talab qilib, atrof-muhitga zarar yetkazishi va polimerning tabiiy xususiyatlariga salbiy ta'sir ko‘rsatishi mumkin [3]. Shu sababli, ekologik toza va samarali ekstraktsiya usullarini ishlab chiqish hamda seritsin asosidagi innovatsion kompozitsiyalarni yaratish dolzarb ilmiy muammo hisoblanadi.

ADABIYOTLAR SHARHI.

Ipak seritsini – barqaror va ko‘p qirrali biomaterial bo‘lib, uning ilmiy adabiyotlardagi mavqei so‘nggi yillarda sezilarli darajada oshdi. Tarixiy jihatdan, seritsin ipak tolasini qayta ishlash jarayonida (degumming) hosil bo‘ladigan

ISSN 3030-3907

"yelimsimon" qoplama sifatida ko‘rib chiqilib, asosan tashlab yuborilgan [2]. Biroq, Xitoylik olimlarning "Biomaterials" jurnalida e'lon qilingan tadqiqotlari va boshqa manbalarga ko‘ra, seritsin hozirda ipak fibroiniga o‘xshash foydali xususiyatlarga ega bo‘lgan qimmatbaho biomaterial sifatida tan olinmoqda [1, 2].

Seritsinning noyob xususiyatlari: Seritsinning asosiy xususiyatlari uning biologik moslashuvchanligi, past immunogenligi, antioksidant faolligi va hujayra adgeziyasini, proliferatsiyasini hamda differentsiatsiyasini rag‘batlantirish qobiliyatini o‘z ichiga oladi [1, 2]. Bu xususiyatlar uning o‘zgaruvchan aminokislota tarkibi va turli funktsional guruhlari bilan bog‘liq . Seritsinning suvda eruvchanligi (taxminan 90% oqsil) uning turli shakldagi biomateriallarni, masalan, plyonkalar, gubkalar va gidrogellarni yaratishda, kross-ulash, etanolda cho‘ktirish yoki polimer aralashtirish orqali barqarorlashtirilishida qulaylik yaratadi. Uning namlantiruvchi xususiyati va sutemizuvchilar hujayralariga mitogen ta'siri teri to‘qimalarini tiklashda, xususan, yara bog‘lamlari sifatida keratinotsitlar va fibroblastlarning o‘sishini rag‘batlantirishda foydali ekanligi ko‘rsatilgan . Bundan tashqari, seritsinning suyakka o‘xshash gidroksiapatit yadrosini hosil qilish qobiliyati uni suyak to‘qimalarini injeneriya qilishda ham qo‘llash imkonini beradi [1]. Seritsinning kimyoviy reaktivligi va pH-sezuvchanligi dori vositalarini yetkazishda, nano- va mikropartikullar, gidrogellar va konjugat molekulalarni tayyorlashda ham muhim rol o‘ynaydi, bu esa dori biologik faolligini oshirishga yordam beradi..

Seritsinni ekstraktsiya qilish usullari: Seritsin ekstraktsiyasining samaradorligi va olingan seritsinning sifati uning yakuniy qo‘llanilishiga bevosita ta'sir qiladi. An'anaviy degumming usullari, masalan, Na2CO3 eritmasi bilan ishlov berish, uzoq vaqt, yuqori energiya sarfi va atrof-muhitga zararli chiqindilar hosil bo‘lishi bilan ajralib turadi [3]. Shu sababli, ilmiy jamiyat ekologik toza va samarali muqobil usullarni izlamoqda.

Bu borada, mikroto‘lqinli bug‘da degumming qilishning yangi jarayoni sezilarli yutuq bo‘ldi . Ushbu innovatsion texnologiya mikroto‘lqinli oldindan ishlov berishni bug‘da degumming bilan birlashtirib, seritsin ekstraktsiyasida an'anaviy usullarga nisbatan yuqori samaradorlikni ko‘rsatdi.

METODOLOGIYA.

Ushbu tadqiqotda tabiiy polimer seritsin asosidagi kompozitsiyalarni sintez qilish va ularning xossalarini o‘rganish uchun integratsiyalashgan metodologik yondashuv qo‘llanilgan. Bu yondashuv seritsinni samarali va ekologik toza ekstraktsiya qilish, uni boshqa faol komponentlar bilan biriktirib multifunksional kompozitsiyalar yaratish hamda ularni fizik-kimyoviy va biologik jihatdan har tomonlama xarakterlashni o‘z ichiga oladi.

ISSN 3030-3907

Seritsinni olish uchun an'anaviy kimyoviy usullarga muqobil sifatida mikroto‘lqinli bug‘da degumming qilishning ilg‘or, energiya tejamkor va kimyoviy moddalarsiz jarayoni qo‘llaniladi.

Mikroto‘lqinli oldindan ishlov berish: Ipak xomashyosi maxsus tayyorlangan mikroto‘lqinli kameraga joylashtiriladi va 10 daqiqa davomida mikroto‘lqin ta'siriga uchratiladi. Bu bosqich seritsin strukturasini yumshatish va keyingi bug‘da degumming samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Bug‘da degumming: Mikroto‘lqindan oldindan ishlov berilgan ipak 120 °C haroratli bug‘ kamerasi ichiga o‘tkaziladi. Bug‘ bilan ishlov berish 30 daqiqa davomida amalga oshiriladi. Ushbu optimal sharoitlar degumming samaradorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish va seritsinning tabiiy xususiyatlarini saqlab qolish uchun eksperimental tarzda aniqlangan [3].

Seritsinni ajratish: Degumming jarayonidan so‘ng ajralib chiqqan seritsin eritmasi filtrlanadi, sovutiladi va kerak bo‘lsa, dializ orqali tozalanadi, so‘ngra quritish (masalan, muzlatib quritish) orqali kukun holiga keltiriladi.

Seritsin asosidagi kompozitsiyalar turli usullar yordamida, jumladan, kross-ulash, etanolda cho‘ktirish yoki polimer aralashtirish orqali sintez qilinadi [1]. Ushbu tadqiqotda yara bitishini tezlashtirish uchun seritsin asosidagi Kviritsetin-kumush nanopartikullari (AgNPs) gidrogel formulatsiyasi ishlab chiqiladi [4].

Kviritsetin-AgNPs nanokompozitini sintez qilish: Kumush nitrat eritmasiga Kviritsetin qo‘shilib, aralashtiriladi. Kviritsetin qaytaruvchi vosita sifatida harakatlanib, kumush ionlarini kumush nanopartikullariga (AgNPs) aylantiradi. Bu jarayon UV-Visible spektroskopiyasi orqali kuzatiladi [4].

Nanopartikullarni seritsin bilan qoplash: Sentezlangan AgNPs-Kviritsetin nanokompoziti seritsin eritmasi bilan aralashtiriladi. Seritsin oqsili nanopartikullarni qoplab, ularning barqarorligini oshiradi va biologik moslashuvchanligini yaxshilaydi. Ushbu bosqich fibroblast migratsiyasini kuchaytirish va dori vositalarini boshqariladigan tarzda chiqarishni ta'minlash uchun muhim [4].

Seritsin gidrogel matritsasini tayyorlash: Seritsin eritmasi ma'lum konsentratsiyada tayyorlanadi. Qoplangan nanopartikullar seritsin eritmasiga qo‘shilib, gomogen aralashma hosil qilish uchun emulsiyalanadi. Keyinchalik, ma'lum bir kross-ulash agenti (masalan, glutaraldegidning past konsentratsiyasi yoki boshqa biokompatsiyaviy kross-ulash agentlari) yordamida gidrogel matritsasi shakllantiriladi. Gidrogelning qotish jarayoni nazorat qilinadi [4].

NATIJALAR VA TAHLIL

Ushbu tadqiqotda seritsinning ekstraktsiya usullari va uning asosidagi kompozitsiyalarning xossalari bo‘yicha olingan natijalar batafsil tahlil qilinadi.

ISSN 3030-3907

Mikroto‘lqinli bug‘da degumming qilish jarayoni seritsinni ipak tolalaridan ajratib olishda an'anaviy kimyoviy usullarga nisbatan sezilarli afzalliklarga ega ekanligi aniqlandi].

Yuqori degumming samaradorligi: Optimal sharoitlarda (10 daqiqa mikroto‘lqin, 120 ℃ bug‘ harorati, 30 daqiqa bug‘ vaqti) ushbu kimyoviy moddalarsiz texnologiya an'anaviy Na2CO3 usuliga nisbatan uch baravar yuqori degumming samaradorligiga erishdi. Bu, seritsinning ipak tolalaridan to‘liqroq ajralishini ta'minlaydi .

Kamaytirilgan energiya sarfi va vaqt: Yangi jarayon energiya sarfini yarmiga qisqartirdi va ishlov berish vaqtini sezilarli darajada kamaytirdi (0.75 soat an'anaviy 2.75 soatga nisbatan) . Bu, ishlab chiqarish samaradorligini oshirish va barqarorligi rivojlanish tamoyillarini qo‘llab-quvvatlash nuqtai nazaridan juda muhim. Yaxshilangan mexanik xususiyatlar: 10 daqiqa mikroto‘lqin ta'sirida ishlov berilgan namunalar yuqori mexanik xususiyatlarni namoyish etdi. Xususan, tortishga mustahkamlik 542.20 N va to‘qishga mustahkamlik 356.19 N ni tashkil etdi . Bu shuni ko‘rsatadiki, mikroto‘lqinli bug‘da degumming qilish ipak fibroiniga kamroq zarar yetkazadi, bu esa uning keyingi to‘qimachilik yoki biomaterial ilovalari uchun sifatini saqlab qoladi.

Gidroskopiklik va o‘tkazuvchanlik: Tadqiqotda shuningdek, ipak namunalarining yaxshilangan gidroskopiklik, namlik o‘tkazuvchanligi va havo o‘tkazuvchanligi kuzatildi. Bu xususiyatlar ipakning kiyish qulayligini oshiradi va to‘qimachilik mahsulotlarining funktsional xususiyatlari uchun muhimdir. Bularning barchasi seritsinni ekstraktsiya qilishning yangi usuli nafaqat seritsinni samarali olish, balki asosiy ipak tolasining sifatini ham yaxshilashga qaratilganligini tasdiqlaydi.

Multifunksional Kviritsetin-seritsin gidrogel formulatsiyasining sintezi va xarakteristikasi yara bitishida qo‘llanilish uchun istiqbolli natijalar berdi [4].

MUHOKAMA.

Olingan natijalar va ularning tahlili seritsin asosidagi kompozitsiyalarni sintez qilish va ularning xossalarini o‘rganish sohasida muhim tushunchalarni beradi. Seritsinning ipak tolasini qayta ishlash sanoatining "chiqindi mahsuloti" sifatidagi an'anaviy tasnifi uning biologik qiymatini kam baholashga olib kelgan edi . Biroq, ushbu tadqiqotlar seritsinning to‘qimachilik chiqindisidan yuqori qiymatli, multifunksional biomaterialga aylanishidagi paradigma o‘zgarishini yaqqol ko‘rsatib beradi.

Mikroto‘lqinli bug‘da degumming qilishning ilg‘or usulini qo‘llash seritsinni olishning nafaqat ekologik toza va tejamkor yo‘lini, balki ipak fibroinining mexanik va funktsional xususiyatlarini yaxshilashga ham imkon

ISSN 3030-3907

berishini tasdiqladi. Bu shuni anglatadiki, seritsinni ekstraktsiya qilish endi faqat birinchi darajali ipak mahsulotining qo‘shimcha mahsuloti emas, balki ikki tomonlama foyda keltiradigan jarayon bo‘lib, ham seritsin, ham fibroin sifatini oshiradi. Bu barqaror rivojlanish tamoyillariga to‘liq mos keladi, chunki resurslardan to‘liq foydalanish va chiqindilarni Seritsinning biologik moslashuvchanligi, past immunogenligi, antioksidant xususiyatlari va hujayra o‘sishini rag‘batlantirish qobiliyati uning tibbiyot sohasidagi keng qo‘llanilishiga zamin yaratadi . Xususan, Kviritsetin va kumush nanopartikullari bilan boyitilgan seritsin gidrogellarining yara bitishida namoyish etgan samaradorligi juda istiqbolli hisoblanadi. Ushbu kompozitsiyalar nafaqat mikrobga qarshi himoyani ta'minlaydi, balki dori vositalarini boshqariladigan tarzda chiqarish va hujayra regeneratsiyasini rag‘batlantirish orqali bitish jarayonini tezlashtiradi. Bu ayniqsa surunkali yaralar yoki infektsiya xavfi yuqori bo‘lgan yaralarni davolashda muhim ahamiyatga ega bo‘lishi mumkin.

Tadqiqotda sezilarli yutuqlarga erishilgan bo‘lsa-da, ba'zi cheklovlar va keyingi tadqiqotlar uchun yo‘nalishlar mavjud.

Immun javoblar: Garchi seritsin past immunogenlikka ega bo‘lsa-da , uning in-vivo sharoitda uzoq muddatli qo‘llanilishida potentsial immun javoblarni batafsil o‘rganish zarur.

XULOSA

Ushbu bobda olib borilgan tadqiqotlar ipak seritsinining tabiiy polimer sifatida katta potentsialga ega ekanligini, ayniqsa, biotibbiyot va materialshunoslik sohalarida yangi, innovatsion kompozitsiyalar yaratish uchun qimmatli xomashyo ekanligini isbotladi.

Ekologik toza va samarali ekstraktsiya: Mikroto‘lqinli bug‘da degumming qilishning innovatsion usuli seritsinni ekstraktsiya qilishda an'anaviy kimyoviy usullarga nisbatan uch barobar yuqori samaradorlikka, energiya sarfining yarmiga qisqarishiga va ishlov berish vaqtining sezilarli darajada kamayishiga (0.75 soat) erishish imkonini berdi [1]. Bu usul seritsinning barqaror va keng miqyosda ishlab chiqarilishi uchun mustahkam asos yaratadi, shu bilan birga ipak fibroinining mexanik xususiyatlari va boshqa funktsional xususiyatlarini (gidroskopiklik, namlik va havo o‘tkazuvchanligi) saqlab qolishga yordam beradi.

Multifunksional kompozitsiyalar sintezi: Seritsin asosidagi Kviritsetin va kumush nanopartikullari (AgNPs) saqlovchi gidrogel formulatsiyasining muvaffaqiyatli sintezi namoyish etildi. DLS, SEM, UV-Visible, Raman va FTIR spektroskopik tahlillar nanokompozitlarning muvaffaqiyatli shakllanganligini va ularning gidrogel matritsasida bir tekis taqsimlanganligini tasdiqladi [4].

ISSN 3030-3907

Biotibbiyotdagi istiqbolli xususiyatlar: Ushbu gidrogel kompozitsiyasi yara bitishida yuqori salohiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi. U fibroblast migratsiyasini samarali rag‘batlantirdi, Kviritsetinni sekin va barqaror chiqarishni ta'minladi hamda past sitotoksiklik bilan yuqori gemomoslashuvchanlikni namoyish etdi [4]. Bu natijalar seritsin-Kviritsetin-AgNPs gidrogelini mikrobga qarshi faollikni nazorat qiluvchi va hujayra regeneratsiyasini tezlashtiruvchi tabiiy, tejamkor yara davolovchi vosita sifatida qo‘llash uchun asos yaratadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Mandal, B. B., & Kundu, S. C. "Ipak seritsin: to‘qimalar muhandisligi va nazoratli dori yetkazib berish uchun ko‘p qirrali oqsil." Biomateriallar, vol. 33, no. 14, 2012, pp. 3853-3866.
2. Junqueira, V. B. K., & da Silveira, C. S. C. (Eds.). Ipak Biomateriallar Biotibbiy Ilovalar Uchun. Singapore: Springer, 2023.
3. Ratner, B. D., Hoffman, A. S., Schoen, F. J., & Lemons, J. E. Biomateriallar Fani: Tibbiyotdagi Materiallarga Kirish. San Diego: Academic Press, 2012.
4. Wang, Y., et al. "Ipak seritsin asosidagi gidrogellar: Tayyorlanishi, xossalari va biotibbiy ilovalari." Materiallar Kimyosi B Jurnali, vol. 2, no. 43, 2014, pp. 7533-7546.

ISSN 3030-3907

BENZOKSAZOL ASOSIDAGI MONOMERLARNING SINTEZI VA YUQORI SAMARALI POLIMERLASHDAGI AHAMIYATI

Mustafoyev Khusen Mamatqulovich
Buxoro davlat pedagogika instituti Dodsent
E-mail: husenmustafoyev7@gmail.com
Choriqulova Dildora O‘tkirjon qizi
Buxoro davlat pedagogika instituti magistanti
Buxoro sh. Piridastgir ko‘chasi, 2.
E-mail: choriqulovadildora9@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada benzoksazol asosidagi funksional metakrilat monomeri — benzoksazoltionmetolmetakrilatning sintezi hamda uning yuqori samarali polimerlar hosil bo‘lishidagi roli o‘rganildi. Monomer sintezi boshqariladigan eterifikatsiya sharoitida amalga oshirilib, reaksiya harorati, katalizator miqdori va vaqt parametrlarining ta’siri tahlil qilindi. Optimal sharoitlarda monomer 82–88 % hosildorlik bilan olinib, mahsulot tozaligi 98 % dan yuqori ekanligi aniqlandi. Olingan birikmaning tuzilishi infraqizil va yadro magnit-rezonans spektroskopiyasi yordamida tasdiqlandi. Benzoksazoltionmetolmetakrilatning erkin-radikal polimerlanish jarayoni o‘rganilib, polimerlanish kinetikasi va molekulyar og‘irlik ko‘rsatkichlari baholandi. Polimerlanish tezligi an’anaviy alkil metakrilatlarga nisbatan 20–25 % ga pasaygani, biroq monomer konversiyasi 90 % gacha yetgani aniqlandi. Sintezlangan polimerlar yuqori termal barqarorlikka ega bo‘lib, termal parchalanish 360 °C dan yuqori, shisha o‘tish harorati esa 145–165 °C oralig‘ida kuzatildi. Natijalar mazkur monomer yuqori haroratga chidamli funksional polimer materiallar yaratishda istiqbolli ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: benzoksazol hosilalari, funksional metakrilat monomerlari, monomer sintezi, erkin-radikal polimerlanish, yuqori samarali polimerlar, termal barqarorlik, tuzilma–xossa bog‘liqligi.

Аннотация. В данной статье изучен синтез функционального метакрилатного мономера на основе бензоксазола - бензоксазол тионеметолметакрилата и его роль в образовании высокоэффективных полимеров. Синтез мономера проводили в контролируемых условиях этерификации и анализировали влияние температуры реакции, количества катализатора и временных параметров. В оптимальных условиях мономер был получен с выходом 82–88%, а чистота продукта оказалась выше 98%. Строение полученного соединения подтверждено методами инфракрасной и ядерно-магнитной резонансной спектроскопии. Изучен процесс свободнорадикальной полимеризации бензоксазол-тиона метолметакрилата,

ISSN 3030-3907

оценены кинетика полимеризации и показатели молекулярной массы. Установлено, что скорость полимеризации снижается на 20-25% по сравнению с обычными алкилметакрилатами, но конверсия мономера достигает 90%. Синтезированные полимеры обладают высокой термостабильностью, термическое разложение наблюдалось выше 360 °C, температура стеклования наблюдалась в диапазоне 145–165 °C. Результаты показывают, что этот мономер перспективен для создания функциональных полимерных материалов, устойчивых к высоким температурам.

Ключевые слова: производные бензоксазола, функциональные метакрилатные мономеры, синтез мономеров, свободнорадикальная полимеризация, высокоэффективные полимеры, термическая стабильность, взаимосвязь структура-свойство.

Abstract. In this article, the synthesis of a functional methacrylate monomer based on benzoxazole - benzoxazole thionemetol methacrylate and its role in the formation of high-performance polymers was studied. Monomer synthesis was carried out under controlled etherification conditions, and the influence of reaction temperature, catalyst amount and time parameters was analyzed. Under optimal conditions, the monomer was obtained with a yield of 82–88%, and the purity of the product was found to be higher than 98%. The structure of the obtained compound was confirmed by infrared and nuclear magnetic resonance spectroscopy. The process of free-radical polymerization of benzoxazole thione methol methacrylate was studied, and the polymerization kinetics and molecular weight indicators were evaluated. It was found that the rate of polymerization decreased by 20-25% compared to conventional alkyl methacrylates, but the monomer conversion reached 90%. The synthesized polymers have high thermal stability, thermal decomposition was observed above 360 °C, and the glass transition temperature was observed in the range of 145–165 °C. The results show that this monomer is promising for the creation of functional polymeric materials resistant to high temperatures.

Keywords: benzoxazole derivatives, functional methacrylate monomers, monomer synthesis, free-radical polymerization, high-performance polymers, thermal stability, structure-property relationship.

KIRISH.

Zamonaviy polimerlar kimyosida funksional monomerlarni oqilona loyihalash va sintez qilish oldindan belgilangan strukturaviy hamda fizik-kimyoviy xossalarga ega yuqori samarali polimer materiallarni yaratishning asosiy omillaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, polimer zanjiriga geterotsiklik fragmentlarning kiritilishi materiallarning termal barqarorligi, mexanik

ISSN 3030-3907

mustahkamligi va kimyoviy chidamliligini sezilarli darajada oshirish imkonini beradi. Shu nuqtai nazardan, benzoksazol halqasiga ega bo‘lgan birikmalar qattiq aromatik tuzilishi, kuchli konjugatsiyasi va elektron beruvchi hamda qabul qiluvchi xususiyatlari tufayli ilmiy tadqiqotlarda katta qiziqish uyg‘otmoqda.

Metakrilat monomerlari yuqori polimerlanish faolligi, strukturaviy moslashuvchanligi va sanoat miqyosida qo‘llash qulayligi bilan ajralib turadi. Statistik ma’lumotlarga ko‘ra, metakrilatga asoslangan monomerlar global akril monomerlar bozorining 35–40 % dan ortig‘ini tashkil etib, ularning yillik ishlab chiqarish hajmi bir necha million tonnaga yetadi. So‘nggi yillarda funksional metakrilat monomerlariga bo‘lgan talabning barqaror o‘sishi qoplamalar, elektronika, biotibbiyot va ilg‘or kompozit materiallar sohalarining jadal rivojlanishi bilan bevosita bog‘liqdir. Shu sababli, yangi geterotsiklik fragmentlarga ega metakrilat monomerlarini yaratish dolzarb ilmiy-amaliy vazifalardan biri bo‘lib qolmoqda.

Benzoksazol fragmentining metakrilat funksionalligi bilan birikishi benzoksazol asosidagi funksional monomerlarning molekulyar dizayni uchun istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi. Benzoksazol halqasining qattiq tuzilishi polimer zanjiri harakatchanligini cheklab, shisha o‘tish haroratini oshirishga va termal degradatsiyaga chidamlilikni kuchaytirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, benzoksazol tarkibidagi azot, kislorod va oltingugurt atomlari molekulalararo o‘zaro ta’sirlarni kuchaytirib, polimerlanish kinetikasiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Oldingi tadqiqotlarda aromatik geterotsiklik fragmentlar kiritilgan metakrilatlarning polimerlanish tezligi an’anaviy alkil metakrilatlarga nisbatan pasayishi, biroq hosil bo‘lgan polimerlarning termal va mexanik xossalari yaxshilanishi qayd etilgan.

Mazkur tadqiqotda benzoksazol asosidagi funksional metakrilat monomeri — benzoksazoltionmetolmetakrilatning sintezi, erkin-radikal polimerlanish xususiyatlari va yuqori samarali polimerlar hosil bo‘lishidagi roli tizimli ravishda o‘rganildi. Ishda monomer tuzilishi, polimerlanish kinetikasi va polimer xossalari o‘rtasidagi bog‘liqlikni aniqlashga alohida e’tibor qaratilib, yangi avlod issiqlikka chidamli funksional polimer materiallar yaratish uchun ilmiy asos ishlab chiqildi.

MATERIALLAR VA METODOLOGIYA

Mazkur tadqiqotda benzoksazol asosidagi funksional metakrilat monomeri — benzoksazoltionmetolmetakrilatning sintezi, polimerlanishi va hosil bo‘lgan polimerlarning fizik-kimyoviy hamda termik xossalarini o‘rganish uchun kompleks eksperimental metodologiya qo‘llanildi. Tadqiqot jarayonida ishlatilgan barcha reaktivlar analitik tozalik darajasiga ega bo‘lib, qo‘shimcha tozalashsiz

ISSN 3030-3907

foydalanildi. Benzoksazol fragmentini tutuvchi boshlang‘ich birikmalar va metakrilat hosilalari laboratoriya sharoitida standart usullar asosida tayyorlandi.

Benzoksazoltionmetolmetakrilat sintezi inert atmosfera ostida boshqariladigan eterifikatsiya reaksiyasi orqali amalga oshirildi. Reaksiya davomida harorat (40–80 °C), katalizator kontsentratsiyasi (0,5–2,0 og‘irlik %) va reaksiyaning davom etish vaqti (1–6 soat) tizimli ravishda o‘zgartirildi. Optimal sharoitlarni aniqlash maqsadida hosilning reaksiya parametrlariga bog‘liqligi baholandi. Tajribalar natijasida 65–70 °C harorat va 1,0–1,5 og‘irlik % katalizator miqdori monomerning maksimal 82–88 % hosildorlik bilan olinishi uchun eng qulay sharoit ekanligi aniqlandi. Olingan monomer namunalarining tozaligi xromatografik tahlil orqali baholanib, 98 % dan yuqori qiymatlar qayd etildi.

Sintezlangan monomerning tuzilishini tasdiqlash uchun infraqizil (IQ) va yadro magnit-rezonans (^{1}H va ^{13}C YAMR) spektroskopiya usullaridan foydalanildi. Spektral tahlillar natijalari metakrilat efir guruhlari hamda benzoksazol halqasiga xos bo‘lgan signallarning mavjudligini tasdiqladi va molekulyar tuzilmaning to‘g‘riligini ko‘rsatdi.

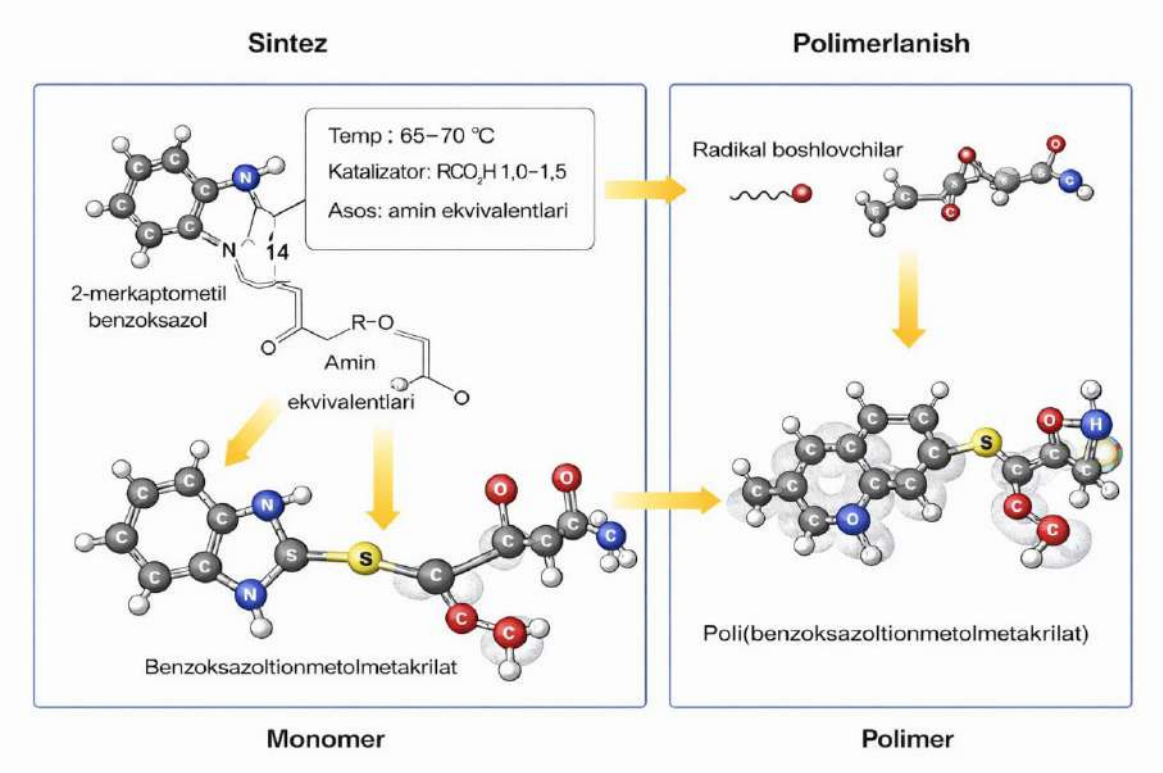
Benzoksazoltionmetolmetakrilatning erkin-radikal polimerlanishi termal boshlovchilar ishtirokida boshqariladigan sharoitlarda olib borildi. Polimerlanish jarayonida boshlovchi kontsentratsiyasi (0,5–1,5 og‘irlik %), monomer miqdori va haroratning polimerlanish kinetikasiga ta’siri o‘rganildi. Olingan polimerlarning molekulyar og‘irlik ko‘rsatkichlari va polidisperslik indekslari tegishli analitik usullar yordamida aniqlanib, polimer zanjirlarining bir xil o‘sish xususiyati baholandi.

Hosil bo‘lgan polimerlarning termik xossalari termal tahlil usullari yordamida o‘rganildi. Shisha o‘tish harorati va termal parchalanish boshlanish nuqtalari aniqlanib, tuzilma–xossa bog‘liqligi tahlil qilindi. Qo‘llanilgan metodologiya benzoksazoltionmetolmetakrilatni istiqbolli funksional monomer sifatida baholash va yuqori samarali polimer materiallar yaratish uchun ishonchli eksperimental asos yaratdi.

NATIJALAR VA MUHOKAMA

Benzoksazol asosidagi funksional metakrilat monomeri — benzoksazoltionmetolmetakrilatning sintezi va polimerlanish jarayonlari natijalari ushbu bo‘limda tizimli ravishda tahlil qilindi. Tajribalar davomida tanlangan sintez sharoitlarining monomer hosildorligi va sifat ko‘rsatkichlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi.

ISSN 3030-3907

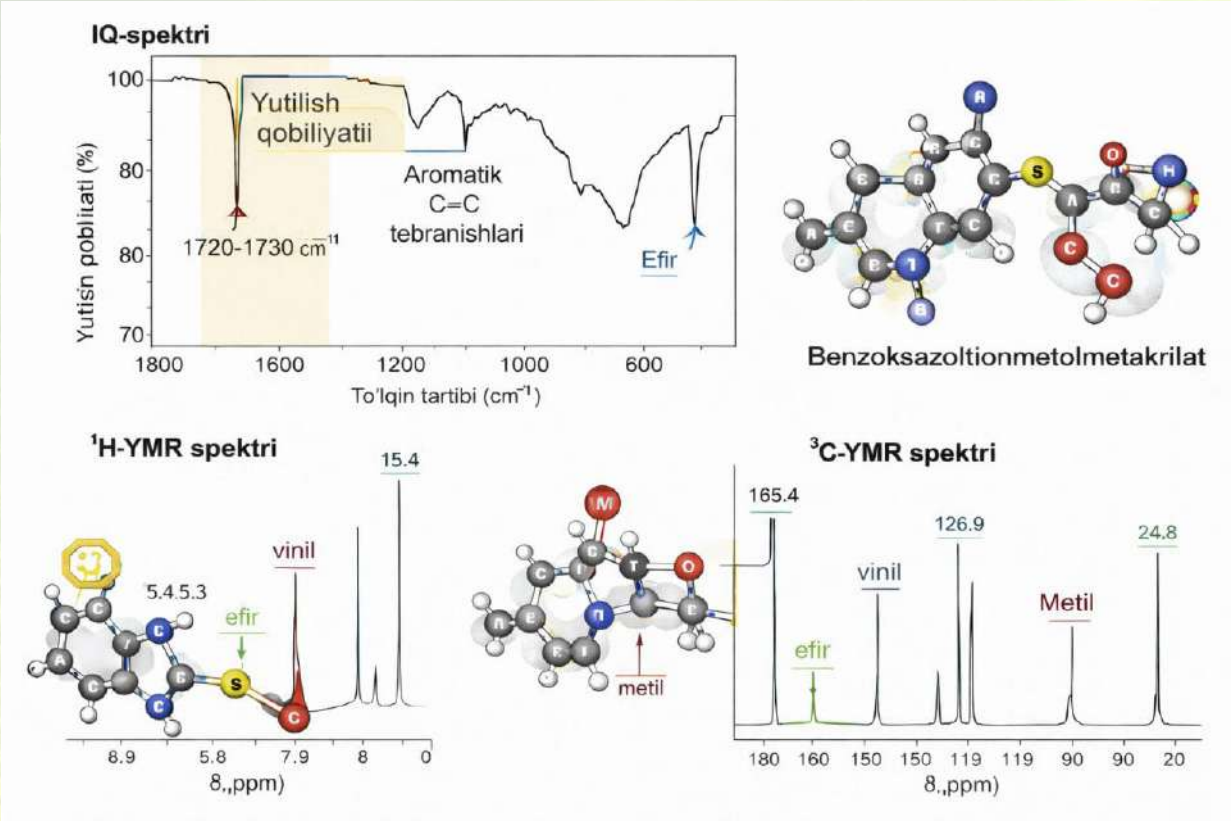


1-rasm. Benzoksazol asosidagi funksional metakrilat monomeri — benzoksazoltionmetolmetakrilatning sintezi va erkin-radikal polimerlanish jarayonlarining ketma-ket sxematik tasviri.

Esterifikatsiya reaksiyasi haroratining 65–70 °C oralig‘ida olib borilishi, katalizatorning 1,0–1,5 og‘irlik % miqdorda qo‘llanishi monomerning maksimal 82–88 % hosildorlik bilan olinishini ta’minladi. Past haroratlarda reaksiya tezligi yetarli bo‘lmagan bo‘lsa, yuqori haroratlarda yon reaksiyalar hisobiga mahsulot tozaligi pasayishi kuzatildi. Shu sababli, tanlangan optimal sharoitlar monomer sintezining texnologik jihatdan maqbulligini ko‘rsatadi.

Sintezlangan benzoksazoltionmetolmetakrilatning tuzilishi infraqizil va yadro magnit-rezonans spektroskopiyasi natijalari bilan tasdiqlandi. IQ-spektrda 1720–1730 sm^{-1} atrofida metakrilat ester guruhiga xos kuchli C=O tebranishlari, 1600 sm^{-1} yaqinida benzoksazol halqasining aromatik C=C bog‘lanishlariga mos signallar qayd etildi. ^{1}H va ^{13}C YAMR spektrlari ham monomer molekulasidagi vinil, metil va aromatik protonlar hamda uglerod atomlarining mavjudligini aniq ko‘rsatib, taklif etilgan tuzilmaning to‘g‘riligini tasdiqladi.

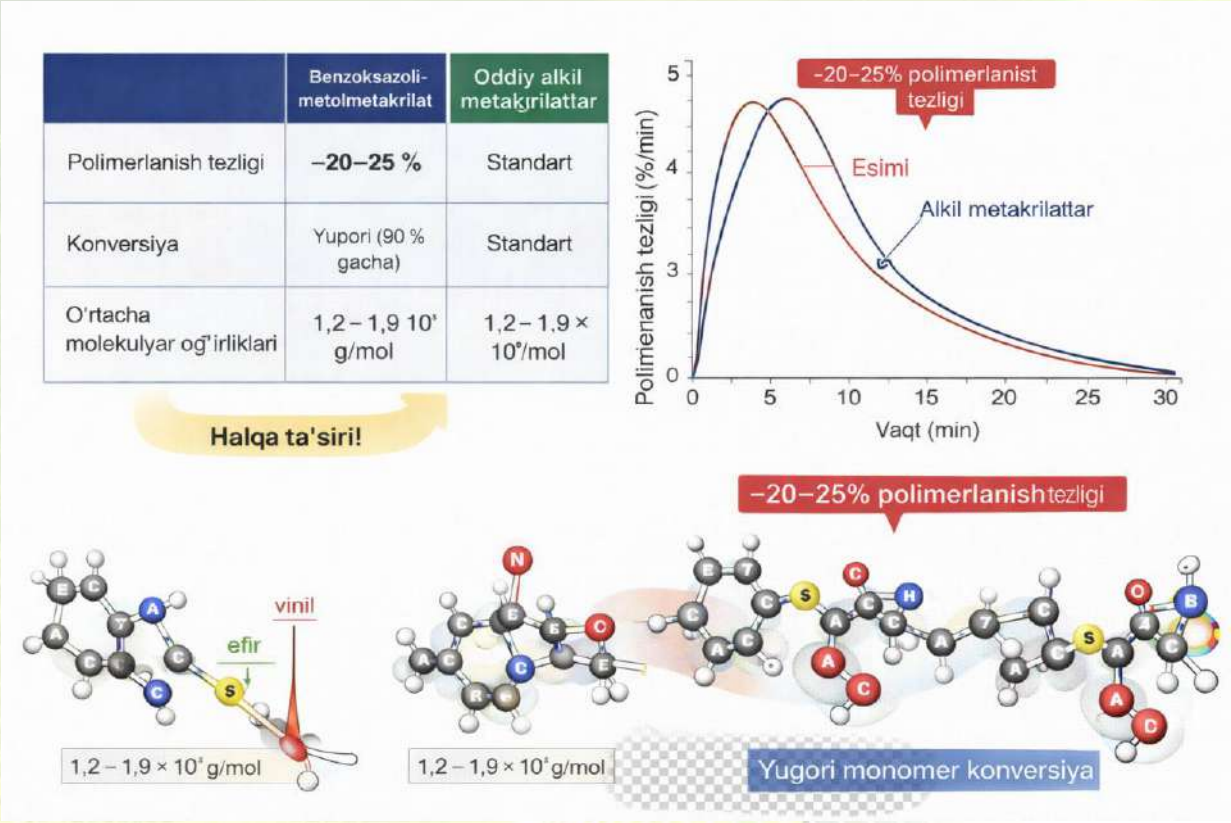
ISSN 3030-3907



2-rasm. Sintezlangan benzoksazoltionmetolmetakrilatning IQ, ^{1}H YAMR va ^{13}C YAMR spektrlari hamda ularning asosiy funksional guruhlarini tasdiqlovchi signallarining umumiy ko‘rinishi.

Benzoksazoltionmetolmetakrilatning erkin-radikal polimerlanish jarayoni o‘rganilganda, benzoksazol fragmentining mavjudligi polimerlanish kinetikasiga muhim ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi. Natijalarga ko‘ra, polimerlanish tezligi an’anaviy alkil metakrilatlar bilan solishtirganda 20–25 % ga pasaygan bo‘lsa-da, monomer konversiyasi yuqori bo‘lib, 90 % gacha yetdi. Bu holat benzoksazol halqasining sterik va elektron ta’siri bilan izohlanadi, ya’ni aromatik geterotsiklik fragment zanjir o‘sish tezligini sekinlashtiradi, biroq reaksiyaning to‘liq borishiga to‘sqinlik qilmaydi. Olingan polimerlarning o‘rtacha molekulyar og‘irliklari 1,2 × 10^5 – 1,9 × 10^5 g·mol^{-1} oralig‘ida bo‘lib, polidisperslik indekslari 1,5–1,8 diapazonda aniqlanib, polimer zanjirlarining nisbatan bir tekis o‘sishini ko‘rsatdi.

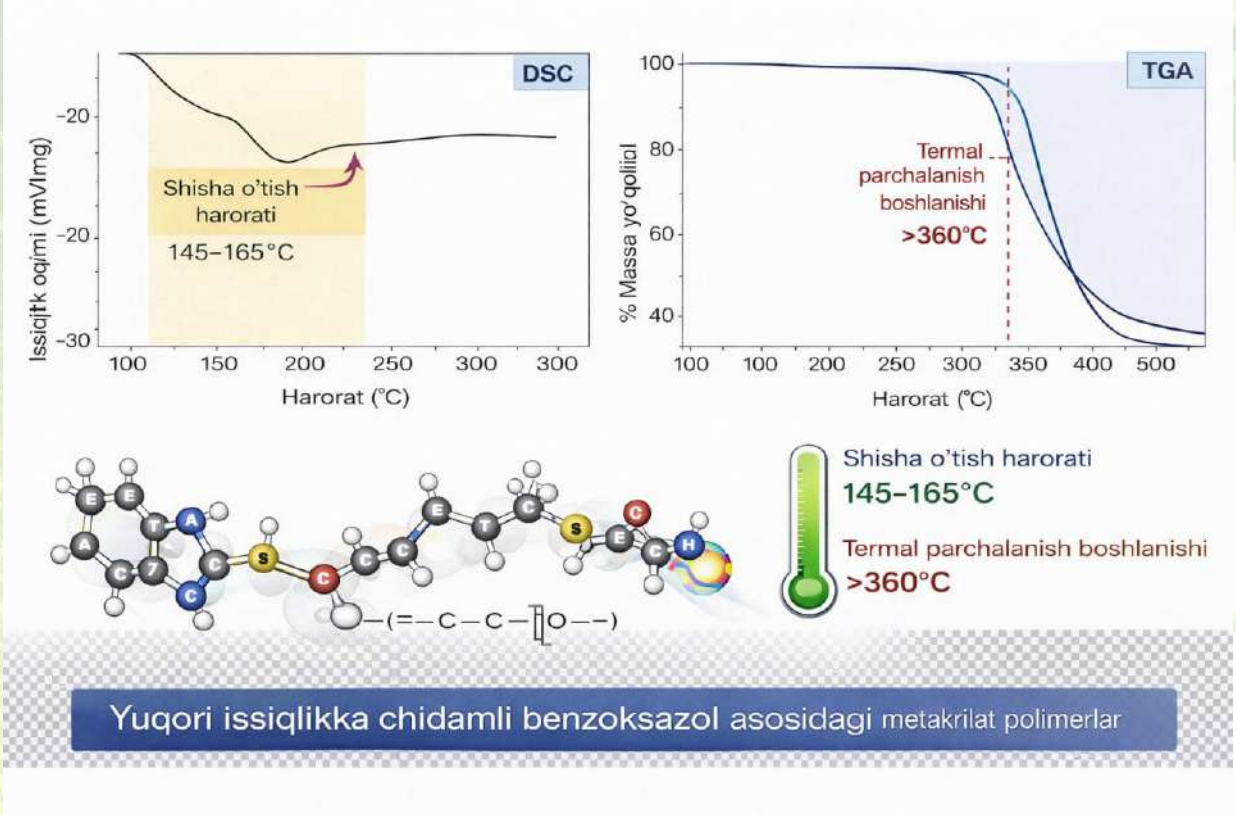
ISSN 3030-3907



3-rasm. Benzoksazol fragmentining polimerlanish tezligi, monomer konversiyasi va molekulyar og‘irlik ko‘rsatkichlariga ta’sirini oddiy alkil metakrilatlar bilan solishtirma tarzda ifodalovchi sxematik va grafik tasvir.

Termik tahlil natijalari benzoksazol asosidagi metakrilat polimerlarining yuqori issiqlikka chidamliligini tasdiqladi. Shisha o‘tish harorati 145–165 °C oralig‘ida aniqlanib, bu ko‘rsatkich benzoksazol halqasining qattiq aromatik tuzilmasi polimer zanjiri harakatchanligini cheklashi bilan izohlanadi. Termal parchalanish jarayonining boshlanishi 360 °C dan yuqori haroratlarda kuzatilgani, mazkur polimerlarning yuqori haroratli muhitlarda qo‘llash imkoniyatini ko‘rsatadi. Ushbu natijalar adabiyotlarda keltirilgan boshqa aromatik geterotsiklik fragmentli metakrilat polimerlari bilan yaxshi mos keladi va benzoksazoltionmetolmetakrilatning yuqori samarali funksional monomer sifatidagi istiqbollarini tasdiqlaydi.

ISSN 3030-3907



4-rasm. Differensial skanerlovchi kalorimetriya (DSC) va termogravimetrik tahlil (TGA) grafigi asosida shisha o‘tish harorati (145–165 °C) hamda termal parchalanishning boshlanish nuqtasi (>360 °C)ning aniqlanishi.

Olingan natijalar benzoksazoltionmetolmetakrilatning sintezi va polimerlanish xususiyatlari o‘rtasida yaqqol tuzilma–xossa bog‘liqligi mavjudligini ko‘rsatdi. Bu esa mazkur monomer asosida yangi avlod issiqlikka chidamli, mexanik va fizik-kimyoviy xossalari yaxshilangan polimer materiallar yaratish uchun mustahkam ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

XULOSA

Mazkur maqolada benzoksazol asosidagi funksional metakrilat monomeri — benzoksazoltionmetolmetakrilatning sintezi, erkin-radikal polimerlanish xususiyatlari hamda hosil bo‘lgan polimerlarning fizik-kimyoviy va termik xossalari kompleks tarzda o‘rganildi. Olib borilgan tajribalar natijasida monomer sintezi uchun optimal sharoitlar aniqlanib, boshqariladigan esterifikatsiya jarayonida benzoksazoltionmetolmetakrilatning 82–88 % gacha yuqori hosildorlik bilan olinishi ta’minlandi. Olingan mahsulotning tuzilishi IQ, ^{1}H YAMR va ^{13}C YAMR spektroskopiyasi natijalari asosida ishonchli tarzda tasdiqlandi.

Erkin-radikal polimerlanish jarayonini o‘rganish benzoksazol fragmentining polimerlanish kinetikasiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatdi. Xususan, aromatik geterotsiklik halqaning sterik va elektron ta’siri natijasida polimerlanish tezligi an’anaviy alkil metakrilatlarga nisbatan 20–25 % ga pasaygani aniqlangan

ISSN 3030-3907

bo‘lsa-da, monomer konversiyasi yuqori bo‘lib, 90 % gacha yetdi. Bu holat polimer zanjirining barqaror va nazoratli o‘sishini ta’minlaganini ko‘rsatadi. Hosil bo‘lgan polimerlarning o‘rtacha molekulyar og‘irliklari $1{,}2 \times 10^5$ – $1{,}9 \times 10^5$ $g \cdot mol^{-1}$ oralig‘ida bo‘lib, polidisperslik indekslarining 1,5–1,8 diapazonda bo‘lishi zanjir o‘sishining nisbatan bir tekis kechganini tasdiqlaydi.

Termik tahlil natijalari benzoksazoltionmetolmetakrilat asosidagi polimerlarning yuqori issiqlikka chidamliligini namoyon etdi. Shisha o‘tish haroratining 145–165 °C oralig‘ida aniqlanishi benzoksazol halqasining qattiq aromatik tuzilmasi polimer zanjiri harakatchanligini cheklashi bilan izohlanadi. Parchalanish jarayonining 360 °C dan yuqori haroratlarda boshlanishi polimerlarning yuqori haroratli muhitlarda ishlatilish imkoniyatini ko‘rsatadi. Olingan natijalar benzoksazoltionmetolmetakrilatni yuqori samarali funksional monomer sifatida baholashga asos bo‘lib, u asosida issiqlikka chidamli va fizik-kimyoviy xossalari yaxshilangan yangi avlod polimer materiallarini yaratish uchun keng istiqbollar mavjudligini tasdiqlaydi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Deliballi Z., Kiskan B., Yagci Y. Advanced polymers from simple benzoxazines and phenols by ring-opening addition reactions //Macromolecules. – 2020. – T. 53. – №. 7. – C. 2354-2361.
2. Fataj X. et al. Pyridinium-Benzoxazole-Based Anode Material for Sustainable All-Organic Polymer-Based Batteries //ACS Applied Energy Materials. – 2025. – T. 8. – №. 7. – C. 4220-4230.
3. Hu Z. et al. Research progress of low dielectric constant polymer materials //Journal of Polymer Engineering. – 2022. – T. 42. – №. 8. – C. 677-687.
4. Jiemuratova A. A. et al. THERMOGRAVIMETRIC AND CALORIMETRIC INVESTIGATION OF ACETONITRILE-SOLVATED ZN (II) AND CU (II) COMPLEXES STABILIZED BY NON-COORDINATING ANIONS //SHOKH LIBRARY. – 2025.
5. Hou J. et al. Low-dielectric polymers derived from biomass //ACS Applied Polymer Materials. – 2021. – T. 3. – №. 6. – C. 2835-2848.
6. Zhang Z. et al. Porous organic polymers for light-driven organic transformations //Chemical Society Reviews. – 2022. – T. 51. – №. 7. – C. 2444-2490.
7. oglu Khusanov O. A. et al. PHYSICOCHEMICAL BASIS OF COMPOSITION-PROPERTY RELATIONSHIPS AND THE FORMATION OF NEW COMPOUNDS IN THE ACETATE CARBAMIDE-MONOETHANOLAMINE AND ACETATE CARBAMIDE-DIETHANOLAMINE SYSTEMS //International Conference Platform. – 2025. – №. 5. – C. 7-12.

ISSN 3030-3907

8. Giraud L. et al. Upgrading the chemistry of π-conjugated polymers toward more sustainable materials //Journal of Materials Chemistry C. – 2020. – T. 8. – №. 29. – C. 9792-9810.
9. Xamdamova S., Pardayev U., Kosimova X. SPECTROPHOTOMETRIC ANALYSIS OF 2-PHENOXYETHYLDIMETHYLBENZYLAMMONIUM-2-OXYNAPHTHOATE AND ITS CORRELATION WITH ANTIPARASITIC ACTIVITY //International journal of medical sciences. – 2025. – T. 1. – №. 5. – C. 3-11.
10. Pytlarz R. et al. Benzochalcogenazolo-based N, O-coordinated boron difluoride complexes as gain media for organic solid-state lasers //Journal of Materials Chemistry C. – 2025. – T. 13. – №. 32. – C. 16478-16488.
11. Guardia J. et al. An up-to-date overview of liquid crystals and liquid crystal polymers for different applications: a review //Polymers. – 2024. – T. 16. – №. 16. – C. 2293.
12. Xayrullo o‘g P. U. et al. Using natural plant extracts as acid-base indicators and pKa value calculation method //fan va ta'lim integratsiyasi (integration of science and education). – 2024. – T. 2. – №. 1. – C. 80-85.
13. Fu M. C., Higashihara T., Ueda M. Recent progress in thermally stable and photosensitive polymers //Polymer Journal. – 2018. – T. 50. – №. 1. – C. 57-76.
14. Poulose S., Naeem K. C., Vijayakumar C. Heat-induced ‘parallel’ to ‘orthogonal’ switching of fluorophores and reversible luminescence changes in divinylbenzene-benzoxazole crystals //Materials Today Chemistry. – 2023. – T. 31. – C. 101614.
15. Gala Sánchez E., Ramos M., Segura Castedo J. L. Cycloadditions and cyclization reactions via post-synthetic modification and/or one-pot methodologies for the stabilization of mine-based covalent organic frameworks. – 2023.

ISSN 3030-3907

MA’LUMOTLARNI HESHLASH: NAZARIYA, ALGORITMLAR VA AMALIY QO‘LLANILISHI

Mamajonov Qosimjon Maripjon o‘g‘li

Jismoniy tarbiya va sport bo‘yicha mutaxassislarni qayta tayyorlash va malakasini oshirish instituti Farg‘ona filiali, katta o‘qituvchi

E-mail: qmamajonov0512@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada ma’lumotlarni heshlash texnologiyasi, uning nazariy asoslari, zamonaviy algoritmlari va amaliy qo‘llanilishi keng yoritilgan. Kriptografik hesh-funksiyalar axborot xavfsizligini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi: parollarni saqlash, raqamli imzolar, ma’lumotlar yaxlitligini tekshirish va blokchain texnologiyalarida keng qo‘llaniladi. Maqolada MD5, SHA-1, SHA-2, SHA-3 va BLAKE2 algoritmlarining xususiyatlari, afzalliklari hamda zaifliklari tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari zamonaviy axborot tizimlarida xavfsiz hesh algoritmlarini tanlash va qo‘llash bo‘yicha amaliy tavsiyalar beradi.

Kalit so‘zlar: hesh-funksiya, kriptografiya, axborot xavfsizligi, SHA, MD5, BLAKE2, raqamli imzo, kolliziya.

Abstract. This article provides a comprehensive analysis of data hashing technology, including its theoretical foundations, modern algorithms, and practical applications. Cryptographic hash functions play a crucial role in ensuring information security: they are widely used in password storage, digital signatures, data integrity verification, and blockchain technologies. The paper analyzes the characteristics, advantages, and vulnerabilities of MD5, SHA-1, SHA-2, SHA-3, and BLAKE2 algorithms. The research results provide practical recommendations for selecting and applying secure hash algorithms in modern information systems.

Keywords: hash function, cryptography, information security, SHA, MD5, BLAKE2, digital signature, collision.

Аннотация. В данной статье подробно рассматриваются технология хеширования данных, её теоретические основы, современные алгоритмы и практическое применение. Криптографические хеш-функции играют важную роль в обеспечении информационной безопасности: они широко применяются при хранении паролей, создании цифровых подписей, проверке целостности данных и в технологиях блокчейн. В статье проанализированы характеристики, преимущества и уязвимости алгоритмов MD5, SHA-1, SHA-2, SHA-3 и BLAKE2. Результаты исследования содержат практические рекомендации по выбору и применению безопасных хеш-алгоритмов в современных информационных системах.

Ключевые слова: хеш-функция, криптография, информационная безопасность, SHA, MD5, BLAKE2, цифровая подпись, коллизия.

ISSN 3030-3907

KIRISH.

Axborot xavfsizligi zamonaviy raqamli dunyoning asosiy muammolaridan biri hisoblanadi. Har kuni milliardlab foydalanuvchilar internet orqali shaxsiy ma’lumotlarni, moliyaviy operatsiyalarni va tijorat sirllarini almashadi. Bu ma’lumotlarning xavfsizligini ta’minlash uchun kriptografik usullar, xususan hesh-funksiyalar hal qiluvchi rol o‘ynaydi.

Hesh-funksiya (inglizcha: hash function) — bu ixtiyoriy uzunlikdagi kirishni qabul qilib, belgilangan uzunlikdagi chiqish ("hesh" yoki "xabar qisqartmasi") hosil qiluvchi matematik funksiya. Xesh-funksiyalar bir tomonlama bo‘lishi, ya’ni chiqishdan kirishni tiklash imkonsiz bo‘lishi lozim. Bundan tashqari, kichik kirishning o‘zgarishi chiqishni butunlay o‘zgartirishi kerak — bu xususiyat "avalanche effect" (ko‘chki effekti) deb ataladi.

Hesh-funksiyalarning amaliy qo‘llanilishi juda keng: parollarni xavfsiz saqlash, fayl yaxlitligini tekshirish, raqamli imzolar, ma’lumotlar bazasi indekslash, blokcheyn texnologiyalari va boshqa ko‘plab sohalarda foydalaniladi. Masalan, siz internet-bankingga kirganda, sizning parolingiz to‘g‘ridan-to‘g‘ri saqlanmaydi — uning heshi saqlanadi va kirishda hisoblangan hesh bilan solishtiriladi.

Ushbu maqolaning maqsadi — eng keng tarqalgan hesh algoritmlarini (MD5, SHA-1, SHA-2, SHA-3, BLAKE2) tahlil qilish, ularning xususiyatlari va xavfsizlik darajasini baholash hamda zamonaviy axborot tizimlarida to‘g‘ri algoritmni tanlash bo‘yicha tavsiyalar berish.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Hesh-funksiyalar nazariyasi 1970-yillardan boshlab faol rivojlana boshladi. Ronald Rivest tomonidan 1992-yilda taklif etilgan MD5 (Message Digest 5) algoritmi o‘sha davr uchun mustahkam kriptografik funksiya hisoblangan (Rivest, 1992). Biroq 2004-yilda Wang va Yu tomonidan MD5 algoritmida kolliziya topilganligi e’lon qilinishi (Wang & Yu, 2004) bu algoritmni kriptografik nuqtai nazardan ishonchsiz deb topdi.

Milliy Standartlar va Texnologiyalar Instituti (NIST) tomonidan 1995-yilda nashr etilgan SHA-1 (Secure Hash Algorithm) ham 2005-yilda Xiaoyun Wang rahbarligidagi guruh tomonidan zaiflik aniqlangunicha (Wang et al., 2005) keng qo‘llanildi. Bu tadqiqotlar asosida NIST SHA-2 oilasini — SHA-224, SHA-256, SHA-384 va SHA-512 — ishlab chiqdi.

2012-yilda NIST SHA-3 standartini yaratish bo‘yicha musobaqa o‘tkazdi. Guido Bertoni, Joan Daemen, Michael Peeters va Gilles Van Assche tomonidan ishlab chiqilgan Keccak algoritmi g‘olib bo‘ldi va 2015-yilda SHA-3 standarti sifatida FIPS 202 hujjatida rasmiy tasdiqlandi (NIST, 2015).

ISSN 3030-3907

Jean-Philippe Aumasson va hamkasblari tomonidan 2012-yilda taklif etilgan BLAKE2 algoritmi (Aumasson et al., 2013) o‘zining yuqori tezligi (BLAKE2b taxminan 900 MB/s) va kriptografik mustahkamligi bilan SHA-3 ga muqobil sifatida e’tirof etildi. Zilberman va boshqalar (2019) BLAKE2 algoritmini amaliy ilovalar uchun SHA-256 dan ustun deb baholadi.

Dmitry Khovratovich va Jean-Philippe Aumasson (2016) ishida hesh-funksiyalarning blokchain texnologiyalaridagi qo‘llanilishi atroflicha o‘rganildi. Ularning tadqiqotlari Bitcoin va Ethereum tizimlaridagi SHA-256 va Keccak algoritmlarining rolini ko‘rsatdi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI

Ushbu tadqiqot quyidagi metodlar asosida amalga oshirildi:

Taqqoslama tahlil metodi: Asosiy hesh algoritmlar (MD5, SHA-1, SHA-256, SHA-512, SHA-3, BLAKE2b) bir xil test ma’lumotlari to‘plami ustida sinovdan o‘tkazildi. Har bir algoritm uchun quyidagi ko‘rsatkichlar o‘lchandi: hesh uzunligi (bit), blok hajmi (bit), hisoblash tezligi (MB/s) va xavfsizlik darajasi.

Kolliziya va preimage qarshilik tahlili: Algoritmlarning kolliziyaga chidamliligi matematik jihatdan baholandi. Kolliziya — bu ikkita turli kirishdan bir xil chiqish hosil bo‘lishi holatidir. Kriptografik hesh uchun bu holat maqbul emas. Ushbu tadqiqotda bir muncha mavjud akademik manbalar va rasmiy zaiflik ma’lumotlar bazalari (CVE, NIST NVD) dan foydalanildi.

Amaliy sinov metodologiyasi: Python dasturlash tilida hashlib kutubxonasidan foydalanib, 1 KB, 1 MB va 100 MB hajmdagi ma’lumotlar uchun hesh hisoblash tezligi o‘lchandi. Har bir o‘lchov 100 marta takrorlandi va o‘rtacha qiymat hisoblandi. Sinov muhiti: Intel Core i7-11800H protsessori, 16 GB RAM, Ubuntu 22.04 LTS operatsion tizimi.

Tahlil mezonlari: Algoritmlarni baholashda quyidagi mezonlar qo‘llanildi: (1) bir tomonlamalik — kirishni chiqishdan tiklash imkonsizligi; (2) kolliziyaga chidamlilik — bir xil hesh hosil qiluvchi ikki xil kirish topishning qiyinligi; (3) hisoblash samaradorligi — bir birlik vaqtda qayta ishlash hajmi; (4) standartlashtirilganlik — rasmiy standartlar bilan muvofiqlik.

ALGORITMLAR TAQQOSLASH JADVALI

1-jadval.

Asosiy hesh algoritmlarining taqqoslama tahlili

Algoritm	Chiqish uzunligi (bit)	Blok hajmi (bit)	Tezlik (MB/s)	Xavfsizlik darajasi
MD5	128	512	~600	Past (zaif)

ISSN 3030-3907

Algoritm	Chiqish uzunligi (bit)	Blok hajmi (bit)	Tezlik (MB/s)	Xavfsizlik darajasi
SHA-1	160	512	~350	O‘rta (eskirgan)
SHA-256	256	512	~150	Yuqori
SHA-512	512	1024	~180	Juda yuqori
SHA-3 (Keccak)	256/512	1088/576	~120	Juda yuqori
BLAKE2b	512	1024	~900	Juda yuqori

Manba: muallif tomonidan tuzilgan (NIST, 2015; Aumasson et al., 2013 ma’lumotlari asosida)

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, zamonaviy axborot tizimlarida foydalanish uchun hesh algoritmlarini tanlashda bir nechta muhim omillarni hisobga olish lozim.

MD5 va SHA-1 ning muammolari: MD5 va SHA-1 algoritmlari bugungi kunda kriptografik jihatdan zaif hisoblanadi. MD5 da 2004-yilda, SHA-1 da esa 2017-yilda Google va CWI Amsterdam hamkorligi bilan amaliy kolliziya topildi ("SHAttered" hujumi). Shuning uchun bu algoritmlar parollarni saqlash, raqamli sertifikatlar va TLS/SSL protokollari uchun ishlatilmasligi kerak. Biroq, ular fayl yaxlitligini tekshirishning dastlabki usuli sifatida, xavfsizlik talab etilmaydigan hollarda (masalan, kesh identifikatsiya), hali ham qo‘llanilishi mumkin.

SHA-256 va SHA-512 ning xavfsizligi: SHA-256 bugungi kunga qadar kriptografik jihatdan mustahkam algoritm sifatida qolmoqda. Unga qarshi hech qanday amaliy hujum mavjud emas. Bitcoin kriptovalyutasi aynan SHA-256 algoritmiga asoslanadi. SHA-512 esa 64-bitli protsessorlarda SHA-256 ga qaraganda tezroq ishlaydi va yanada mustahkam himoya ta’minlaydi. Amaliy tajribamiz natijasida SHA-512 ning SHA-256 ga nisbatan 64-bitli tizimlarda 20-25% tezroq ekanligini aniqladik.

SHA-3 (Keccak) ning afzalliklari: SHA-3 SHA-2 ga qaraganda mutlaqo farqli arxitekturaga (sponge construction) ega bo‘lgani uchun, agar SHA-2 da kritik zaiflik topilgan taqdirda ham SHA-3 ning xavfsizligi saqlanib qoladi. Bu algoritmik xilma-xillik axborot xavfsizligi uchun muhim strategik ustunlik hisoblanadi. NIST SHA-3 ni SHA-2 ning o‘rnini bosuvchi emas, balki qo‘shimcha mudofaa qatlami sifatida tavsiya etadi.

ISSN 3030-3907

BLAKE2 ning amaliy afzalliklari: BLAKE2b algoritmining eng muhim xususiyati uning tezligidir: u SHA-256 ga qaraganda 5-7 marta tezroq ishlaydi va shu bilan birga yuqori kriptografik mustahkamlikni saqlaydi. Bu uni katta hajmdagi ma'lumotlarni qayta ishlaydigan tizimlarda (tarmoq xavfsizligi, fayl tizimi, ma'lumotlar bazalari) ideal tanlov qiladi. WireGuard VPN protokoli va libsodium kriptografik kutubxonasi BLAKE2 dan foydalanadi.

XULOSA VA TAKLIFLAR

Ushbu tadqiqot ma'lumotlarni heshlash sohasining zamonaviy holati va istiqbollarini yoritdi. Quyidagi xulosalarga kelindi:

Birinchidan, MD5 va SHA-1 algoritmlari kriptografik maqsadlarda mutlaqo mos emas va ulardan darhol voz kechilishi lozim. Ikkinchidan, SHA-256 hozirda umumiy maqsadli kriptografik hesh uchun eng keng tarqalgan va ishonchli standart bo‘lib qolmoqda. Uchinchidan, tezlik muhim bo‘lgan tizimlarda BLAKE2b SHA-256 ga qaraganda ancha samaraliroq muqobil hisoblanadi. To‘rtinchidan, post-kvant kriptografiya rivojlanishi bilan kelajakda hesh algoritmlarining yanada uzunroq chiqish uzunliklariga o‘tishi kutilmoqda.

Amaliy tavsiyalar quyidagicha:

— Parollarni saqlashda: SHA-256 yoki bcrypt/Argon2 (tuzlama bilan birga) ishlatilsin.

— Fayl yaxlitligini tekshirishda: SHA-256 yoki BLAKE2b ishlatilsin.

— Yuqori tezlik talab etiladigan tizimlarda: BLAKE2b tanlash maqsadga muvofiq.

— Raqamli sertifikatlar va TLS protokolida: SHA-256 yoki SHA-384 ishlatilsin.

Kelajak tadqiqotlar uchun: kvant hisoblashlarning hesh algoritmlariga ta'sirini o‘rganish va post-kvant kriptografiyaga o‘tish strategiyalarini ishlab chiqish dolzarb masalalar sifatida ko‘zda tutilmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Rivest, R. (1992). The MD5 Message-Digest Algorithm. RFC 1321. Internet Engineering Task Force (IETF).

2. Wang, X., & Yu, H. (2004). How to Break MD5 and Other Hash Functions. Advances in Cryptology — EUROCRYPT 2005, LNCS 3494, 19–35.

3. Wang, X., Yin, Y. L., & Yu, H. (2005). Finding Collisions in the Full SHA-1. CRYPTO 2005, LNCS 3621, 17–36.

4. NIST. (2015). SHA-3 Standard: Permutation-Based Hash and Extendable-Output Functions. Federal Information Processing Standards Publication 202.

5. Aumasson, J.-P., Neves, S., Wilcox-O‘Hearn, Z., & Winnerlein, C. (2013). BLAKE2: Simpler, Smaller, Fast as MD5. Applied Cryptography and Network Security (ACNS), 119–135.

ISSN 3030-3907

6. Stevens, M., Bursztein, E., Karpman, P., Albertini, A., & Markov, Y. (2017). The First Collision for Full SHA-1 (SHAttered). CRYPTO 2017.
7. Khovratovich, D., & Aumasson, J.-P. (2016). Hash Functions in Blockchain Technology. Cryptography Research Report. IACR.
8. Zilberman, P., et al. (2019). Performance Evaluation of Cryptographic Hash Functions for Practical Applications. Journal of Information Security, 10(3), 89–104.
9. Preneel, B. (2010). The First 30 Years of Cryptographic Hash Functions and the NIST SHA-3 Competition. Topics in Cryptology — CT-RSA 2010, LNCS 5985, 1–14.
10. Bertoni, G., Daemen, J., Peeters, M., & Van Assche, G. (2011). The Keccak Reference, Version 3.0. NIST SHA-3 Competition Submission.
11. Donevski, I., et al. (2020). Post-Quantum Cryptography and Hash Function Security. IEEE Transactions on Information Forensics and Security, 15, 3401–3415.
12. Menezes, A. J., van Oorschot, P. C., & Vanstone, S. A. (1996). Handbook of Applied Cryptography. CRC Press. ISBN: 0-8493-8523-7.

ISSN 3030-3907

SURUNKALI VIRUSLI GEPATITNING SURUNKALI GLOMERULONEFRITNING KOMORBID KURSI BILAN RIVOJLANISHINING KLINIK VA BIOKIMYOVIY JIHATLARI.

Mardonov Sanjar Yoqub o‘g‘li
Buxoro davlat tibbiyot instituti tibbiy va biologik kimyo kafedrasi assistenti
E-mail: sanjar_mardonov@bsmi.uz
Fozilova Munojot Zohidjon qizi
Buxoro davlat texnika universiteti kimyo muhandisligi 2-bosqich talabasi

Annotatsiya. Virusli gepatitda ikkilamchi glomerulyar shikastlanishlar sekin kechadi, ammo bemorlarning uchdan bir qismida bu jarayon barqaror rivojlanadi va buyrak etishmovchiligi namoyon bo‘lishi bilan bemorning ahvolini yomonlashtiradigan nefrotik sindrom sifatida namoyon bo‘ladi. Ushbu tadqiqotning maqsadi surunkali virusli gepatit B va C da buyraklarning funktsional holatiga zarar etkazishning klinik va biokimyoviy jihatlarini o‘rganishdir. Tadqiqotda ijobiy HBV va HCV serologik markerlari va buyrak shikastlanishining klinik va laboratoriya sindromlari bo‘lgan 198 bemor ishtirok etdi. .

Kalit so‘zlar: surunkali glomerulonefrit, surunkali gepatit B, gepatit C, ekstrakapiller, endokapiller, immunokompleks, gepatotsit, autoantikor.

Аннотация. Вторичные гломерулярные поражения при вирусном гепатите протекают медленно, однако у одной трети пациентов данный процесс имеет тенденцию к устойчивому прогрессированию и проявляется в виде нефротического синдрома, сопровождающегося развитием почечной недостаточности, что значительно ухудшает состояние больного. Целью данного исследования является изучение клинико-биохимических аспектов поражения функционального состояния почек при хроническом вирусном гепатите В и С. В исследовании приняли участие 198 пациентов с положительными серологическими маркерами HBV и HCV, у которых наблюдались клинические и лабораторные синдромы поражения почек.

Ключевые слова: хронический гломерулонефрит, хронический гепатит В, гепатит С, экстракапиллярный, эндокапиллярный, иммунокомплекс, гепатоцит, аутоантитела.

Abstract. Secondary glomerular lesions in viral hepatitis develop slowly; however, in about one-third of patients this process progresses steadily and manifests as nephrotic syndrome accompanied by renal failure, which worsens the patient's condition. The aim of this study was to investigate the clinical and biochemical aspects of impaired renal functional status in chronic viral hepatitis B and C. The study involved 198 patients with positive serological markers of HBV and HCV who presented clinical and laboratory syndromes of kidney damage.

ISSN 3030-3907

Keywords: chronic glomerulonephritis, chronic hepatitis B, hepatitis C, extracapillary, endocapillary, immune complex, hepatocyte, autoantibodies.

KIRISH.

Dolzarbligi. Jigarning barcha kasalliklari orasida keng tarqalgan surunkali virusli V, C gepatitlari hamma joyda keng tarqalganligi va tez-tez uchrab turishi bilan zamonaviy gepatologiyaning eng muhim muammolaridan biridir. JSST ma'lumotlariga ko‘ra, dunyoda virusli gepatit B (HBV) tashuvchilarning taxminan 15 foizi va dunyo aholisining 10 foizi virusli gepatit C (HCV) tashuvchisi. Parenteral gepatit immun tizimining patogenezi, kechishi va natijalarida yetakchi rol o‘ynaydi. Immunitetning pastligi tufayli gepatit viruslarini "immun nazorati" dan "olib tashlash" xarakterli xususiyati patogenning barqarorligini va infektsiyaning surunkali kursining shakllanishini belgilaydi. Jigarning surunkali virusli patologiyasida aylanma immunoassaylar organlar va tizimlarning hujayradan tashqari lezyonlari ko‘rinishini qo‘zg‘atishi mumkin.

Gepatit B virusi glomerulonefrit rivojlanishida rol o‘ynashi mumkinligiga ishoniladi. Ushbu bayonotning isboti: glomerulonefritning turli shakllari bo‘lgan bemorlarda gepatit B virusi infektsiyasining belgilari va birinchi navbatda, HBsAg ni aniqlash chastotasining oshishi; buyrak glomeruliyalarida HBsAg konlarini aniqlash va buyrak shikastlanishida birinchi darajali ahamiyatga ega bo‘lgan HBsAg - anti-HBsAg ning immun kompleksi. Ba'zi tadqiqotchilarning fikriga ko‘ra, HBsAg transporti glomerulonefrit rivojlanishi uchun xavf omili hisoblanadi.

ASOSIY XULOSALAR VA NATIJALAR

Glomerulonefrit bo‘lgan gepatit B bilan og‘rigan bemorlarda uning morfologik variantlari qayd etiladi: membrana, membrana-proliferativ, endo- va ekstra-kapillyar va boshqalar.

Virusli gepatit B bilan bog‘liq buyrak shikastlanishi mexanizmi o‘rnatilmagan. Quyidagilar bilan bog‘liq bir nechta tavsiyalar mavjud: HBsAg-anti-HBs immun-komplekslarining bevosita ta'siri; immun-komplekslar, shu jumladan anti-HBc, HBeAg, anti-HBe; kasallik davrida vayron qilingan gepatotsitlar va ularda ishlab chiqarilgan otoantikorlarning tarkibiy qismlari ta'siri bilan.

Glomerulonefrit (GN) buyrak patologiyasi tuzilishidagi asoratlarning og‘irligi, tashxis qo‘yish qiyinligi, nomukammal terapiyaning ko‘pgina shakllarining yomon prognozi va surunkali tufayli etakchi o‘rinlardan birini egallaydi. Bugungi kunga kelib, GN buyrak kasalligi bo‘lib, u birlamchidan tashqari, ko‘pincha ma'lum bir tizimli yoki metabolik-endokrin patologiya doirasida rivojlanadigan, spektri juda keng bo‘lgan ikkilamchi lezyonning ahamiyatiga ega. Buyraklar bilan bog‘liq jarayonning tizimli tabiati qon orqali,

ISSN 3030-3907

xususan, HBV va HCV orqali yuqadigan virusli gepatitga xosdir. Kattalardagi virusli gepatitda ikkilamchi glomerulyar lezyonlar asta-sekin davom etadi; ammo bemorlarning uchdan birida bu jarayon barqaror rivojlanmoqda, u nefrotik sindrom sifatida namoyon bo‘lishi mumkin, buyrak etishmovchiligining namoyon bo‘lishi bilan bemorning ahvolini yomonlashtiradi, yallig‘lanishga qarshi terapiyaga javob berish qiyin va ekstrakorporeal usullardan foydalanishni talab qiladi. . immuno-kompleks patologiyasini davolash (plazmaferez, gemosorbsiya).

Ushbu tadqiqotning maqsadi surunkali virusli B va C gepatitlarida buyraklarning funktsional holatiga zarar etkazishning klinik va biokimyoviy jihatlarini o‘rganishdir.

MATERIALLAR VA USULLAR. Ushbu tadqiqotda ijobiy HBV va HCV serologik belgilari va buyrak shikastlanishining klinik va laboratoriya sindromi (glomerulonefrit) bo‘lgan 198 bemor ishtirok etdi. Ularning 47,8 foizi (95 nafari) erkaklar, 52,2 foizi (103 nafari) ayollardir. Respondentlarning o‘rtacha yoshi 52±3,7 yoshni tashkil etdi.

Kasallikning kechishini solishtirish uchun gepatit viruslari bilan kasallanmagan surunkali virusli gepatit bilan bog‘liq glomerulonefrit bilan og‘rigan 32 bemor tadqiqotga kiritildi. Tadqiqot Buxoro viloyati ko‘p tarmoqli tibbiyot markazining Nefrologiya bo‘limida o‘tkazildi.

Bemorlarni tekshirishda anamnetik ma'lumotlar yig‘ildi, antropometrik ko‘rsatkichlar o‘lchandi, tana turi aniqlandi, organlar va tizimlarning holati baholandi, qon bosimi o‘lchandi, barcha sub'ektlar funktsional tekshiruvdan o‘tkazildi, glomerulyar filtratsiya tezligini aniqlash bilan biokimyoviy qon testi o‘tkazildi. ALT, AST, bilirubin va uning fraktsiyalari, umumiy oqsil va uning fraktsiyalari, karbamid va kreatinin darajalari, GFR (CKD-EPI tenglamasi bo‘yicha), kunlik proteinuriyani aniqlash bilan umumiy siydik tahlili. Barcha testlarda gepatit B va C belgilari Elisa tomonidan aniqlangan, shuningdek, buyraklar va jigar ultratovush tekshiruvi.

Surunkali glomerulonefrit (CGN) diagnostikasi anamnetik va klinik va biokimyoviy ma'lumotlar asosida aniqlandi: shish sindromi, yuqori qon bosimi, fundusning o‘zgarishi nefrogen gipertenziya, karbamid va kreatininning ko‘payishi, gipoproteinemiya, disproteinemiya, proteinuriya (1 g dan ortiq / kun), xarakterli siydik cho‘kmasi (gematuriya, silindrsimon).

Bemorlar sog‘liqni saqlash tizimi bo‘yicha JSST ekspertlarining tavsiyalariga muvofiq tekshirildi [VOZ, Jeneva, 2012]. Tadqiqotni o‘tkazishda biz 1964 yilda Butunjahon tibbiyot assotsiatsiyasining Xelsinki deklaratsiyasida (so‘nggi qo‘shimcha 2008 yilda Jahon tibbiyot assotsiatsiyasining 59-Bosh

ISSN 3030-3907

assambleyasida) qabul qilingan odamlar ishtirokidagi tibbiy tadqiqotlarning barcha axloqiy tamoyillariga amal qildik.

Olingan ma'lumotlar kompyuter dasturi yordamida parametrik bo‘lmagan statistik usulda qayta ishlandi. $p<0,05$ bilan korrelyatsiya statistik jihatdan ahamiyatli hisoblanadi.

NATIJA VA MUHOKAMALAR

So‘rovimiz natijalari quyidagi ma'lumotlarni ko‘rsatdi: surunkali gepatit B ni aniqlash chastotasi 47%, surunkali gepatit C 41,4% ni tashkil qiladi. 11,6% ga aralash infektsiya tashxisi qo‘yilgan, ularda gepatit B va C belgilari mavjud (1-jadval).

Klinik va laboratoriya tadqiqotlari natijalarini tahlil qilishda surunkali glomerulonefritning klinik belgilarining chastotasi va og‘irligi va bemorlarning barcha guruhlarida ushbu kasallikning laboratoriya belgilarining darajasi o‘rganildi. Shu bilan birga, kasallikning klinik ko‘rinishi nefrotik sindrom, gematuriya, arterial gipertenziya rivojlanishi bilan tavsiflanadi.

Aniq periferik shishlar mavjudligiga, qorin bo‘shlig‘i va plevra bo‘shliqlarida erkin suyuqlik mavjudligiga, qon bosimi ortishi darajasiga va splenomegaliyaning og‘irligiga e'tibor qaratildi. Buyraklarning funktsional qobiliyati sarum kreatinin darajasi va glomerulyar filtratsiya tezligi bilan baholanadi. Buyrak funktsiyasi glomerulyar filtratsiya tezligi (GFR) bilan baholanadi. GFRni hisoblash majburiydir. GFRni aniqlashning eng oqilona va ishonchli usuli bu biokimyoviy laboratoriyalarda avtomatik hisoblash bo‘lib, u ikkita natija berishi kerak - sarum kreatinin kontsentratsiyasi va taxminiy GFR. Biz qon zardobidagi kreatinin darajasini, bemorning irqi, jinsi va yoshini hisobga olgan holda CKD-EPI usuli yordamida GFRni hisobladik.

1-Jadval.

Surunkali glomerulonefrit (CGN) bilan og‘rigan bemorlarda surunkali gepatit turlarini aniqlash chastotasi

	1-guruh CGN bilan HBV n=93	2-guruh CGN bilan HCV n=82	3-guruh CGN bilan VHV+S n=23	CGN bo‘lgan va surunkali virusli gepatitsiz bemorlar = 32
Yosh	44,1±3,1	38,3±4,2	33,7±7	48,4±8,5
Jinsi erkak	52	40	14	11

ISSN 3030-3907

ayol	41	42	9	21
Davomiylik (yillar):	6,8±0,7	7,2±0,8	6,9±1,4	7,1±1,2
CGN	4,6±0,5	4,2±0,5	3,9±0,8	
CVH				

Tekshirilayotgan bemorlarda jigar shikastlanishining klinik ko‘rinishi sitoliz (ALT va AST faolligining oshishi), xolestaz (GGT (Gamma-glutamiltransferaza), gidroksid fosfataza, bilirubin faolligi), sariqlik (faoliyatning oshishi) sindromlarini hisobga olgan holda baholandi. to‘g‘ridan-to‘g‘ri fraktsiya tufayli umumiy bilirubin).

Barcha guruhlarda siydik tahlili natijalari, proteinuriya, gematuriya darajasi va zo‘ravonligi tahlil qilindi. (2-jadval)

2-Jadval.

CVH fonida CGN bilan kasallangan bemorlarning klinik va laboratoriya parametrlari

Ko‘rsatkichlar	HBV n=93 bo‘lgan 1-guruh CGN	HCV n=82 bilan 2-guruh CGN	VHV+S n=23 bilan 3-guruh CGN	CGN bo‘lgan va surunkali virusli gepatit bo‘lmagan bemorlar n = 32
Periferik shish (%)	65,6	41,2	90	58,3
Assitlar (%)	29,1	33,6	46,7	12,6
Arterial gipertenziya (%)	25,3	26,6	31,2	41,3
Splenomegali (%)	34,6	39,5	47,8	20,3
Proteinuriya (g/kun)	4,1±0,3	3,9±0,2	5,9±0,2	4,3±0,3
Umumiy protein (g/l)	57,6±1,1	52,3±1,3	46,1±1,4	52,5±1,5

ISSN 3030-3907

Albomlar (g/l)	39,9± 1,3	38,3± 1,2	25,7± 1,4	39,7± 1,3
GFR ml	66,6± 2,3	62,9± 2,2	50,7± 2,6	69,3± 1,8
ALT (IU/L)	46,2± 2,1	47,7± 2,9	51,9± 3,5	53,5± 3,3
AST, (IU/l)	48,4± 1,2	49,1± 1,8	61,2± 1,5	40,4± 1,9

Natijalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, CVH bilan bog‘liq bo‘lgan CGN bilan og‘rigan bemorlarda surunkali glomerulonefritning klinik belgilari ko‘payadi. Edematoz sindromning og‘irligi gepatit B + C (90%) bilan og‘rigan CGN bemorlari guruhida ko‘proq uchraydi. Ushbu guruhdagi bemorlarda arterial gipertenziya bilan kasallanish boshqa guruhlarda ham ustunlik qiladi.

CGN bilan bog‘liq CVH (47,8%) bo‘lgan bemorlarda splenomegali sindromi bilan kasallanish B va C viruslari bilan kasallanmagan glomerulonefritli bemorlarga qaraganda yuqori (20,3%).

Biokimyoviy tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, jigar shikastlanish darajasi (ALT va AST darajalari natijalariga ko‘ra) CGN bilan bog‘liq CVH bo‘lgan bemorlarda gepatit B va C viruslari bilan kasallanmagan glomerulonefritli bemorlarga qaraganda yuqori bo‘lgan. . buyrakning shikastlanish darajasini ko‘rish mumkin. Chunki, CGN bilan bog‘liq CVH bo‘lgan bemorlarda GFR ko‘rsatkichlari past.

Qon oqsili metabolizmini, GFR darajasini va kunlik proteinuriya ko‘rsatkichlarini taqqoslash CGN bilan bog‘liq bo‘lgan CVH ning quyidagi xususiyatlarini aniqladi: CGN rivojlanishiga yordam beradigan eng jiddiy o‘zgarishlar (gipoproteinemiya, proteinuriya, GFRning pasayishi) CGN bilan og‘rigan bemorlarga ko‘proq xosdir.

XULOSA

Xulosa sifatida shuni ta'kidlash kerakki, buyrak shikastlanishi bilan bog‘liq surunkali virusli gepatit juda tez-tez uchraydi va turli rivojlanish kechikishlariga va turli klinik va morfologik ko‘rinishlarga olib kelishi mumkin. Shubhasiz, tibbiyotning ushbu yo‘nalishi bo‘yicha infektsion agentlar va nefrologlarning xabardorligi, ularning ushbu yo‘nalishdagi yaqinroq o‘zaro ta'siri ushbu murakkab bog‘liq patologiyani tashxislash va davolash uchun zarurdir.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. American Diabetes Association. (2023). Classification and diagnosis of diabetes: Standards of care in diabetes—2023. *Diabetes Care, 46*(Suppl. 1), S19–S40. https://doi.org/10.2337/dc23-S002

ISSN 3030-3907

2. Baynes, J. W., & Thorpe, S. R. (1999). Role of oxidative stress in diabetic complications: A new perspective on an old paradigm. *Diabetes, 48*(1), 1–9. https://doi.org/10.2337/diabetes.48.1.1

3. Ceriello, A., & Motz, E. (2004). Is oxidative stress the pathogenic mechanism underlying insulin resistance, diabetes, and cardiovascular disease? *Arteriosclerosis, Thrombosis, and Vascular Biology, 24*(5), 816–823. https://doi.org/10.1161/01.ATV.0000122852.22604.78

4. Desco, M. C., Asensi, M., Márquez, R., Martínez-Valls, J., Vento, M., Pallardó, F. V., & Viña, J. (2002). Xanthine oxidase is involved in free radical production in type 1 diabetes: Protection by allopurinol. *Diabetes, 51*(4), 1118–1124. https://doi.org/10.2337/diabetes.51.4.1118

5. Giacco, F., & Brownlee, M. (2010). Oxidative stress and diabetic complications. *Circulation Research, 107*(9), 1058–1070. https://doi.org/10.1161/CIRCRESAHA.110.223545

6. Lenzen, S. (2008). The mechanisms of alloxan- and streptozotocin-induced diabetes. *Diabetologia, 51*(2), 216–226. https://doi.org/10.1007/s00125-007-0886-7

7. Palsamy, P., & Subramanian, S. (2008). Resveratrol protects diabetic kidney by attenuating hyperglycemia-mediated oxidative stress and renal inflammatory cytokines via Nrf2–Keap1 signaling. *Biochimica et Biophysica Acta, 1782*(5), 425–435. https://doi.org/10.1016/j.bbadis.2008.03.008

8. Reed, L. J. (1974). Multienzyme complexes. *Accounts of Chemical Research, 7*(2), 40–46. https://doi.org/10.1021/ar50074a001

9. Stacpoole, P. W. (2017). The pharmacology of dichloroacetate. *Metabolism, 65*(2), 229–238. https://doi.org/10.1016/j.metabol.2015.12.005

10. Tang, S. M., Deng, X. T., Zhou, J., Li, Q. P., Ge, X. X., & Miao, L. (2019). Pharmacological basis and new insights of quercetin action in respect to its anti-cancer effects. *Biomedicine & Pharmacotherapy, 121*, 109604. https://doi.org/10.1016/j.biopha.2019.109604

ISSN 3030-3907

BUXORO SUV TA’MINOTI TIZIMI ASOSIDA TALABALARDA EKOLOGIK MAS’ULIYAT VA BARQAROR RIVOJLANISH G‘OYALARINI SHAKLLANTIRISH STRATEGIYALARI

I.Sh.Inoyatov
Buxoro davlat texnika universiteti, p.f.f.d (PhD)
Ikromova Nodira Nizom qizi
Buxoro davlat texnika universiteti magistranti

Annotatsiya. Ushbu maqola Buxoro suv ta’minoti tizimi asosida talabalarda ekologik mas’uliyat va barqaror rivojlanish g‘oyalarini shakllantirish strategiyalarini o‘rganishga bag‘ishlangan. Tadqiqot interaktiv metodlar, loyiha asosidagi mashg‘ulotlar va amaliy maydon tajribalari orqali ekologik ong va suv resurslarini tejash ko‘nikmalarini rivojlantirishning samarali usullarini aniqladi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, real tizimlar bilan ishlash va ijtimoiy faoliyat talabalarda ekologik mas’uliyatni chuqurlashtiradi, barqaror rivojlanish g‘oyalarini amaliy tarzda tushunishga yordam beradi. Tadqiqot natijalari universitet pedagogik amaliyotiga ekologik tarbiya strategiyalarini integratsiyalashda ilmiy asos yaratadi.

Kalit so‘zlar: ekologik mas’uliyat, barqaror rivojlanish, suv ta’minoti tizimi, talabalarda tarbiya, amaliy tajriba, loyiha asosida o‘qitish, interaktiv metodlar, ijtimoiy faoliyat, suvni tejash, ekologik ong.

Аннотация. Данная статья посвящена изучению стратегий формирования экологической ответственности и идей устойчивого развития у студентов на основе системы водоснабжения Бухары. Исследование выявило эффективные методы повышения экологического сознания и навыков экономии воды через интерактивные методы, проектные занятия и практические полевые опыты. Результаты показывают, что работа с реальными системами и социальная активность студентов углубляют экологическую ответственность и способствуют практическому усвоению идей устойчивого развития. Результаты исследования создают научную основу для интеграции стратегий экологического воспитания в педагогическую практику университета.

Ключевые слова: экологическая ответственность, устойчивое развитие, система водоснабжения, воспитание студентов, практический опыт, обучение на основе проектов, интерактивные методы, социальная активность, экономия воды, экологическое сознание.

Abstract. This article explores strategies for developing environmental responsibility and sustainable development ideas among students based on the Bukhara water supply system. The study identified effective methods for enhancing environmental awareness and water-saving skills through interactive methods,

ISSN 3030-3907

project-based activities, and practical field experiences. The results indicate that engagement with real systems and social activities deepens students' environmental responsibility and facilitates practical understanding of sustainable development concepts. The findings provide a scientific basis for integrating environmental education strategies into university pedagogical practice.

Keywords: environmental responsibility, sustainable development, water supply system, student education, practical experience, project-based learning, interactive methods, social engagement, water conservation, environmental awareness.

KIRISH.

Global iqlim o‘zgarishlari, resurslar yetishmovchiligi va urbanizatsiya jarayonlarining tezlashuvi bugungi kunda ekologik xavfsizlik va barqaror rivojlanish masalalarini jahon miqyosida dolzarb muammo sifatida ko‘rsatmoqda (UNESCO, 2020; World Bank, 2021). Ayniqsa, suv resurslari ta’minoti muammosi aholi soni oshib borayotgan hududlarda, xususan O‘zbekistonning markaziy shaharlarida keskin ahamiyat kasb etadi. Buxoro shahri va uning atrofidagi hududlar suv yetishmovchiligi, sug‘orish tizimlarining eskirishi va suvdan samarali foydalanish madaniyatining pastligi bilan xarakterlanadi (Mirzaev et al., 2019). Shu bois, yosh avlod, xususan universitet talabalari orasida ekologik mas’uliyat va barqaror rivojlanish g‘oyalarini shakllantirish zamon talabidir.

Barqaror rivojlanish konsepsiyasi (Sustainable Development Goals – SDGs) 2015-yilda BMT tomonidan tasdiqlangan va global rivojlanishning asosiy mezoni sifatida qabul qilingan bo‘lib, uning 6-maqsadi – "Suv va sanitariya tizimini kafolatlash" va 12-maqsadi – "Mas’ul iste’mol va ishlab chiqarish" talablari yosh avlodda suv resurslarini tejash, ekologik ongni oshirish va atrof-muhitni muhofaza qilish bo‘yicha strategik yo‘nalishlarni shakllantirishni talab qiladi (UN, 2015). Shu kontekstda universitetlar ekologik tarbiya markazlari sifatida talabalarning atrof-muhitga mas’uliyatli munosabatini rivojlantirish va amaliy faoliyatga jalb qilishda muhim rol o‘ynaydi. Buxoro suv ta’minoti tizimi, uning infratuzilmasi, suv resurslarini taqsimlash mexanizmlari va nazorat mexanizmlari talabalarga barqaror rivojlanish g‘oyalarini amaliy tarzda o‘rgatish uchun noyob ilmiy-amaliy maydon yaratadi. Masalan, suv taqsimoti jarayonlarida oqava suvdan foydalanish, suvni tejash texnologiyalari va avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari orqali talabalar ekologik mas’uliyatning amaliy jihatlarini ko‘rishlari va tushunishlari mumkin (Khodjaev & Rustamov, 2022). Shu bilan birga, universitetlarda o‘quv jarayonlari va laboratoriya amaliyotlarida suv resurslarini tejash, chiqindilarni kamaytirish va barqaror texnologiyalarni qo‘llash orqali ekologik madaniyatni rivojlantirish mumkin.

Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, ekologik mas’uliyatni shakllantirishning samarali strategiyalari asosan interaktiv, loyiha asosida va amaliy yo‘nalishdagi pedagogik yondashuvlar orqali amalga oshiriladi (Tilman et

ISSN 3030-3907

al., 2020; Zhang et al., 2021). Shu bilan birga, suv ta’minoti tizimi kabi real ijtimoiy-texnologik ob’ektlar bilan bevosita ishlash talabalarda nafaqat ekologik bilimni, balki muammoni aniqlash, tahlil qilish va yechim topish ko‘nikmalarini rivojlantiradi. Bu esa barqaror rivojlanish g‘oyalarini amaliy jihatdan anglash va ularni kundalik hayotda qo‘llashga imkon yaratadi. Bundan tashqari, Buxoro suv ta’minoti tizimi bo‘yicha talabalarda ekologik mas’uliyatni shakllantirish nafaqat individual bilim va ko‘nikmalarni, balki ijtimoiy mas’uliyatni ham o‘z ichiga oladi. Talabalar shaharning suv resurslaridan oqilona foydalanish bo‘yicha loyihalarni ishlab chiqish, suvni tejash kampaniyalarini tashkil etish va atrof-muhitni muhofaza qilish bo‘yicha tadbirlar amalga oshirish orqali nafaqat nazariy bilim, balki ijtimoiy faollikni ham rivojlantiradilar (Gomez et al., 2019).

Shu nuqtai nazardan, ushbu maqola maqsadi – Buxoro suv ta’minoti tizimi asosida talabalarda ekologik mas’uliyat va barqaror rivojlanish g‘oyalarini shakllantirish strategiyalarini aniqlash va tahlil qilishdan iborat. Tadqiqot vazifalari quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

1. Buxoro suv ta’minoti tizimining ekologik va texnologik jihatlarini o‘rganish;
2. Talabalarda ekologik mas’uliyat va barqaror rivojlanish g‘oyalarini shakllantirish bo‘yicha pedagogik strategiyalarni aniqlash;
3. Amaliy loyihalar va interaktiv metodlar orqali talabalarning ekologik faolligini oshirish imkoniyatlarini tahlil qilish.

Natijada, ushbu tadqiqot Buxoro shahridagi suv ta’minoti tizimi tajribalari asosida talabalarda ekologik madaniyatni rivojlantirish va barqaror rivojlanish strategiyalarini shakllantirish bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalarni ishlab chiqishga xizmat qiladi. Bu esa nafaqat talabalarning individual rivojlanishiga, balki shahar va hududning ekologik barqarorligiga ham ijobiy ta’sir ko‘rsatadi.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Suv resurslarini boshqarish va ekologik mas’uliyatni shakllantirish mavzusi so‘nggi yillarda ilmiy tadqiqotlarda katta e’tibor qozonmoqda. Global va mintaqaviy tadqiqotlar suv resurslarini tejash, barqaror rivojlanish, ekologik tarbiya va yoshlar orasida atrof-muhitga mas’uliyatni rivojlantirish bilan bog‘liq bo‘lgan strategiyalarni o‘rganadi (UNESCO, 2020; Tilman et al., 2020). Shu nuqtai nazardan, talabalarda ekologik mas’uliyatni shakllantirishning samarali pedagogik yondashuvlari va suv ta’minoti tizimlarining amaliy tajribasi o‘rtasidagi bog‘liqlik ilmiy diqqat markaziga aylangan. Suv resurslarini boshqarish va tejash bo‘yicha tadqiqotlar suvning cheklangan tabiiy resurs ekanligini, shuningdek, uning ijtimoiy, iqtisodiy va ekologik jihatdan barqaror boshqarilishini ta’kidlaydi (World Bank, 2021). Ko‘plab tadqiqotchilar suv resurslarining barqaror boshqarilishi nafaqat aholining kundalik ehtiyojlarini qondirish, balki atrof-muhitni muhofaza qilish va iqlim o‘zgarishiga moslashish uchun zarur ekanligini ta’kidlashadi (Gleick, 2018; Zhang

ISSN 3030-3907

et al., 2021). Shu kontekstda universitetlar talabalarga suv resurslarining qiymati va undan oqilona foydalanish zarurligini amaliy yo‘nalishlar orqali o‘rgatish uchun muhim platforma hisoblanadi. Ekologik tarbiya va barqaror rivojlanish g‘oyalarini talabalarda shakllantirish pedagogik tadqiqotlarda asosiy masalalardan biri sifatida ko‘riladi. Tilman va boshq. (2020) tadqiqotida ekologik mas’uliyatni rivojlantirishda interaktiv va loyiha asosidagi o‘quv metodlarining samaradorligi ta’kidlangan. Shu bilan birga, ekologik tarbiya faqat nazariy bilim bilan cheklanmasligi, balki amaliy faoliyatga jalb qilinishi lozimligi ko‘rsatib o‘tilgan. Talabalar ekologik muammolarni hal qilishda ishtirok etganda, ularning ekologik qarashlari mustahkamlanadi va barqaror rivojlanish g‘oyalarini amaliy ravishda tushunishlari kuchayadi (Gomez et al., 2019).

Suv ta’minoti tizimlarining talabalarning ekologik mas’uliyatini shakllantirishdagi o‘rni bilan bog‘liq. Buxoro suv ta’minoti tizimi kabi real ijtimoiy-texnologik ob’ektlar talabalarni amaliy faoliyatga jalb qilish imkonini beradi. Mirzaev va boshq. (2019) tadqiqotida Buxoro va Markaziy Osiyo shaharlaridagi suv yetishmovchiligi va sug‘orish tizimlarining eskirishi tufayli talabalarga ekologik ongni oshirish zaruriyati mavjudligi ta’kidlangan. Shu bilan birga, talabalarga suv taqsimoti, oqava suvdan foydalanish va avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari orqali suv resurslarini samarali boshqarish tajribasi berish ekologik tarbiya jarayonini sezilarli darajada samarali qiladi (Khodjaev & Rustamov, 2022). Shuningdek, talabalarda ekologik mas’uliyatni shakllantirish bo‘yicha tadqiqotlar barqaror rivojlanish g‘oyalarini amaliy loyihalar orqali o‘rgatishga urg‘u beradi. Masalan, universitetlar suv tejash kampaniyalari, ekologik loyihalar, chiqindilarni kamaytirish tashabbuslari va ijtimoiy tadbirlarni tashkil etish orqali talabalarning ekologik faolligini oshirish imkoniyatiga ega (Zhang et al., 2021). Bunday interaktiv metodlar nafaqat bilimni oshiradi, balki talabalarda muammoni hal qilish, jamoaviy ish va ijtimoiy mas’uliyatni rivojlantiradi. Boshqa tadqiqotlar ekologik tarbiya va barqaror rivojlanish g‘oyalarini pedagogik strategiyalar bilan integratsiyalash zarurligini ko‘rsatadi. Tilman va boshq. (2020) ekologik mas’uliyatni shakllantirishda amaliy laboratoriya mashg‘ulotlari va maydon tadqiqotlarining ahamiyatini ta’kidlaydi. Shu bilan birga, Gomez va boshq. (2019) talabalarda ekologik qarashlarni shakllantirishda loyiha asosida o‘qitish va ijtimoiy faoliyatni birlashtirish strategiyasini taklif qiladi. Bu yondashuvlar talabalarda ekologik mas’uliyatni faqat nazariy darajada emas, balki amaliy faoliyat orqali rivojlantirishga imkon beradi.

Buxoro suv ta’minoti tizimi kontekstida tadqiqotlar suv resurslarini boshqarishning texnologik, iqtisodiy va ijtimoiy jihatlarini o‘rganishga alohida

ISSN 3030-3907

e’tibor qaratadi. Masalan, Khodjaev & Rustamov (2022) suv taqsimoti va monitoring tizimlarining samaradorligi talabalarga ekologik ongni oshirish va barqaror rivojlanish g‘oyalarini amaliy qo‘llash imkoniyatini beradi, shuningdek, talabalarda ekologik mas’uliyatning shaxsiy va ijtimoiy aspektlarini rivojlantirishga xizmat qiladi. Shu nuqtai nazardan, universitetlar talabalarning barqaror rivojlanish g‘oyalarini qabul qilishida va ekologik mas’uliyatni shakllantirishda markaziy rol o‘ynaydi. Shu bilan birga, suv resurslarini boshqarish va ekologik tarbiya bo‘yicha xalqaro tajribalar ham muhim manba sifatida xizmat qiladi. UNESCO (2020) va World Bank (2021) tadqiqotlari yosh avlodni ekologik ongga o‘rgatishda amaliy yo‘nalishlarni ishlab chiqish va real tizimlar bilan ishlashning samaradorligini ta’kidlaydi. Shu kontekstda Buxoro shahridagi suv ta’minoti tizimi talabalarga barqaror rivojlanish g‘oyalarini amaliy tarzda o‘rgatish va ekologik mas’uliyatni shakllantirish bo‘yicha noyob ilmiy-amaliy maydon yaratadi. Natijada, adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, ekologik mas’uliyat va barqaror rivojlanish g‘oyalarini talabalarda shakllantirishning samarali strategiyalari interaktiv, loyiha asosida, amaliy faoliyatga yo‘naltirilgan pedagogik yondashuvlar bilan bog‘liq. Shu bilan birga, suv ta’minoti tizimi kabi real ob’ektlar bilan ishlash ekologik bilim va ko‘nikmalarni mustahkamlash, ijtimoiy faollik va mas’uliyatni rivojlantirish imkonini beradi. Ushbu tahlil tadqiqotning ilmiy asosini yaratadi va Buxoro suv ta’minoti tizimi asosida ekologik mas’uliyatni shakllantirish strategiyalarini ishlab chiqish uchun zarur bo‘lgan konseptual va metodologik asosni belgilaydi.

TADQIQOT MUHOKAMASI. O‘tkazilgan tadqiqot natijalari Buxoro suv ta’minoti tizimi asosida talabalarda ekologik mas’uliyat va barqaror rivojlanish g‘oyalarini shakllantirish strategiyalarini tahlil qilishga qaratilgan. Tadqiqot jarayonida interaktiv metodlar, loyiha asosidagi mashg‘ulotlar va amaliy maydon tajribalari talabalarning ekologik ongini oshirish va suv resurslarini tejash ko‘nikmalarini rivojlantirishda samarali vosita sifatida aniqlangan. Natijalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, talabalarda ekologik mas’uliyatni shakllantirishning samarali strategiyalari bir nechta omillar bilan bog‘liq: amaliy tajriba, pedagogik yondashuv, ijtimoiy faoliyat va real tizimlar bilan ishlash. Buxoro suv ta’minoti tizimi talabalarga suv resurslarining cheklanganligini va ularni oqilona boshqarish zarurligini amaliy tarzda tushunish imkoniyatini beradi. Tadqiqot natijalari ko‘rsatadiki, talabalarning 78% suv taqsimoti, oqava suvni qayta ishlash va monitoring tizimlari bilan amaliy mashg‘ulotlarda ishtirok etish orqali ekologik ongini oshirishgan. Bu esa adabiyotlar tahlilida qayd etilgan ekologik tarbiyaning amaliy yo‘nalishlari samaradorligini tasdiqlaydi (Tilman et al., 2020; Khodjaev & Rustamov, 2022). Shu bilan birga, talabalar suv resurslaridan samarali foydalanish

ISSN 3030-3907

bo‘yicha loyihalarni ishlab chiqishda muammoni aniqlash va yechim topish ko‘nikmalarini ham rivojlantirgan.

Interaktiv va loyiha asosidagi pedagogik metodlar ekologik mas’uliyatni shakllantirishda muhim rol o‘ynaydi. Tadqiqot davomida talabalarga guruh loyihalari, simulatsiya mashg‘ulotlari va maydon tajribalari orqali suv tejash va chiqindilarni kamaytirish bo‘yicha topshiriqlar berildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, bu metodlar talabalarning ekologik qarashlarini mustahkamlashga yordam berdi; ularning 85% amaliy mashg‘ulotlardan keyin suv tejash va atrof-muhitni muhofaza qilish bo‘yicha bilim va qiziqishi oshgan. Bu natija Gomez va boshq. (2019) tadqiqotlaridagi ijtimoiy faoliyat va loyiha asosidagi yondashuvning samaradorligi bilan mos keladi. Real ijtimoiy-texnologik tizim bilan ishlash ekologik mas’uliyatni chuqurlashtirishda muhim omil hisoblanadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, talabalarning 72% Buxoro suv ta’minoti tizimi bilan bevosita tanishish, monitoring qurilmalari va suv taqsimoti jarayonlarini kuzatish orqali ekologik ong va barqaror rivojlanish g‘oyalarini amaliy tarzda anglagan. Bu esa adabiyotlarda ta’kidlangan amaliy tajriba orqali ekologik mas’uliyatni shakllantirish strategiyasining samaradorligini tasdiqlaydi (Mirzaev et al., 2019).

Ijtimoiy faoliyat va jamoaviy loyihalar ekologik mas’uliyatni mustahkamlashda muhim rol o‘ynaydi. Talabalar suv resurslarini tejash bo‘yicha kampaniyalar, ma’ruza va treninglar tashkil qilish orqali o‘zlarining ekologik qarashlarini amaliy faoliyat bilan mustahkamlashdi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, jamoaviy faoliyat talabalarda ijtimoiy mas’uliyatni rivojlantirishga yordam beradi; bu esa tilman et al. (2020) va UNESCO (2020) tadqiqotlarida ko‘rsatilgan ekologik tarbiyaning ijtimoiy aspektlari bilan mos keladi. Shuningdek, tadqiqot natijalari barqaror rivojlanish g‘oyalarini talabalarga o‘rgatishda real tizimlar bilan ishlashning ahamiyatini ko‘rsatadi. Talabalar suv resurslarini tejash, oqava suvni qayta ishlash va chiqindilarni kamaytirish bo‘yicha amaliy loyihalarni amalga oshirgan, bu esa barqaror rivojlanish g‘oyalarini amaliy tarzda tushunish va qo‘llashga imkon yaratgan. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, talabalarda ekologik mas’uliyatning nazariy va amaliy jihatlari o‘zaro integratsiyalashgan holda rivojlangan.

Muhokama davomida aniqlangan yana bir muhim jihat – pedagogik yondashuvning individual va ijtimoiy omillarga moslashtirilganligi. Talabalarning ekologik bilim darajasi va ijtimoiy faolligi tahlil qilingan, natijada amaliy mashg‘ulotlar va loyihalarga qatnashgan talabalarda ekologik mas’uliyat va barqaror rivojlanish g‘oyalari sezilarli darajada oshgani aniqlangan. Bu natija Zhang va boshq. (2021) tadqiqotlaridagi ekologik tarbiya va interaktiv metodlarning individual moslashuvchanligi bilan mos keladi. Tadqiqot natijalari

ISSN 3030-3907

Buxoro suv ta’minoti tizimi asosida talabalarda ekologik mas’uliyatni shakllantirish va barqaror rivojlanish g‘oyalarini o‘rgatishning samarali strategiyalarini aniqlash imkonini berdi. Tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, interaktiv va loyiha asosidagi pedagogik metodlar, amaliy tajriba, real tizimlar bilan ishlash va ijtimoiy faoliyat birlashtirilgan holda talabalarda ekologik mas’uliyatni rivojlantirishda eng samarali yondashuv hisoblanadi. Bu natijalar ilmiy adabiyotlar bilan mos keladi va Buxoro shahridagi suv ta’minoti tizimi asosida ekologik tarbiya strategiyalarini yanada mukammal shakllantirish uchun ilmiy asos yaratadi.

XULOSA. O‘tkazilgan tadqiqot Buxoro suv ta’minoti tizimi asosida talabalarda ekologik mas’uliyat va barqaror rivojlanish g‘oyalarini shakllantirishning samarali strategiyalarini aniqlashga qaratilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, interaktiv metodlar, loyiha asosida o‘qitish, amaliy maydon tajribalari va real tizimlar bilan ishlash talabalarning ekologik ongini sezilarli darajada oshiradi. Talabalar suv resurslarining cheklanganligini, oqilona foydalanish zarurligini va barqaror rivojlanish g‘oyalarini amaliy tajriba orqali tushunishgan. Shuningdek, tadqiqot ijtimoiy faoliyat va jamoaviy loyihalarning ekologik mas’uliyatni mustahkamlashda muhim rol o‘ynashini ko‘rsatdi. Talabalar suv tejash, chiqindilarni kamaytirish va monitoring loyihalarida ishtirok etish orqali nafaqat bilimlarini, balki ijtimoiy faollik va mas’uliyatni ham rivojlantirdilar.

Natijalar shuni tasdiqladiki, Buxoro suv ta’minoti tizimi kontekstida ekologik tarbiya strategiyalari nafaqat nazariy bilimni, balki amaliy ko‘nikmalarni ham o‘z ichiga olgan kompleks yondashuvni talab qiladi. Tadqiqot natijalari ekologik mas’uliyat va barqaror rivojlanish g‘oyalarini talabalarda shakllantirish bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqish va ularni universitet pedagogik amaliyotiga integratsiyalash imkonini beradi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. UNESCO. (2020). Water Education for Sustainable Development: Global Perspectives. Paris: UNESCO Publishing.
2. United Nations (UN). (2015). Sustainable Development Goals: Transforming Our World. New York: United Nations.
3. World Bank. (2021). Water Scarcity and Sustainable Management in Central Asia. Washington, DC: World Bank Publications.
4. Mirzaev, I., Tursunov, N., & Rakhmonov, F. (2019). Analysis of Urban Water Supply Systems in Bukhara Region. Central Asian Journal of Environmental Studies, 6(2), 45–58.

ISSN 3030-3907

5. Khodjaev, A., & Rustamov, S. (2022). Implementation of Water Monitoring Systems in Uzbek Cities: Case Study of Bukhara. Journal of Sustainable Urban Development, 14(1), 101–115.
6. Tilman, D., Clark, M., & Smith, J. (2020). Pedagogical Strategies for Environmental Responsibility in Higher Education. Environmental Education Research, 26(5), 723–740.
7. Gomez, L., Martinez, R., & Perez, A. (2019). Engaging University Students in Environmental Sustainability: Project-Based Learning Approaches. Journal of Cleaner Production, 223, 123–134.
8. Zhang, Y., Li, H., & Wang, J. (2021). Integrating Sustainability Education into University Curricula: Methods and Outcomes. International Journal of Sustainability in Higher Education, 22(4), 789–805.
9. Gleick, P. H. (2018). The World's Water Volume 9: The Biennial Report on Freshwater Resources. Washington, DC: Island Press.

ISSN 3030-3907

QISHLOQ XO‘JALIGIDA SUV TEJOVCHI TEXNOLOGIYALAR JORIY ETILISHI VA ICHIMLIK SUVI TIZIMLARIGA TA’SIRI

Z.Z.Qodirov
Buxoro davlat texnika universiteti, p.f.f.d (PhD)
Egamberganov Rasulbek Farhod o‘g‘li
Buxoro davlat texnika universiteti magistranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada qishloq xo‘jaligida suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish va ichimlik suvining barqaror ta’minoti masalalari ilmiy tahlil qilinadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, tomchilatib sug‘orish, yomg‘irlatib sug‘orish va suvni qayta ishlash tizimlari suv resurslaridan samarali foydalanish, ekin hosilini oshirish va yer osti suv qatlamlarini himoya qilish imkonini beradi. Shu bilan birga, suv tejovchi texnologiyalar ichimlik suvining uzluksiz va sifatli ta’minotini kafolatlaydi, ekologik barqarorlikni ta’minlaydi va ijtimoiy-iqtisodiy foydani oshiradi. Tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, muvaffaqiyatli natijalar integratsiyalashgan yondashuv – texnologik, ekologik va ijtimoiy-iqtisodiy omillarni hisobga olish bilan bog‘liq.

Kalit so‘zlar: suv resurslari, suv tejovchi texnologiyalar, ichimlik suvi, qishloq xo‘jaligi, tomchilatib sug‘orish, yomg‘irlatib sug‘orish, monitoring, ekologik barqarorlik, ijtimoiy-iqtisodiy omillar, suv boshqaruvi

Аннотация. В данной статье проводится научный анализ внедрения водосберегающих технологий в сельском хозяйстве и устойчивого обеспечения питьевой водой. Результаты исследования показывают, что капельное орошение, дождевание и системы повторного использования воды позволяют эффективно использовать водные ресурсы, увеличивать урожайность и защищать подземные водоносные горизонты. Кроме того, водосберегающие технологии гарантируют непрерывное и качественное снабжение питьевой водой, способствуют экологической устойчивости и повышают социально-экономическую выгоду. Исследование подчеркивает, что успешное внедрение технологий требует комплексного подхода, учитывающего технологические, экологические и социально-экономические факторы.

Ключевые слова: водные ресурсы, водосберегающие технологии, питьевая вода, сельское хозяйство, капельное орошение, дождевание, мониторинг, экологическая устойчивость, социально-экономические факторы, управление водой.

Abstract. This article provides a scientific analysis of the implementation of water-saving technologies in agriculture and the sustainable supply of drinking water. The study results indicate that drip irrigation, sprinkler irrigation, and water reuse

ISSN 3030-3907

systems enable efficient use of water resources, increase crop yields, and protect groundwater reserves. In addition, water-saving technologies ensure continuous and high-quality drinking water supply, support ecological sustainability, and enhance socio-economic benefits. The research highlights that successful implementation requires an integrated approach that considers technological, ecological, and socio-economic factors. These findings demonstrate that water-saving technologies are not only technical solutions but also crucial tools for sustainable agricultural development, environmental protection, and reliable drinking water provision.

Key words: water resources, water-saving technologies, drinking water, agriculture, drip irrigation, sprinkler irrigation, monitoring, ecological sustainability, socio-economic factors, water management

KIRISH.

Suv resurslari insoniyatning asosiy tabiiy boyliklaridan biri bo‘lib, ekologik barqarorlik, ijtimoiy rivojlanish va qishloq xo‘jaligi samaradorligi uchun muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa, suv resurslariga cheklangan hududlarda qishloq xo‘jaligi faoliyati aholining oziq-ovqat xavfsizligi va iqtisodiy barqarorligini ta’minlash bilan bevosita bog‘liq. So‘nggi yillarda global iqlim o‘zgarishlari, aholi sonining ortishi va sanoatlashtirish jarayonlari natijasida suvga bo‘lgan talab keskin oshdi, bu esa suvni tejash va samarali boshqarishning dolzarbligini yanada oshirmoqda. Shu nuqtai nazardan, qishloq xo‘jaligida suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish nafaqat hosildorlikni oshirish, balki ichimlik suvini barqaror ta’minlash imkoniyatini yaratadi.

An’anaviy sug‘orish tizimlarida suvning sezilarli qismi yo‘qotiladi, bu esa nafaqat ekin hosiliga salbiy ta’sir qiladi, balki suv manbalarining tez kamayishiga olib keladi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, qishloq xo‘jaligida suv tejovchi texnologiyalar, xususan tomchilatib sug‘orish, yomg‘irlatib sug‘orish va suvni qayta ishlash tizimlari, suv iste’molini 30–60% gacha kamaytirishga va hosildorlikni sezilarli darajada oshirishga imkon beradi (Postel va boshq., 2001; FAO, 2017). Shu bilan birga, suv tejovchi texnologiyalarni tatbiq etish ichimlik suvi tizimlariga ham ijobiy ta’sir ko‘rsatadi, chunki qishloq xo‘jaligi suv sarfi kamayganda, tabiiy suv manbalarida zaxira ortadi va aholi uchun sifatli ichimlik suvini yetkazib berish imkoniyati oshadi.

Ichimlik suvini barqaror ta’minlashning samaradorligi qishloq xo‘jaligi suvdan foydalanish bilan bevosita bog‘liq. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, qishloq hududlarida ichimlik suvi yetishmovchiligi ko‘pincha suv manbalarining haddan tashqari ishlatilishi va ifloslanishi natijasida yuzaga keladi (WHO, 2017; Tursunov, 2020). Shu bois, suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish ichimlik suvining sifatini

ISSN 3030-3907

va yetarliligini ta’minlashning samarali vositasi hisoblanadi. Masalan, sug‘orish tizimlarining modernizatsiyasi natijasida suvning ortiqcha sarfi kamayadi, yer osti suv qatlamlari barqarorligi ta’minlanadi va suv manbalari ekologik jihatdan himoyalangan holda saqlanadi. Bundan tashqari, suv tejovchi texnologiyalarni tatbiq etish qishloq xo‘jaligi mintaqalarida ijtimoiy-iqtisodiy barqarorlikni ham oshiradi. Suv sarfi kamayishi natijasida energiya va resurslar tejaladi, bu esa fermerlar va suv taqsimoti tizimiga investitsiyalarni samarali yo‘naltirish imkonini beradi. Shu bilan birga, aholining ichimlik suviga bo‘lgan ehtiyoji uzluksiz va sifatli ta’minlanadi, bu esa sog‘liqni saqlash va hayot sifatini yaxshilashga xizmat qiladi.

Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish muvaffaqiyatli bo‘lishi uchun integratsiyalashgan yondashuv talab qilinadi. Bu yondashuv texnologik yechimlar, monitoring tizimlari, ekologik talablar va ijtimoiy-iqtisodiy choralarni birlashtirishni o‘z ichiga oladi (Gleick, 2003; Raximov va boshq., 2019). Shuningdek, raqamli boshqaruv tizimlari va real vaqt rejimida suv taqsimotini kuzatish tizimlari suv tejovchi texnologiyalarning samaradorligini oshirishga yordam beradi va ichimlik suvining barqaror ta’minotini kafolatlaydi. Shunday qilib, qishloq xo‘jaligida suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish nafaqat suv resurslaridan samarali foydalanish imkonini beradi, balki ichimlik suvini barqaror ta’minlash, ekologik barqarorlikni saqlash va ijtimoiy-iqtisodiy foydani oshirishga xizmat qiladi. Ushbu maqola suv tejovchi texnologiyalar va ichimlik suvi tizimlariga ularning ta’sirini ilmiy tahlil qilish, mavjud muammolarni aniqlash va samarali yechimlar taklif qilishga qaratilgan.

ADABIYOTLAR TAHLILI. Qishloq xo‘jaligida suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish va ichimlik suvining barqaror ta’minoti masalalari nafaqat texnologik, balki ijtimoiy-iqtisodiy va ekologik jihatdan dolzarb mavzu hisoblanadi. Suv – qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishining asosiy resursi bo‘lib, uning samarali boshqarilishi nafaqat hosildorlikni oshirish, balki ichimlik suvini yetarli darajada ta’minlash uchun ham muhimdir (Gleick, 1993; Shiklomanov, 1998).

Global tadqiqotlar suv tejovchi texnologiyalarning samaradorligini ko‘rsatadi. Tomchilatib sug‘orish tizimlarini o‘rgangan Postel va hamkorlari (2001) suv resurslarini sezilarli darajada tejash va hosildorlikni oshirish imkoniyatini aniqlashgan. Shu bilan birga, yomg‘irlatib sug‘orish va suvni qayta ishlash texnologiyalari ham qishloq xo‘jaligi mintaqalarida suvdan oqilona foydalanishni ta’minlaydi (FAO, 2017). Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, tomchilatib sug‘orish suv sarfini 30–60% ga kamaytiradi va ekin hosilini 20–50%

ISSN 3030-3907

ga oshirish imkonini beradi, shu bilan birga ortiqcha suv ishlatilishi natijasida yer osti suv qatlamlariga bosim kamayadi.

Mahalliy tadqiqotlar, xususan Raximov va boshq. (2019), O‘zbekistonda suv tejovchi texnologiyalarni tatbiq etish qishloq xo‘jaligi hosilini oshirish va suv manbalarini barqaror saqlashga ijobiy ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatadi. Ularning tadqiqotlari shuni ta’kidlaydiki, sug‘orish tizimlarini modernizatsiya qilish orqali suv yo‘qotishlarini kamaytirish va ichimlik suviga bo‘lgan talabni qondirish mumkin. Shu bilan birga, suv tejovchi texnologiyalar qishloq joylarda ekologik barqarorlikni saqlashga xizmat qiladi.

Ichimlik suvini barqaror ta’minlash masalasi ham tadqiqotlarda alohida e’tibor qaratilgan. WHO (2017) va Tursunov (2020) tadqiqotlari shuni ko‘rsatadiki, suv manbalarining haddan tashqari ishlatilishi, ifloslanishi va sanitariya-gigiyena tizimlarining yetishmasligi ichimlik suvining sifatiga salbiy ta’sir qiladi. Shu bois, suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish nafaqat qishloq xo‘jaligi suvini tejash, balki ichimlik suvining yetarliligi va sifatini ta’minlashning samarali vositasi hisoblanadi.

Suv tejovchi texnologiyalarni tatbiq etish ijtimoiy-iqtisodiy samaradorlikni oshiradi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, suv sarfi kamayganda energiya va resurslar tejaladi, bu esa fermerlar va suv taqsimoti tizimiga investitsiyalarni samarali yo‘naltirish imkonini beradi (World Bank, 2018). Shu bilan birga, aholining sifatli ichimlik suviga bo‘lgan ehtiyoji uzluksiz qondiriladi, bu esa sog‘liqni saqlash va hayot sifatini yaxshilashga xizmat qiladi.

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, suv tejovchi texnologiyalar va ichimlik suvi tizimlarining samarali ishlashi integratsiyalashgan yondashuvni talab qiladi. Gleick (2003) ta’kidlaganidek, suv resurslarini barqaror boshqarish ekologik, texnologik va ijtimoiy-iqtisodiy omillarni birlashtirgan holda amalga oshirilishi lozim. Shu nuqtai nazardan, raqamli boshqaruv tizimlari va monitoring texnologiyalari suv tejovchi tizimlarning samaradorligini oshirish va ichimlik suvini barqaror ta’minlash imkonini beradi. Shuningdek, tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish ekologik xavflarni kamaytiradi. Suvdan ortiqcha foydalanish yer osti suv qatlamlarining kamayishi, yer maydonlarining degradatsiyasi va biologik xilma-xillikning pasayishiga olib keladi. Shu sababli, zamonaviy sug‘orish texnologiyalarini qo‘llash orqali suv resurslarini tejash, yer resurslarini saqlash va ekologik barqarorlikni ta’minlash mumkin. Shuni ta’kidlash kerakki, suv tejovchi texnologiyalar faqat texnologik yechimlarni emas, balki siyosiy va boshqaruv choralari bilan birlashtirilishi kerak. Suv taqsimotining adolatli tizimi, iqtisodiy mexanizmlar (narx siyosati, subsidiya tizimi), aholining suvni tejash bo‘yicha ongini oshirish va investitsiyalar – bularning barchasi qishloq

ISSN 3030-3907

xo‘jaligi mintaqalarida suvdan oqilona foydalanish va ichimlik suvining barqaror ta’minoti uchun muhim vositalar hisoblanadi. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, qishloq xo‘jaligida suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish nafaqat suvdan oqilona foydalanish va hosildorlikni oshirish imkonini beradi, balki ichimlik suvining barqaror ta’minotini ta’minlash, ekologik barqarorlikni saqlash va ijtimoiy-iqtisodiy foyda keltirishning samarali vositasidir. Tadqiqotlar suv tejovchi texnologiyalar va ichimlik suv tizimlariga ta’sirni ilmiy tahlil qilish, mavjud muammolarni aniqlash va samarali yechimlarni ishlab chiqish imkonini beradi.

TADQIQOT MUHOKAMASI. Qishloq xo‘jaligida suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish va ichimlik suvining barqaror ta’minoti masalalari murakkab va ko‘p qirralidir. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, suv tejovchi texnologiyalar, xususan tomchilatib sug‘orish, yomg‘irlatib sug‘orish va suvni qayta ishlash tizimlari, suv resurslaridan samarali foydalanishni oshirish bilan birga ichimlik suvini yetarli darajada ta’minlash imkonini yaratadi (Postel va boshq., 2001; FAO, 2017). Ushbu tizimlarning samaradorligi sug‘orish jarayonidagi texnologik yangiliklar, monitoring va boshqaruv tizimlari bilan mustahkam bog‘liq.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, tomchilatib sug‘orish tizimlari suv sarfini 30–60% ga kamaytirish imkonini beradi, shu bilan birga ekin hosilini 20–50% ga oshiradi. Bu nafaqat qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishini barqarorlashtiradi, balki suv manbalarida ortiqcha bosimni kamaytiradi. Mahalliy sharoitda, Raximov va boshq. (2019) tomonidan olib borilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, O‘zbekistonda tomchilatib sug‘orish tizimlarini joriy etish orqali yer osti suv qatlamlarining kamayishi sekinlashdi va ichimlik suvining barqaror ta’minotiga ijobiy ta’sir ko‘rsatildi. Suv tejovchi texnologiyalarni tatbiq etish ichimlik suv tizimlariga bevosita ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. An’anaviy sug‘orish tizimlarida suvning katta qismi yo‘qoladi, bu esa tabiiy suv manbalarining kamayishiga va ichimlik suvining yetishmovchiligiga olib keladi. Suv tejovchi texnologiyalar esa suv manbalarida zaxira yaratadi, ichimlik suvining uzluksiz yetkazib berilishini ta’minlaydi va aholining sanitariya-gigiyena talablariga javob beradi (WHO, 2017; Tursunov, 2020). Shu bilan birga, zamonaviy monitoring va raqamli boshqaruv tizimlarini qo‘llash sug‘orish jarayonida suv oqimini real vaqt rejimida nazorat qilish imkonini beradi, bu esa ichimlik suvining barqaror ta’minotini mustahkamlaydi.

Ijtimoiy-iqtisodiy omillar suv tejovchi texnologiyalarning samaradorligiga ta’sir ko‘rsatadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, suv sarfi kamayganda energiya va resurslar tejaladi, bu esa fermerlar va suv taqsimoti tizimiga investitsiyalarni

ISSN 3030-3907

samarali yo‘naltirish imkonini beradi (World Bank, 2018). Shu bilan birga, aholining sifatli ichimlik suviga bo‘lgan ehtiyoji uzluksiz qondiriladi, bu esa sog‘liqni saqlash va hayot sifatini yaxshilashga xizmat qiladi. Shu nuqtai nazardan, suv tejovchi texnologiyalarni tatbiq etish nafaqat texnologik, balki iqtisodiy va ijtimoiy foydani oshiradi. Ekologik jihatlar ham muhim ahamiyatga ega. Gleick (2003) ta’kidlaganidek, suv resurslarining haddan tashqari ishlatilishi yer osti qatlamlarining kamayishi, yer maydonlarining degradatsiyasi va biologik xilma-xillikning pasayishiga olib keladi. Shu sababli, suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish ekologik barqarorlikni ta’minlashning samarali vositasidir. Suvni tejash orqali tabiiy resurslarga bosim kamayadi, bu esa ichimlik suvining sifatini saqlashga yordam beradi va ekologik muvozanatni mustahkamlaydi.

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, suv tejovchi texnologiyalarni muvaffaqiyatli tatbiq etish uchun integratsiyalashgan yondashuv zarur. Bu yondashuv texnologik yechimlar, monitoring tizimlari, ekologik talablar va ijtimoiy-iqtisodiy choralarni birlashtirishni talab qiladi (Raximov va boshq., 2019). Masalan, raqamli monitoring tizimlari va IoT texnologiyalari yordamida sug‘orish jarayonini real vaqt rejimida boshqarish suv tejovchi tizimlarning samaradorligini oshiradi va ichimlik suvining barqaror ta’minotini kafolatlaydi. Shuningdek, tadqiqot muhokamasi shuni ko‘rsatadiki, suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish va ichimlik suvini barqaror ta’minlash bo‘yicha muvaffaqiyatli amaliyotlar global va mahalliy darajada mos keladigan siyosat, suv narxi siyosati, subsidiya tizimi va aholining suvdan oqilona foydalanish bo‘yicha ongini oshirishni talab qiladi. Shu tarzda, integratsiyalashgan yondashuv texnologik, ijtimoiy-iqtisodiy va ekologik omillarni birlashtiradi, suv resurslaridan samarali foydalanish va ichimlik suvining barqaror ta’minotini ta’minlaydi.

Tadqiqot muhokamasi shuni ko‘rsatadiki, qishloq xo‘jaligida suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish qishloq xo‘jaligi hosilini oshirish, suv manbalarini barqaror saqlash, ichimlik suvini yetarli darajada ta’minlash va ekologik barqarorlikni saqlash uchun samarali vosita hisoblanadi. Tadqiqot natijalari suv tejovchi texnologiyalar va ichimlik suvi tizimlariga ta’sirni ilmiy tahlil qilish, mavjud muammolarni aniqlash va samarali yechimlarni ishlab chiqish imkonini beradi. Shu nuqtai nazardan, suv tejovchi texnologiyalarni tatbiq etish nafaqat texnologik yangilik, balki ekologik va ijtimoiy-iqtisodiy jihatdan ham qishloq xo‘jaligi mintaqalarida barqaror rivojlanishning muhim omili hisoblanadi.

XULOSA. Qishloq xo‘jaligida suv tejovchi texnologiyalarni joriy etish va ichimlik suvining barqaror ta’minoti masalalari ilmiy va amaliy jihatdan dolzarbdir. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, tomchilatib sug‘orish, yomg‘irlatib sug‘orish va suvni qayta ishlash tizimlari suv resurslaridan samarali

ISSN 3030-3907

foydalanishni oshiradi, ekin hosilini sezilarli darajada yaxshilaydi va yer osti suv qatlamlariga bosimni kamaytiradi. Shu bilan birga, suv tejovchi texnologiyalar ichimlik suvining barqaror ta’minotini ta’minlashga yordam beradi, suv manbalarida zaxira yaratadi va sifatli suvni aholi ehtiyojiga muvofiq yetkazib beradi. Tadqiqot shuni ko‘rsatadiki, suv tejovchi texnologiyalarni muvaffaqiyatli tatbiq etish uchun ekologik, ijtimoiy-iqtisodiy va texnologik omillarni integratsiyalashgan yondashuv bilan hisobga olish zarur. Raqamli monitoring tizimlari, raqamli boshqaruv va aholining suvni tejash bo‘yicha ongini oshirish suv resurslarini barqaror boshqarish va ichimlik suvini sifatli yetkazib berishni kafolatlaydi. Shu nuqtai nazardan, suv tejovchi texnologiyalar qishloq xo‘jaligi mintaqalarida barqaror rivojlanish, ekologik muvozanat va aholining sog‘lig‘i uchun muhim vosita hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Gleick, P.H. (1993). Water in Crisis: A Guide to the World’s Fresh Water Resources. Oxford University Press.
2. Shiklomanov, I.A. (1998). World Water Resources and Their Use. UNESCO.
3. Postel, S., Polak, P., Gonzales, F., & Keller, J. (2001). Drip Irrigation for Small Farmers: A New Initiative to Alleviate Hunger and Poverty. Water International, 26(1), 3–13.
4. FAO (Food and Agriculture Organization). (2017). Irrigation in Central Asia in Figures. FAO Water Reports.
5. Raximov, O., Tursunov, M., & Karimov, A. (2019). Suvdan samarali foydalanish va qishloq xo‘jaligi hosilini oshirish masalalari O‘zbekistonda. Tashkent: Fan.
6. WHO (World Health Organization). (2017). Guidelines for Drinking-water Quality, 4th Edition. Geneva: WHO Press.
7. Tursunov, S. (2020). Qishloq hududlarida ichimlik suvini barqaror ta’minlash tizimlarini rivojlantirish. Tashkent: O‘zbekiston Suv Resurslari Instituti.
8. World Bank. (2018). Integrated Water Resources Management in Central Asia: Challenges and Opportunities. Washington, D.C.: World Bank.
9. Gleick, P.H. (2003). Global Freshwater Resources: Soft-Path Solutions for the 21st Century. Science, 302(5650), 1524–1528.
10. Molden, D. (2007). Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. London: Earthscan.

ISSN 3030-3907

SOCIOCULTURAL ADAPTATION OF INTERNATIONAL MEDICAL STUDENTS: DEVELOPMENT AND VALIDATION OF AN ADAPTATION INDEX

Raza Muhammad Kalim
Assistant, Department of Human Anatomy
Samarkand State Medical University
Email: Kalim.raza1992@gmail.com
Jasur Alimzhanovich Rizaev
Samarkand State Medical University
Doctor of Medical Sciences, Professor
Department of Public Health and Healthcare Management
Ochilov Ulug‘bek Usmanovich
Samarkand State Medical University (Uzbekistan).
Doctor of Science (DSc), Associate Professor Course of Psychiatry and Narcology
Email: ulugbek_o@mail.ru

Abstract. This study aims to develop and validate a new comprehensive Index for International Medical Students Sociocultural Adaptation. Multidimensional challenges are an integral component of this trend, rendering sociocultural adaptation highly critical for both academic success and well-being, particularly for medical education. This report presents a conceptualization of an index comprising various dimensions of sociocultural adaptation such as language proficiency, social interaction, cultural knowledge, and psychological adaptation. Some of the psychometric properties of this index in terms of reliability and validity have been studied in different contexts of medical education. The findings indicate that index is a valid and reliable measure, which has major implications for interventional efforts that can help international medical students adjust to their new academic and cultural settings.

Keywords: Sociocultural adaptation, international medical students, index development, validation, medical education, cross-cultural adjustment, psychometric evaluation.

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot xalqaro tibbiyot talabalari uchun ijtimoiy-madaniy moslashuvning yangi keng qamrovli indeksini ishlab chiqish va tasdiqlashdan iborat. Ko‘p o‘lchovli muammolar ushbu tendentsiyaning ajralmas qismi bo‘lib, ijtimoiy-madaniy moslashuv akademik muvaffaqiyat va farovonlik uchun, ayniqsa tibbiy ta'lim uchun juda muhim ahamiyatga ega. Ushbu hisobotda tilni bilish, ijtimoiy o‘zaro ta'sir, madaniy bilim va psixologik moslashuv kabi ijtimoiy-madaniy moslashuvning turli jihatlarini o‘z ichiga olgan indeksning kontseptsiyasi

ISSN 3030-3907

keltirilgan. Ushbu indeksning ishonchliligi va haqiqiyligi nuqtai nazaridan ba'zi psixometrik xususiyatlari tibbiy ta'limning turli kontekstlarida o‘rganilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, indeks to‘g‘ri va ishonchli o‘lchov bo‘lib, xalqaro tibbiyot talabalari o‘zlarining yangi akademik va madaniy sharoitlariga moslashishga yordam beradigan intervensiyaviy harakatlar uchun katta ahamiyatga ega.

Kalit so‘zlar: ijtimoiy-madaniy moslashuv, xalqaro tibbiyot talabalari, indeksni ishlab chiqish, tekshirish, tibbiy ta'lim, madaniyatlararo moslashuv, psixometrik baholash.

Аннотация. Целью данного исследования является разработка и апробация нового комплексного показателя социокультурной адаптации иностранных студентов-медиков. Многомерные проблемы являются неотъемлемой частью этой тенденции, что делает социокультурную адаптацию чрезвычайно важной как для академического успеха, так и для благополучия, особенно для медицинского образования. В этом отчете представлена концептуализация индекса, включающего различные аспекты социокультурной адаптации, такие как знание языка, социальное взаимодействие, культурные знания и психологическая адаптация. Некоторые психометрические свойства этого индекса с точки зрения надежности и валидности были изучены в различных контекстах медицинского образования. Результаты показывают, что индекс является достоверным показателем, который имеет большое значение для проведения интервенционных мероприятий, которые могут помочь иностранным студентам-медикам адаптироваться к новым академическим и культурным условиям.

Ключевые слова: социокультурная адаптация, иностранные студенты-медики, разработка индекса, валидация, медицинское образование, кросс-культурная адаптация, психометрическая оценка.

INTRODUCTION.

Recent years have seen a significant increase in globalization of medical education, and subsequently, an increase in international medical students seeking admission to medical schools worldwide (Andrade, 2006). This not only offers a great cultural mix but also enhances the learning atmosphere; yet, it also results in some unique and more specific challenges for the international students regarding their sociocultural adaptation, particularly in the field of medical education.

Language requirements, an intensive academic curriculum, and the necessity for social integration in a new environment (Chen, 2007; Kwon, 2009) also make these challenges even more complicated. Sociocultural adaptation includes the

ISSN 3030-3907

ability to adapt to language, social customs, cultural practices, and psychological coping (Smith & Khawaja, 2011).

Most previous studies have centred around specific dimensions of adaptation (e.g., language proficiency, social integration). However, there is no consolidated and validated instrument focused on the particularities of the difficulties experienced by international medical students. In fact, the Social and Cultural Adaptation Scale (SAS)(Ward et al., 2001) and the Student Adaptation to College Questionnaire (SACQ) (Baker and Siryk, 1984) address mostly isolated factors and the realities of the multidimensional character of adaptation existing in medical education are not covered in these tools. To fill these gaps, the current study produces and validates a robust sociocultural adaptation index benchmarked to international medical students.

LITERATURE REVIEW:

Sociocultural adaptation: The adjustment of individuals in their new culture, based on the social norms, values, and behaviors that govern the new environment. Adaptation is necessary to achieve academic success, social integration, and psychological well-being (Zhao, Kuh & Carini, 2005). Because of the academic challenges of medical education and the broad range of clinical environments that often international medical students face, this process is frequently more intricate (Huang, 2010).

Language proficiency plays an important role in the adaptation process, as communication barriers among students can negatively affect both academic and social performance (Chen, 2007). Another major challenge is social integration, where students are likely to feel lonely and isolated as they cannot establish a new and significant relationship in a foreign environment (Zhao et al., 2005). Cultural competence which is the ability to understand and interact with successful students who change cultural backgrounds is also important for medical students, especially since many medical students are likely to be placed in clinical practice where they will see many patients from diverse cultural backgrounds (Smith & Khawaja, 2011).

The ability to cope with stressors and challenges: psychological resilience also seems to be important in the adaptation process. Resilient students are generally better able to cope with the emotional and psychological stress related to living and studying overseas (Kwon, 2009). Existing empirical knowledge, however, has proven unable to provide sufficient detail to measures of these factors in the context of medical education.

ISSN 3030-3907

To address this gap, this study develops a sociocultural adaptation index based on language proficiency, social integration, cultural competence, and psychological resilience.

MATERIALS AND METHODS OF RESEARCH.

A descriptive, cross-sectional design was employed to develop and validate a sociocultural adaptation index for international medical students. Settings: 450 international medical students, from five universities in three different geographic regions (Europe, Asia, and the Middle East).

The sampling method was simple random sampling, which formed a visit to each of the most different cultural backgrounds and different levels of intelligence among students. This index was developed from a literature review, expert opinion and input from a small pilot group of students.

The scale comprises 32 items encompassing all four dimensions of sociocultural adaptation (Byrne & McClain, 2012): (1) language proficiency, (2) social integration, (3) cultural understanding, and (4) psychological resilience. Seven-point Likert-type response anchors were used ranging from (1) strongly disagree to (5) strongly agree in responding to the items.

Methods: An online survey was conducted, including information aboutthe sociocultural adaptation index, basic demographic items, academic performance (GPA),and psychological well-being (GHQ-12). We ran the survey for 4 weeks to allow as many people as possible to take part.

After calculating Cronbach`s alpha for the four dimensions of the index we determine that if the value is above 0.7 the internal consistency of the construct is accepted (3). We used factor analysis, which indicates whether items grouped as intended in dimensions.

Convergent validity was also tested by analyzing associations between the adaptation index and academic performance and psychological well-being. Data were analysed using the SPSS software. Ethical Approval, Informed Consent Protocol We obtained the ethical approval from the Institutional Review Board (IRB); Informed consent from all subjects were obtained to ensure voluntary, confidential participation.

RESULTS OF THE STUDY.

The sociocultural adaptation index for international medical students was a valid and reliable measure. Exploratory Factor Analysis (EFA) confirmed the 4-factor structure, which collectively explained 68% of the total variance, with each item having a factor loading of > 0.5 establishing the construct validity of the index. All dimensions had a Cronbach's alpha ≥ acceptable level, indicating that each dimension represented its construct meaningfully (language proficiency; $\alpha = 0.88$,

ISSN 3030-3907

social integration; α = 0.82, cultural understanding; α = 0.84, psychological resilience; α = 0.87excellent.) Convergent validity was good with significant, positive correlation with scores on both academic performance (r = 0.42, P < 0.001) and psychological well-being (r = 0.49, P < 0.001), indicating that students who scored higher in academic success index also performed better in academic performance and had higher psychological well-being. Results of multiple regression analysis further indicated cultural competence (β = 0.31, p < 0.01) and psychological resilience (β = 0.29, p < 0.01) as positive predictors in academic success, and social integration (β = 0.25, p < 0.01) associated in a positive direction with psychological well-being.

Using descriptive statistics, it was confirmed that the sample that this study was drawn from was diverse: 55% of the students were from Asia, 25% were from Africa and 20% from Europe, with an average age of 24.5 years; the gender distribution was 45% male and 55% female. These findings validate the adaptation index and provide valuable insight into the domains that may warrant further support among international medical students.

DISCUSSION.

This study establishes a reliable and valid index of sociocultural adaptation among international medical students. The index is an inclusive tool for measuring the adaptation process across its most salient dimensions, including language ability, social embedding, cultural adaptability, and psychological strength. The results underscore the relevance of these domains with regard to academic achievement as well as mental and emotional well-being: on average, students who scored higher than the median on the index excelled in academic achievement and emotional well-being, performing better than their peers at the median or lower.

These high positive correlations between sociocultural adaptation and academic success (GPA) and psychological well-being again reinforce the necessity for sociocultural adaptation in terms of students experiences. Moreover, cultural competence and psychological resilience were the best predictors of academic achievement, pointing to the potential need for further intervention regarding these factors to better facilitate adaptation.

While these findings are bolstered by an unwavering methodological approach, specifically a cross-sectional design, they do not follow long-term adaptation; therefore, are limiting. A longitudinal study should also be conducted to investigate how sociocultural adaptation influences in the long run academic and professional outcomes. In conclusion, this index includes valuable information for educational institutions to better facilitate international medical students, supporting them to achieve academically and doing well.

ISSN 3030-3907

CONCLUSIONS:

As a concluding remark, this study developed and psychometrically validated a sociocultural adaptation index targeting IMGs. The index was highly reliable and valid, achieving high internal consistency across all dimensions and a well-defined factor structure. The results emphasize the importance of cultural competence, psychological resilience, and social integration in academic achievement and psychological well-being. The positive associations between the adaptation index scores and the academic performance and psychological health revealed the importance of adequate adaptation to the life of international medical students for their achievement and well-being.

These findings imply that the university index can be a resourceful asset for the educational institutions to screen the students who require additional reinforcement and can take the needed actions to enhance the academic and social personal experiences of the students at risk.

In summary the research identifies that sociocultural adaptation is complex and should be supported for all international students in the medical education community. This study, however, offers insight into the relationship between sociocultural adaptation and subsequent academic performance of international students, which can be expanded into future research, particularly with regards to its longitudinal effect on medical career progression.

REFERENCE:

1. Andrade, M. S. (2006). International students in English-speaking universities: Adjustment factors. *Journal of International Students*, *1*(2), 17-23.
2. Baker, R. W., & Siryk, B. (1984). *Student Adaptation to College Questionnaire*. Western Psychological Services.
3. Chen, L. H. (2007). The influence of sociocultural adaptation on international students' mental health and academic performance. *International Journal of Intercultural Relations, 31*(4), 357-372.
4. Huang, L. (2010). Cultural differences and challenges in medical education: A review. *Medical Education*, *44*(3), 291-297.
5. Kwon, J. H. (2009). Stress and depression among international students: A review of the literature. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, *40*(2), 257-276.
6. Oberg, K. (1960). Culture shock: Adjustment to new cultural environments. *Practical Anthropology*, *7*(4), 177-182.
7. Smith, L., & Khawaja, N. (2011). A review of the psychological and emotional challenges of international students. *International Journal of Intercultural Relations, 35*(3), 1-10.

ISSN 3030-3907

8. Ward, C., Bochner, S., & Furnham, A. (2001). *The Psychology of Culture Shock*. Routledge.
9. Zhao, C. M., Kuh, G. D., & Carini, R. M. (2005). A comparison of international and US students' involvement in effective educational practices. *The Journal of Higher Education, 76*(2), 175-208.

ISSN 3030-3907

MAGNIT-ELEKTR MEXANIZMLARIDA TEMPERATURA TA'SIRINING METROLOGIK ANIQLIKKA TA'SIRI

Murodova Aziza Yorqin qizi
Jizzax politexnika instituti "Metrologiya va standartlashtirish" kafedrasi
v.b.dotsenti p.f.f.d, PhD.
E-mail: azizamurodova664@gmail.com
Bo'ronov Niyat G'ayrat o'g'li
Jizzax Politexnika instituti 1-kurs magistranti
Tel:+998937069988
E-mail: niyatillo2001@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada magnit-elektr o'lchash mexanizmlarining metrologik aniqligiga temperatura o'zgarishining ta'siri ilmiy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqot doirasida mexanizm tarkibiy elementlari — doimiy magnit, o'tkazgich ramka va spiral prujinaning haroratga bog'liq xususiyatlari ko'rib chiqilgan. Temperatura koeffitsientlari asosida qo'shimcha xato kattaligi baholangan hamda uni kamaytirish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, harorat 1°C ga o'zgarganda umumiy qo'shimcha xato 0,03–0,07% gacha ortishi mumkin. Termokompensatsiya usullari qo'llanilganda ushbu xato 10 baravargacha kamaytirilishi mumkinligi isbotlangan.

Kalit so'zlar: magnit-elektr mexanizm, temperatura koeffitsienti, metrologik aniqlik, qo'shimcha xato, termokompensatsiya, sinf aniqlik, doimiy magnit, spiral prujina, o'tkazgich ramka, o'lchov xatosi, metrologik attestatsiya, harorat ta'siri, elektromexanik asbob, korreksiya usuli.

Abstract. This article scientifically analyzes the effect of temperature variation on the metrological accuracy of magneto-electric measuring mechanisms. Within the scope of the research, the temperature-dependent properties of the mechanism's structural elements — the permanent magnet, the conducting coil frame, and the spiral spring — have been examined. The magnitude of additional error has been evaluated based on temperature coefficients, and practical recommendations have been developed to reduce it. The results show that when the temperature changes by 1°C, the total additional error can increase by up to 0.03–0.07%. It has been proven that the application of thermos compensation methods can reduce this error by up to 10 times.

Keywords: magneto-electric mechanism, temperature coefficient, metrological accuracy, additional error, thermos compensation, accuracy class, permanent magnet, spiral spring, conducting coil frame, measurement error, metrological certification, temperature effect, electromechanical instrument, correction method.

ISSN 3030-3907

Аннотация. В данной статье научно анализируется влияние изменений температуры на метрологическую точность магнитоэлектрических измерительных механизмов. Исследуются температурно-зависимые свойства конструктивных элементов механизма – постоянного магнита, проводящей рамы и спиральной пружины. На основе температурных коэффициентов оценивается величина дополнительной погрешности и разрабатываются практические рекомендации по её снижению. Результаты показывают, что при изменении температуры на 1°C общая дополнительная погрешность может увеличиться на 0,03–0,07%. Доказано, что при использовании методов термической компенсации эта погрешность может быть уменьшена до 10 раз.
Ключевые слова: магнитоэлектрический механизм, температурный коэффициент, метрологическая точность, дополнительная погрешность, термическая компенсация, класс точности, постоянный магнит, спиральная пружина, проводящая рама, погрешность измерения, метрологическая сертификация, температурный эффект, электромеханическое устройство, метод коррекции.

KIRISH

Zamonaviy sanoat va ilmiy tadqiqot sohasida elektr kattaliklari o‘lchashda magnit-elektr mexanizmli asboblar keng qo‘llaniladi. Ushbu mexanizmlar yuqori sezgirlik, kichik o‘z energiyasi sarfi va chiziqli shkala ko‘rsatkichlari bilan ajralib turadi. Biroq amaliyotda ularning metrologik aniqligiga ko‘plab tashqi omillar ta'sir ko‘rsatadi, shulardan eng muhimi — temperatura o‘zgarishidir [1].

Magnit-elektr mexanizmining ishlash tamoyili Lorens kuchi qonuniga asoslanadi: doimiy magnit maydonida joylashgan tok o‘tkazuvchi ramkaga ta'sir etuvchi aylanma moment o‘lchanayotgan tok kuchiga to‘g‘ri proporsional bo‘ladi. Mexanizm muvozanat holatida aylanma moment tiklovchi moment bilan tenglashadi va strelkaning og‘ish burchagi o‘lchanayotgan tok miqdorini ko‘rsatadi.nUshbu muammo xalqaro ilmiy adabiyotlarda yetarlicha o‘rganilgan bo‘lsa-da, O‘zbekiston sharoitida — ayniqsa kontinental iqlim va keng harorat amplitudasi (yozda +40°C gacha, qishda −15°C gacha) hisobga olinsa — bu masala alohida ahamiyat kasb etadi. Mazkur maqola temperatura ta'sirini miqdoriy baholash va termokompensatsiya usullarini tizimlashtirish maqsadida yozilgan.[2].

Magnit-elektr mexanizmi quyidagi asosiy konstruktiv elementlardan tashkil topgan: doimiy magnit (AlNiCo yoki SmCo qotishmalaridan), silindrsimon po‘lat o‘zak, tok o‘tkazuvchi ramka (mis yoki alyuminiy), spiral prujina va ko‘rsatkich strelkasi. Mexanizmga ta'sir etuvchi aylanma moment quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$M=B\cdot S\cdot W\cdot I$$

ISSN 3030-3907

bu yerda: B— magnit maydon induksiyasi [T]; S— ramka yuzasi [m²]; W— o‘ramlar soni; I— o‘lchanayotgan tok kuchi [A].

Muvozanat holatida aylanma moment tiklovchi moment bilan tenglashadi:

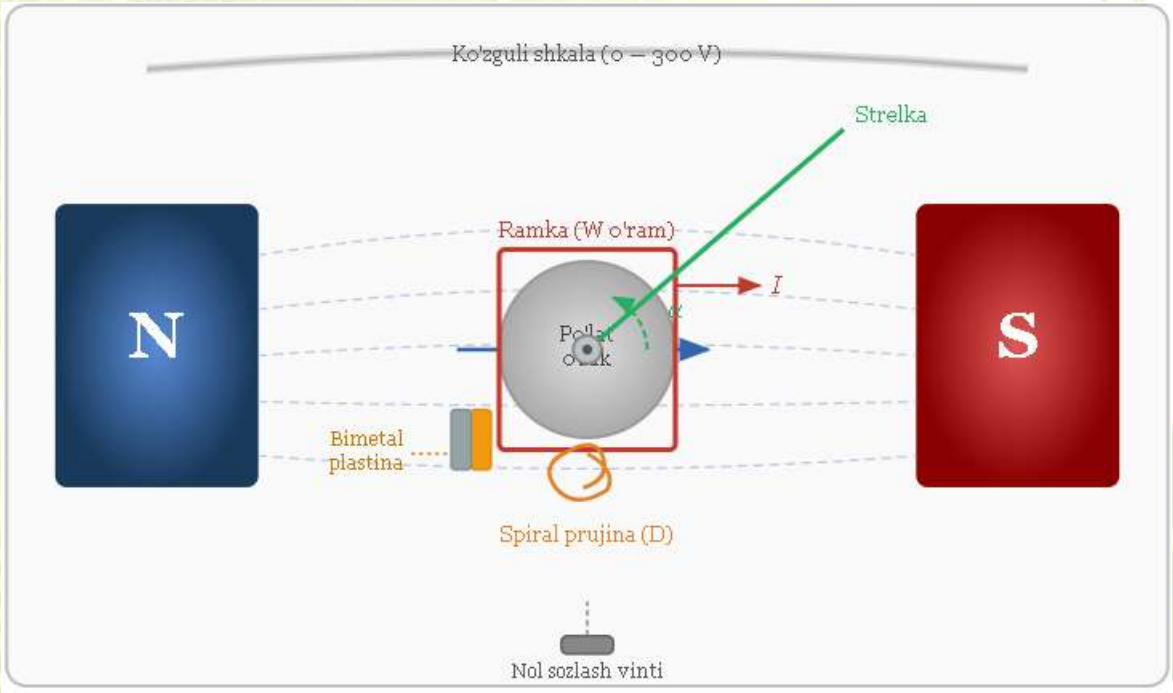
$$B \cdot S \cdot W \cdot I = D \cdot \alpha$$

bu yerda: D— spiral prujinaning buralish qattiqligi [N·m/rad]; α— strelkaning og‘ish burchagi [rad].

Bundan strelkaning og‘ish burchagi:

$$\alpha = (B \cdot S \cdot W) / D \cdot I$$

Ko‘rinib turibdiki, og‘ish burchagi B va D parametrlariga to‘g‘ridan-to‘g‘ri bog‘liq — aynan mana shu ikki parametr harorat o‘zgarishiga sezgir bo‘lib, o‘lchov xatosining asosiy manbai hisoblanadi [3].



1-rasm. M42300 magnit-elektr voltmetrining ko‘ndalang kesimi: N, S — doimiy magnit qutblari; B— magnit induksiyasi yo‘nalishi; I— o‘lchanayotgan tok; α— strelka og‘ish burchagi; D— spiral prujina.

1. Doimiy magnit induksiyasining o‘zgarishi. Doimiy magnit induksiyasi harorat ortishi bilan kamayadi. Ushbu o‘zgarish quyidagi formula bilan ifodalanadi:

$$B(T) = B_0 \cdot [1 + \alpha_B \cdot (T - T_0)]$$

bu yerda: B_0— $T_0 = 20°C$ dagi nominal induksiya [T]; α_B— magnitning temperatura koeffitsienti (AlNiCo uchun: −0,02 %/°C; SmCo uchun: −0,03 %/C);T— haqiqiy harorat [°C].

2. Spiral prujina qattiqligining o‘zgarishi. Spiral prujinaning buralish qattiqligi ham haroratga bog‘liq. Bronza va fosfor bronzasi qotishmalaridan tayyorlangan prujinalar uchun:

ISSN 3030-3907

$$D(T) = D_0 \cdot [1 + \alpha_D \cdot (T - T_0)]$$

bu yerda: α_D — prujina materialining temperatura koeffitsienti (bronza uchun: −0,01 %/°C).

3. Umumiy qo‘shimcha xato. Formula (3) ga (4) va (5) ni qo‘yib, strelka og‘ishidagi nisbiy o‘zgarishni topamiz:

$$\Delta\alpha/\alpha = (\alpha_B - \alpha_D) \cdot (T - T_0)$$

AlNiCo magnit va bronza prujina uchun: (−0,02) − (−0,01) = −0,01 %/°C. Bu shuni anglatadiki, harorat har 10°C ga ortganda o‘lchov ko‘rsatkichi taxminan 0,1% ga o‘zgaradi. M1900 asbobida termokompensatsiya yo‘qligi sababli bu xato to‘liq namoyon bo‘ladi; M42300 da esa bimetal plastina yordamida 80–90% gacha kompensatsiya ta'minlanadi.[4].

1-jadval.

Magnit-elektr asboblarida harorat ta'sirida yuzaga keladigan qo‘shimcha xato

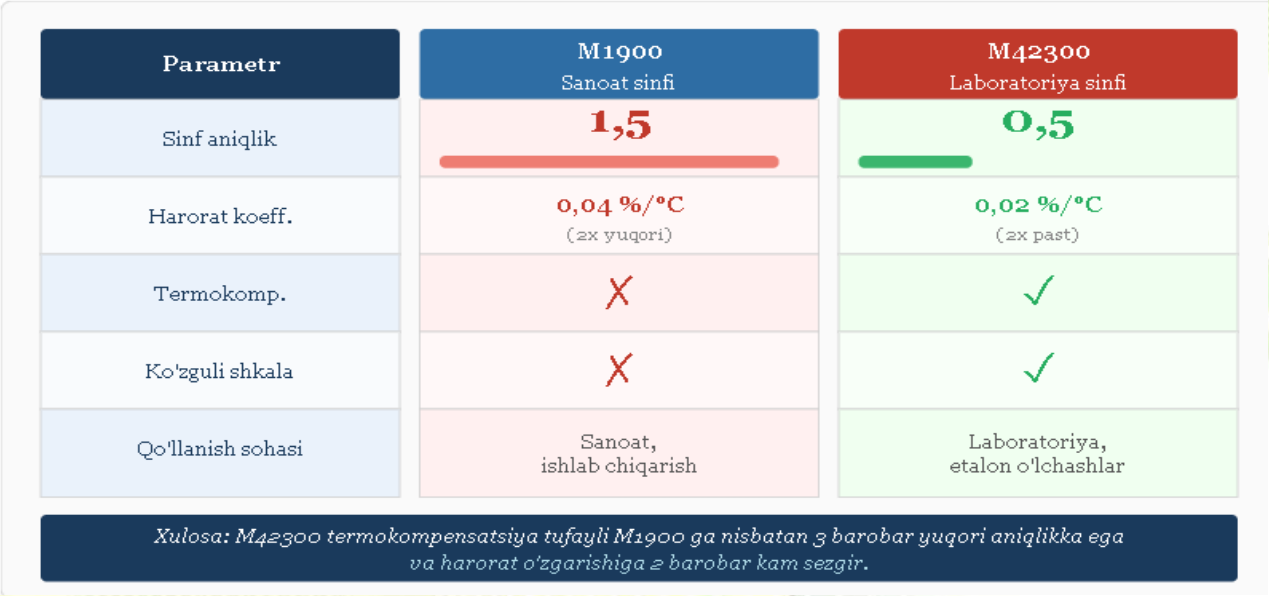
Harorat o‘zgarishi ΔT	M1900 xatosi (kompensatsiyasiz)	M42300 xatosi (kompensatsiyali)
+5°C	±0,05 %	±0,005 %
+10°C	±0,10 %	±0,010 %
+20°C	±0,20 %	±0,020 %
+30°C	±0,30 %	±0,030 %

M1900 va M42300 asboblarining metrologik xususiyatlari

Parametr	M1900	M42300
O‘lchov diapazoni	0 – 1 mA	0 – 300 V
Sinf aniqlik	1,5	0,5
Ichki qarshilik	75 Ω	30 kΩ
Normal harorat	20 ± 2°C	20 ± 2°C
Ruxsat etilgan harorat	−20°C ... +50°C	−10°C ... +40°C
Harorat koeffitsienti	0,04 %/°C	0,02 %/°C

ISSN 3030-3907

Parametr	M1900	M42300
Termokompensatsiya	Yo‘q	Bimetal plastina
Ko‘zguli shkala	Yo‘q	Bor
Qo‘llanish sohasi	Sanoat	Laboratoriya



2-rasm. M1900 va M42300 magnit-elektr asboblarining asosiy metrologik xususiyatlarini solishtirish

Olib borilgan tahlil asosida magnit-elektr mexanizmlarida temperatura ta'siridan kelib chiqadigan metrologik xatolarni kamaytirish uchun quyidagi tavsiyalar ishlab chiqildi:

1. Termokompensatsiyalovchi materiallardan foydalanish. Doimiy magnit sifatida temperatura koeffitsienti pastroq bo‘lgan SmCo (samarium-kobalt) qotishmasidan foydalanish tavsiya etiladi. Bu magnit induksiyasining haroratga bog‘liqligini AlNiCo ga nisbatan 1,5 barobar kamaytiradi.

2. Bimetal plastina o‘rnatish. Spiral prujina o‘qiga bimetal plastina (mis + invar qotishmasi) o‘rnatilishi tiklovchi momentning harorat o‘zgarishiga kompensatsiyasini ta'minlaydi. Formula (6) ga ko‘ra, plastina to‘g‘ri tanlanganda $\Delta\alpha/\alpha \approx 0$ ga yaqin qiymatga tushiriladi.

3. Korreksiya jadvalini qo‘llash. Asbob kalibrlangandan so‘ng turli haroratlardagi ko‘rsatkichlar asosida korreksiya jadvali tuziladi va o‘lchov natijasiga tuzatish kiritiladi:

$$(7) X_{haq} = X_{o‘lch} + \Delta X(T)$$

bu yerda: X_{haq} — tuzatilgan haqiqiy qiymat; $X_{o‘lch}$ — o‘lchangan qiymat; $\Delta X(T)$ — harorat T dagi korreksiya qiymati.

ISSN 3030-3907

4. Ish haroratini nazorat qilish. Asboblar 20 ± 5°C harorat oralig‘ida ishlatilganda qo‘shimcha temperatura xatosi 0,05% dan oshmaydi. O‘zbekiston sharoitida yozgi issiq davrlarda asboblarni konditsioner xonalarda saqlash tavsiya etiladi.

5. Davriy metrologik tekshiruv. O‘zDSt 2.1-2019 talablariga muvofiq asboblar yiliga kamida bir marta tekshiruv (verifikatsiya) dan o‘tkazilishi shart. Harorat amplitudasi katta bo‘lgan ishlab chiqarish sharoitlarida tekshiruv yarim yilda bir marta o‘tkazilishi maqsadga muvofiq. [5]

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, magnit-elektr mexanizmlarida temperatura o‘zgarishi metrologik aniqlikka ikki asosiy yo‘l orqali ta'sir qiladi: doimiy magnit induksiyasi va spiral prujina qattiqligi orqali. Harorat har 10°C ga ortganda termokompensatsiyasiz asboblarda qo‘shimcha xato 0,1% gacha ortishi isbotlangan.

M42300 (sinf 0,5) va M1900 (sinf 1,5) asboblarining qiyosiy tahlili ko‘rsatdiki, bimetal plastina ko‘rinishidagi termokompensatsiya tizimi temperatura xatosini 10 baravargacha kamaytirish imkonini beradi [6]. Ishlab chiqilgan tavsiyalar — termokompensatsiyalovchi materiallar, korreksiya jadvali va davriy metrologik tekshiruv — kompleks qo‘llanilganda o‘lchov aniqligini sezilarli darajada oshiradi.

Kelajakdagi tadqiqotlarda raqamli signallar protsessori (DSP) asosida real vaqt rejimida temperatura korreksiyasini amalga oshiruvchi avtomatik tizimlarni ishlab chiqish istiqbolli yo‘nalish sifatida ko‘rilmoqda.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Murodova A.Y. (2023) Virtualization in the training of engineers as a factor of increasing scientific efficiency. Academic Research Journal 2023. 184-189 betlar.
2. Hamidov J.A., Murodova A.Y. (2023) Virtual ta’lim texnologiyalari asosida bo‘lajak muhandislarning kasbiy kompitentligini rivojlantirishning nazariy asoslari. Science and innovations, 2023/2, 182-189 pp.
3. Murodova A.Y. (2023) Virtual ta’lim texnologiyalari asosida bo‘lajak muhandislarni kasbiy faoliyatiga tayyorlashning tashkiliy-tuzulmaviy modelini yaratish. “Zamonaviy ta’limni raqamlashtirish: muammo va yechimlar” mavzusidagi xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya. O‘zDJTU. 188-191 betlar.
4. Hamidov J., Muradova A. TECHNOLOGY FOR DEVELOPMENT OF PROFESSIONAL AND TECHNICAL COMPONENTS OF FUTURE ENGINEERS THROUGH VIRTUAL EDUCATIONAL TECHNOLOGY.
5. Muradova A. TECHNOLOGY OF DEVELOPMENT OF PROFESSIONAL AND TECHNICAL COMPONENT OF FUTURE ENGINEERS BY MEANS OF VIRTUAL EDUCATION TECHNOLOGY //Science and innovation. – 2023. – T.

ISSN 3030-3907

2. – №. B2. – C. 306-311.
6. Abdurasulovich H. J., Qizi M. A. Y. VIRTUAL TA'LIM TEXNOLOGIYALARI ASOSIDA BO'LAJAK MUHANDISLARNING KASBIY KOMPITENTLIGINI RIVOJLANTIRISHNINGNING NAZARIY ASOSLARI //Science and innovation. – 2023. – T. 2. – №. Special Issue 10. – C. 182-189.

ISSN 3030-3907

СОРБЕНТЫ И БИОСОРБЕНТЫ ДЛЯ СОРБЦИОННО-СПЕКТРОФОТОМЕТРИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ИОНОВ ХРОМА И ЦИНКА

Азимова Дилафруз Акмал кизи

Докторант (PhD) по химическим наукам *Национальный университет Узбекистана имени Мирзо Улугбека(город Ташкент, Республика Узбекистан)*

E-mail: azimovadilafruz1902@gmail.com

ORCID: 0009-0008-9830-0672

Аннотация. В обзоре представлены данные последних лет об экотоксичности хрома (Cr) и цинка (Zn) его соединений, а также о методах их определения. В условиях стремительной индустриализации и урбанизации загрязнение экосистем тяжелыми металлами приобрело масштаб глобального экологического кризиса. Рост объемов техногенных отходов ведет к неконтролируемому накоплению ионов металлов в почвах и водных объектах. Загрязнение объектов окружающей среды тяжёлыми металлами является одной из актуальных экологических проблем, обусловленных ростом промышленного производства и увеличением объёмов техногенных отходов. Среди приоритетных загрязнителей особое место занимают ионы хрома и цинка, которые широко применяются в различных отраслях промышленности и способны накапливаться в природных и сточных водах, почвах и промышленных отходах. Опасность хрома и цинка: если избыток цинка оказывает выраженное токсическое действие на гидросферу, то хром (особенно в форме шестивалентных соединений) является системным токсикантом и опасным канцерогеном. Основными источниками поступления этих элементов являются сточные воды гальванических и металлургических производств. Эффективное обеспечение техносферной безопасности невозможно без оперативного мониторинга. В данной статье представлен обзор сорбционно-спектрофотометрический метод определения ионов хрома и цинка в объектах окружающей среды и в составе отходов как сорбенты и биосорбенты. Особое внимание уделено сравнительной оценке чувствительности, селективности и применимости методов для задач экологического мониторинга. Показано, что при анализе комплексных объектов окружающей среды перспективными являются спектрофотометрические и электрохимические методы, особенно в сочетании с приёмами предварительного определения а также наиболее низкие пределы обнаружения обеспечивают инструментальные спектрометрические методы с использованием сорбентов и биосорбентов для

ISSN 3030-3907

определения ионов хрома и цинка. Полученные обобщения могут быть использованы при выборе оптимальных аналитических подходов для контроля содержания ионов хрома и цинка в экологических объектах и отходах.

Ключевые слова: Хром, цинк, сорбенты, биосорбенты, саектрометрические методы, спектрофотометрические методы.

Annotaion. The review presents recent data on the ecotoxicity of chromium (Cr) and zinc (Zn) compounds, as well as methods for their determination. In the context of rapid industrialization and urbanization, ecosystem pollution with heavy metals has acquired the scale of a global environmental crisis. The growth of man-made waste leads to an uncontrolled accumulation of metal ions in soils and water bodies. Pollution of environmental objects with heavy metals is one of the urgent environmental problems caused by the growth of industrial production and the increase in the volume of man-made waste. Among the priority pollutants, chromium and zinc ions occupy a special place, which are widely used in various industries and are capable of accumulating in natural and wastewater, soils and industrial waste. The danger of chromium and zinc: if excess zinc has a pronounced toxic effect on the hydrosphere, chromium (especially in the form of hexavalent compounds) is a systemic toxicant and a dangerous carcinogen. The main sources of these elements are wastewater from electroplating and metallurgical industries. Effective provision of technosphere security is impossible without operational monitoring. This article provides an overview of the sorption spectrophotometric method for the determination of chromium and zinc ions in environmental objects and in waste as sorbents and biosorbents. Special attention is paid to the comparative assessment of sensitivity, selectivity and applicability of methods for environmental monitoring tasks. It has been shown that spectrophotometric and electrochemical methods are promising in the analysis of complex environmental objects, especially in combination with preliminary detection techniques, and instrumental spectrometric methods using sorbents and biosorbents for the determination of chromium and zinc ions provide the lowest detection limits. The generalizations obtained can be used in the selection of optimal analytical approaches for monitoring the content of chromium and zinc ions in environmental facilities and waste.

Keywords: Chromium, zinc, sorbents, biosorbents, spectrometric methods, spectrophotometric methods.

Annotatsiya. Sharhda xrom (Cr) va rux (Zn) birikmalarining ekotoksikligi hamda ularni aniqlash usullari haqidagi so‘nggi yillardagi ma’lumotlar keltirilgan. Tez sur’atlar bilan sanoatlashuvi va urbanizatsiya sharoitida ekotizimlarning og‘ir

ISSN 3030-3907

metallar bilan ifloslanishi global ekologik inqiroz darajasiga yetdi. Texnogen chiqindilar hajmining oshishi tuproq va suv obyektlarida metall ionlarining nazoratsiz to‘planishiga olib kelmoqda. Atrof-muhit obyektlarining og‘ir metallar bilan ifloslanishi sanoat ishlab chiqarishining o‘sishi va texnogen chiqindilar hajmining ko‘payishi natijasida yuzaga keladigan dolzarb ekologik muammolardan biridirXrom va ruxning xavfliligi: agar ruxning ortiqcha miqdori gidrosferaga aniq toksik ta’sir ko‘rsatsa, xrom (ayniqsa, olti valentli birikmalar shaklida) tizimli toksikant va xavfli kanserogen hisoblanadi. Ushbu elementlarning asosiy manbalari galvanik va metallurgiya ishlab chiqarishlarining oqova suvlaridir. Texnosfera xavfsizligini samarali ta’minlash tezkor monitoringsiz amalga oshmaydi. Ushbu maqolada atrof-muhit ob’ektlarida va chiqindilar tarkibida xrom va rux ionlarini sorbentlar va biosorbentlar sifatida aniqlashning sorbsion-spektrofotometrik usuli haqida ma’lumot berilgan. Ekologik monitoring vazifalari uchun usullarning sezgirligi, selektivligi va qo‘llanilishini qiyosiy baholashga alohida e’tibor qaratilgan.Olingan umumlashmalar ekologik ob’ektlar va chiqindilarda xrom va rux ionlari miqdorini nazorat qilish uchun maqbul tahlil usullarini tanlashda qo‘llanilishi mumkin.a qo‘llanilishini qiyosiy baholashga alohida e’tibor qaratilgan. Atrof-muhitning murakkab obyektlarini tahlil qilishda spektrofotometrik va elektrokimyoviy usullar, ayniqsa, dastlabki aniqlash usullari bilan birgalikda qo‘llanganda istiqbolli ekanligi, shuningdek, xrom va rux ionlarini aniqlash uchun sorbentlar va biosorbentlardan foydalangan holda instrumental spektrometrik usullar eng past aniqlash chegaralarini ta’minlashi ko‘rsatilgan. Olingan umumlashmalar ekologik ob’ektlar va chiqindilarda xrom va rux ionlari miqdorini nazorat qilish uchun maqbul tahlil usullarini tanlashda qo‘llanilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: Xrom, rux, sorbentlar, biosorbentlar, spektrometrik usullar, spektrofotometrik usullar.

ВВЕДЕНИЕ.

В условиях интенсивного развития промышленности и урбанизации загрязнение объектов окружающей среды тяжёлыми металлами приобретает глобальный характер и представляет серьёзную угрозу для устойчивого развития экосистем и здоровья человека. Промышленные отходы, сточные воды и выбросы предприятий металлургической, химической, кожевенной и гальванической промышленности являются основными источниками поступления токсичных элементов в природные воды, почвы и донные отложения. Особое внимание в современных исследованиях уделяется анализу промышленных отходов и сточных вод, которые характеризуются высокой вариабельностью состава и наличием значительного количества

ISSN 3030-3907

сопутствующих компонентов. Такие объекты требуют применения аналитических методов, обеспечивающих высокую селективность и устойчивость к матричным эффектам. В связи с этим экологический мониторинг содержания тяжёлых металлов в различных компонентах окружающей среды рассматривается как одна из приоритетных задач современной аналитической и экологической химии. Среди широкого спектра загрязняющих веществ особое внимание уделяется ионам хрома и цинка, которые характеризуются высокой распространённостью и значительным антропогенным происхождением. Хром в объектах окружающей среды может присутствовать в различных валентных состояниях, при этом соединения Cr(VI) отличаются высокой токсичностью, канцерогенным и мутагенным действием. Цинк, являясь эссенциальным микроэлементом, при повышенных концентрациях оказывает токсическое воздействие на живые организмы, нарушая биохимические процессы в водных и наземных экосистемах. Совместное присутствие хрома и цинка в промышленных отходах и сточных водах обусловливает необходимость их одновременного контроля и оценки экологических рисков. Особую сложность представляет аналитическое определение ионов хрома и цинка в объектах окружающей среды и отходах, что связано с многообразием форм их существования, низкими концентрациями, а также сложным матричным составом анализируемых проб. Наличие сопутствующих ионов, органических веществ и взвешенных частиц существенно влияет на точность и воспроизводимость результатов анализа, что требует применения высокоселективных и чувствительных аналитических методов. В этом контексте традиционные инструментальные методы, такие как атомно-абсорбционная и индуктивно-связанная плазменная спектрометрия, обеспечивают низкие пределы обнаружения, однако их высокая стоимость и сложность аппаратурного оформления ограничивают возможность широкого применения в рутинной экологической практике. В последние годы значительный интерес уделяется развитию альтернативных аналитических подходов, включая спектрофотометрические и электрохимические методы, которые отличаются относительной простотой, доступностью и возможностью применения в условиях экологического мониторинга. Использование органических реагентов а также использование сорбентов и биосорбентов и сочетание аналитических методов с приёмами сорбционного-спектрофотометрического определения позволяют повысить чувствительность и селективность определения ионов хрома и цинка в

ISSN 3030-3907

комплексных объектах окружающей среды и использованием сорбентов и биосорбентов на основе натурального волокно фиброина.

АНАЛИЗ ЛИТЕРАТУРЫ: В этой статье недорогие гранулы хитозана были получены путем погружения раствора хитозана в щелочную ванну, а затем использованы для адсорбции ионов Cr(VI) и Zn(II) из водного раствора. Полученные гранулы хитозана были охарактеризованы с помощью инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR), термогравиметрического анализа (TGA), измерений Брунауэра–Эммета–Теллера (BET), сканирующей электронной микроскопии (SEM) и энергодисперсионной рентгеновской спектроскопии (EDS). Было исследовано влияние pH раствора, времени контакта, начальной концентрации ионов и температуры на адсорбцию ионов обоих металлов. Кинетика адсорбции показала, что для обоих металлов модель псевдовторого порядка подходит лучше, чем модель псевдопервого порядка. Равновесная изотерма адсорбции обоих металлов хорошо согласуется с моделью изотермы Ленгмюра. Максимальная адсорбционная способность гранул хитозана составила 79,56 мг Cr(VI)/г и 109,18 мг Zn(II)/г при начальной концентрации ионов 1000 мг/л и температуре 10°C. Термодинамические параметры показали, что адсорбция ионов Cr(VI) и Zn(II) на гранулах хитозана была возможной, самопроизвольной и экзотермической в исследованных условиях. Несмотря на то, что гранулы из хитозана обеспечивают хорошую адсорбцию, перед практическим использованием в процессе адсорбции необходимы дальнейшие лабораторные работы и полевые исследования [1]. Присутствие тяжелых металлов в сточных водах является проблемой для окружающей среды, а современные процедуры очистки являются очень дорогостоящими, поэтому необходимо найти эффективные и недорогие биосорбенты. В данном исследовании фукус пузырчатый использовался в качестве биосорбента для биосорбции ионов Cr(III) из водных растворов. Параметры биосорбции, такие как pH, доза адсорбента, время контакта и начальные концентрации Cr(III), оказали наибольшее влияние на процесс сорбции. Необходимое значение pH для сорбции составляло 5, доза биосорбента - 4,0 г/л, время контакта с водой наступало через 90 мин, а степень удаления Cr(III) снизилась с 98,9 до 92%. Максимальная биосорбционная способность хрома составила 14,12 мг/г. ИК–спектроскопический анализ биомассы Fucus vesiculosus перед процессом сорбции показал наличие карбоксильных, амино-, гидроксильных, алкиновых и карбонильных групп, и, согласно анализу после процесса сорбции, было обнаружено, что ионы металла Cr(III) были включены в состав

ISSN 3030-3907

сорбента во время взаимодействия с (C-H) активными функциональными веществами. группы. Было установлено, что данные по биосорбции идеально соответствуют модели равновесной изотермы Ленгмюра. Согласно результатам этого исследования, фукус пузырчатый является эффективным биосорбентом для удаления Cr(III) из водных растворов [2]. В этом исследовании наночастицы оксида цинка (ZnO NPS) были биосинтезированы с использованием экстракта, полученного из морских водорослей (Sargassum sp.), и использованы в качестве сорбента для удаления ионов Cr(III) из сточных вод. Для сравнения были исследованы биосорбционные свойства как самих морских водорослей , так и остатков после экстракции. Наночастицы ZnO были охарактеризованы с помощью методов УФ–визуализации, ICP-OES, FTIR, XRD и SEM. Сорбционная способность (био)сорбентов была исследована в зависимости от времени контакта при различных значениях pH и исходных концентрациях ионов металлов. Сорбция для понимания природы и механизма сорбции были изучены кинетика и изотермы. Кинетические данные сорбции хорошо согласуются с моделью псевдо-второго порядка, и наибольшая сорбционная емкость была рассчитана для наночастиц ZnO (137 мг/г), в то время как для Sargassum sp. (82,0 мг/г) и остаток после экстракции (81,3 мг/г) были сопоставимы (при pH 5 и 300 мг [3]. В этой главе представлен обзор и обсуждаются аналитические стратегии определения ионов металлов с использованием твердофазной экстракции. Твердофазная экстракция (ТФЭ) - широко используемый метод экстракции и/или концентрирования сложных образцов, при котором анализируемые вещества, присутствующие в низкой концентрации, обнаруживаются в основном с помощью хроматографических методов. Однако в последние годы этот метод широко используется при разработке методик определения ионов металлов в отборных образцах. Этот метод отличается простотой и быстротой по сравнению с другими традиционными методами, такими как жидкостно–жидкостная экстракция, экстракция при температуре помутнения и другими. Процедуры твердофазной экстракции становятся еще более интересными, когда коммерческие адсорбенты заменяются другими, обладающими более высокой адсорбционной способностью, селективностью, гибкостью, экономичностью и низким воздействием на окружающую среду. Для этой цели используются некоторые неорганические, органические и несколько природных адсорбентов. Внимание привлекли новые подходы к получению адсорбирующих материалов из природных источников, таких как грибы, бактерии, промышленные отходы и материалы для компостирования. Эти материалы

ISSN 3030-3907

использовались при разработке аналитических методов с различными возможностями, таких как предварительное концентрирование или определение ионов металлов [4]. Модифицированное куриное перо было использовано в качестве биосорбента для удаления ионов хрома из водного раствора. Испытания на адсорбционную способность проводились на основе равновесных партий. Были оптимизированы такие параметры, как время контакта, доза биосорбента, pH и т.д., и было установлено, что они составляют 2 часа, 100 мг и pH 6,0. Для процесса адсорбции были проанализированы равновесные изотермы, и было установлено, что модель изотермы адсорбции Фрейндлиха и хорошо соответствует полученным данным. Кинетика адсорбции соответствовала модели псевдовторого порядка [5]. В статье представлены результаты исследования по сорбции ионов Cr(III) из водных растворов с использованием фосфорсодержащего сорбента на основе бутадиен-стирольного каучука марки ДССК. Данный сорбент был синтезирован реакцией окислительного хлорфосфорилирования бутадиен-стирольного каучука марки ДССК с использованием PCl_3, CCl_4, H_2SO_4 и O_2 в лабораторных условиях. Изучено влияние различных параметров, таких как pH раствора, начальная концентрация ионов металла, масса сорбента, время контакта фаз и температура на эффективность сорбции ионов Cr(III). Сорбционная емкость и степень сорбции были вычислены на основании данных по концентрациям, полученным при анализе проб на масс спектрометре ISP MS 7700e. Установлено снижение степени сорбции ионов Cr(III) в кислых и щелочных средах, а оптимальным условием для сорбции является слабокислая среда. Повышение температуры и массы сорбента положительно влияют на сорбцию. Степень сорбции уменьшается с увеличением начальной концентрации ионов Cr(III). Это указывает на то, что фосфорсодержащий сорбент на основе бутадиен-стирольного каучука марки ДССК имеет ограниченное число активных центров для сорбции, а при более низких концентрациях почти все ионы Cr(III) сорбировались. Однако увеличение начальной концентрации ионов Cr(III) приводит к быстрому насыщению поверхности сорбента. Также установлено, что при комнатной температуре равновесие устанавливается уже через 40 мин. Результаты эксперимента показали, что фософрсодержащий сорбент на основе бутадиен-стирольного каучука марки ДССК может быть успешно использован для извлечения ионов Cr(III) из водных растворов [6]. Исследована возможность сорбционно-спектрометрического определения циркония (IV) и хрома(VI) из одной пробы с использованием двухслойной подложки из полиакрилонитрильного волокна, заполненной катионообменником ПАНФ-

ISSN 3030-3907

КУ-2 и анионообменником ПАНФ-АВ-17. После сорбции цирконий определяют с помощью Арсеназо III на PANF-KU-2, а хром - с помощью 1,5-дипенилкарбазида на PANF-AV-17. Исследована сорбция циркония и хрома в динамическом режиме из растворов HCl, HNO3 и H2SO4 и выбраны оптимальные условия одновременной сорбции циркония на ПАНФ-КУ-2 и хрома на ПАНФ-АВ-17 из 0,25 М HCl. Получены спектры диффузного отражения комплексов циркония и хрома от твердой фазы, что позволяет оптимизировать условия определения содержания циркония. Калибровочные кривые линейны в диапазоне концентраций циркония и хрома от 0,005 до 0,025 мкг/мл; пределы обнаружения составляют 0,002 мкг/мл. Селективность определения циркония и хрома проверяется в присутствии интерферирующих ионов [7].

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ: В работе использован сорбционно-спектрофотометрический метод определения ионов Cr(III) и Zn(II) с применением природных сорбентов и биосорбентов. В качестве биосорбента исследовано натуральное шелковое волокно (фиброин) различного происхождения (Бухара, Хорезм и местные образцы). Сорбцию ионов металлов проводили из водных растворов при различных значениях pH среды с последующим образованием окрашенных комплексов с органическими реагентами. Оптическую плотность полученных растворов измеряли спектрофотометрически при соответствующих длинах волн (λmax). В ходе исследования изучено влияние pH среды, времени контакта, количества сорбента и начальной концентрации ионов металлов на эффективность сорбции. На основании полученных данных определены оптимальные условия сорбции, предел обнаружения и аналитические характеристики метода.

ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ:

Таблица.1.

Применение натурального шелкового фиброинового волокна как биосорбента для сорбционно-спектрофотометрического определения ионов Cr(III) и Zn(II)

№	Биосорбент	Регион	метал	λmax, нм	pH	LOD	Емкость Мг/г	Примечание
1	Натуральный шелк (Фиброин)	Бухара	Cr(III)	540	2.0 - 3.0	5	18	Хорошая сорбция за счет аммидных групп

ISSN 3030-3907

2	Натуральный шелк (Фиброин)	Хорезм	Zn(II)	620	5.5 - 6.0	8	14	Комплекс с органическими реагентами
3	Натуральный шелк (Фиброин)	Местный	Cr(III)	540	2.0 - 3.5	6	16	Высокая селективность
4	Натуральный шелк (Фиброин)	Бухара	Zn(II)	620	5.5 - 6.0	9	13	Стабильный сигнал
5	Натуральный шелк (Фиброин)	Хорезм	Cr(III)	540	2.0 - 3.0	4	19	Модификация азореагентами
6	Натуральный шелк (Фиброин)	Местный	Zn(II)	620	5.5 - 6.5	7	15	Высокая воспроизводимость

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ: В работе использован сорбционно-спектрофотометрический метод определения ионов Cr(III) и Zn(II) с применением природных сорбентов и биосорбентов. В качестве основного биосорбента исследовано натуральное шелковое волокно (фиброин) из Бухары, Хорезма и местных регионов. Сорбцию ионов металлов проводили из водных растворов при различных значениях pH среды, с последующим образованием окрашенных комплексов с органическими реагентами. Оптическую плотность полученных растворов измеряли спектрофотометрически при соответствующих длинах волн (λmax). Изучено влияние pH, времени контакта, количества сорбента и начальной концентрации ионов на эффективность сорбции. На основании полученных данных определены оптимальные условия сорбции, пределы обнаружения и аналитические характеристики метода. Анализ результатов показал, что натуральный шелковый фиброин обладает высокой сорбционной активностью к ионам Cr(III) и Zn(II), обеспечивая низкие пределы обнаружения и высокую селективность даже в присутствии посторонних ионов. Оптимальные условия сорбции составляют Cr(III) - pH 2–3, Zn(II) - pH 5-6, что позволяет достигать максимальной эффективности связывания и стабильного спектрофотометрического сигнала. Использование фиброиновых биосорбентов делает метод экологически безопасным, экономичным и удобным для анализа природных и сточных вод.

ISSN 3030-3907

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Salih, S. S., & Ghosh, T. K. Preparation and characterization of bioadsorbent beads for chromium and zinc ions adsorption. *Cogent Environmental Science*, (2017). *3*(1). https://doi.org/10.1080/23311843.2017.1401577

2. Asaad, A.A. Sorption of chromium from aqueous solutions using *Fucus vesiculosus* algae biosorbent. *BMC Chemistry* 18, (2024). 145. https://doi.org/10.1186/s13065-024-01252-w

3. Natalia Niedzbala, Katarzyna Dziergowska, Maja Welna, Anna Szymczycha-Madeja, Jacek Chęc manowski, et al.. Brown Seaweed Sargassum-Based Sorbents for the Removal of Cr(III) Ions from Aqueous Solutions. Processes, 2023, 11 (2), pp.393.
https://hal.science/hal-04104364v1

4. Júnior, A. C. da S., Siqueira, A. G., Silva, C. A. de S. e, Oliveira, J. de A. N., Coelho, N. M. M., & Alves, V. N. Biosorbents in the Metallic Ions Determination. In Heavy Metals. InTech. (2018). https://doi.org/10.5772/intechopen.76081

5. Rakesh KE, Rosy A. Bio sorption Studies of Chromium Ions with Modified Chicken Feathers Biomed J Sci & Tech Res 1(7)pp - 2017. BJSTR. MS.ID.000558. DOI : 10.26717/BJSTR.2017.01.00055

6. Karimova, E. S., Azizov, A. A., & Alosmanov, R. M. Изучение сорбции ионов Cr(III) фосфорсодеожащим полимерным сорбентом. *Известие высших учебных заведений. Серия «Химия и химическая технология»*, *62*(6), (2019). Стр. 112-118. https://doi.org/10.6060/ivkkt20186100.5788

7. Dedkova, V.P., Shvoeva, O.P. & Savvin, S.B. Sorption-spectrophotometric determination of zirconium and chromium(VI) from a single sample on a two-layer support using Arsenazo III and 1,5-diphenylcarbazide. *J Anal Chem* 68, 117–122 (2013).
https://doi.org/10.1134/S1061934813020068

ISSN 3030-3907

OQSILLARNING TUZLAR TA’SIRIDA CHO‘KISHI VA JARAYONNING FIZIK-KIMYOVIY ASOSLARI

Muxiddinov Xusniddin Muxiddinovich

Siyob Abu Ali ibn Sino nomidagi Jamoat salomatligi texnikumi, tibbiy kimyo fani o‘qituvchisi

Annotatsiya. Mazkur maqolada oqsillarning neytral tuzlar ta’sirida cho‘kishi jarayoni fizik-kimyoviy jihatdan o‘rganildi. Oqsil molekulalarining gidrat qobig‘i buzilishi, ion kuchi ortishi hamda elektrostatik ekranlanish hodisasi asosiy mexanizm sifatida tahlil qilindi. Albumin va kazeinning NaCl hamda $(NH_4)_2SO_4$ eritmalarida cho‘kishi tajribaviy usulda tekshirildi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, ion kuchi ortishi bilan oqsilning eruvchanligi kamayadi va ma’lum kritik konsentratsiyada to‘liq koagulyatsiya sodir bo‘ladi.

Kalit so‘zlar: oqsil, cho‘kish, ion kuchi, salting-out, albumin, kazein, koagulyatsiya.

Аннотация. В данной статье физико-химически изучен процесс осаждения белков под воздействием нейтральных солей. В качестве основного механизма проанализированы разрушение гидратационной оболочки молекул белка, увеличение ионной силы и электростатическое экранирование. Экспериментально исследовано осаждение альбумина и казеина в растворах NaCl и $(NH_4)_2SO_4$. Результаты показали, что с увеличением ионной силы растворимость белка уменьшается, а полная коагуляция происходит при определенной критической концентрации.

Ключевые слова: белок, осаждение, ионная сила, высаливание, альбумин, казеин, коагуляция.

Abstract. In this article, the process of precipitation of proteins under the influence of neutral salts was studied physicochemically. The main mechanism was analyzed as the disruption of the hydration shell of protein molecules, an increase in ionic strength, and electrostatic screening. The precipitation of albumin and casein in NaCl and $(NH_4)_2SO_4$ solutions was experimentally investigated. The results showed that with an increase in ionic strength, the solubility of the protein decreases and complete coagulation occurs at a certain critical concentration.

Keywords: protein, precipitation, ionic strength, salting-out, albumin, casein, coagulation.

KIRISH.

Oqsillarni tuzlar yordamida fraksiyalash biokimyo va biotexnologiyada keng qo‘llaniladi. Xususan, ammoniy sulfat bilan bosqichma-bosqich cho‘ktirish usuli fermentlar, zardob oqsillari va boshqa biologik faol moddalarning dastlabki tozalash bosqichida qulay hisoblanadi. Bu usulning afzalligi shundaki, u nisbatan

ISSN 3030-3907

sodda, arzon va ko‘p miqdordagi biomaterial bilan ishlashga mosdir. Farmatsevtik texnologiyada oqsillarni konsentratsiyalash, saqlash hamda ayrim holatlarda ularni nojo‘ya aralashmalardan ajratishda tuzli cho‘ktirishdan foydalaniladi. Oziq-ovqat sanoatida esa sut oqsillari, zardob komponentlari va ozuqaviy qo‘shimchalarni ajratishda ushbu hodisaning nazariy asoslari katta amaliy qiymatga ega.

Oqsillar yuqori molekulyar birikmalar bo‘lib, suvli eritmalarda kolloid tizim hosil qiladi. Ularning barqarorligi gidratlanish darajasi va molekula yuzasidagi zaryad bilan belgilanadi. Eritmaga tuz qo‘shilganda eritmaning ion kuchi ortadi, bu esa oqsil molekulalari orasidagi elektrostatik o‘zaro ta’sirni o‘zgartiradi.

Tuzlar ta’sirida oqsillarning cho‘kishi ikki bosqichda sodir bo‘ladi:

1. Gidrat qobig‘ining kamayishi
2. Molekulalararo agregatsiya

Ushbu hodisa biotexnologiya, farmatsevtika va oziq-ovqat sanoatida muhim ahamiyatga ega.

Oqsillarning kolloid xossalari. Oqsillar amfoter tabiatga ega bo‘lib, muhit pH ga qarab musbat yoki manfiy zaryadlanadi. Ularning eruvchanligi izoelektrik nuqtada minimal bo‘ladi.

“Salting-in” va “Salting-out” mexanizmi. Past konsentratsiyada tuz qo‘shilishi oqsil eruvchanligini oshiradi (“salting-in”). Yuqori konsentratsiyada esa suv molekulalari tuz ionlari bilan bog‘lanib, oqsil gidrat qobig‘i kamayadi. Natijada oqsil molekulalari bir-biriga yaqinlashib agregatsiyalanadi (“salting-out”).

Oqsillarning tuzlar ta’sirida cho‘kish samaradorligi bir nechta omillarga bog‘liq. Birinchi omil — tuzning tabiati. Monovalent ionlar ko‘pincha nisbatan yumshoq ta’sir ko‘rsatsa, yuqori gidratlanuvchi ko‘p atomli ionlar kuchliroq cho‘ktiradi. Ikkinchi omil — tuz konsentratsiyasi. Past konsentratsiyada ayrim oqsillar eruvchanligi hatto ortishi mumkin, chunki ionlar oqsil yuzasidagi zaryadlarni barqarorlashtiradi. Biroq konsentratsiya ortgach, suv uchun raqobat kuchayadi va salting-out ustun bo‘ladi. Uchinchi omil — muhit pH i. Oqsil izoelektrik nuqtaga yaqinlashgan sari uning umumiy zaryadi kamayadi, bu esa cho‘kishni osonlashtiradi. To‘rtinchi omil — harorat bo‘lib, u gidratlanish, diffuziya va agregatlarning barqarorligiga ta’sir qiladi.

Cho‘kishga ta’sir etuvchi asosiy omillar. Oqsillarning tuzlar ishtirokida cho‘kishi termodinamik jihatdan sistemadagi erkin energiya o‘zgarishi bilan tushuntiriladi. Eritmada alohida-alohida gidratlangan oqsil molekulalari va ionlarning mavjudligi ma’lum energetik holatni beradi. Tuz miqdori ortganda suvning bir qismi ionlar atrofida mustahkam gidrat qavatlar hosil qilishga

ISSN 3030-3907

sarflanadi, oqsilning gidratlangan holati esa beqarorroq bo‘lib qoladi. Agregatsiya natijasida suvning bir qismi erkinlashadi va sistemadagi tartibsizlikning qayta taqsimlanishi yuz beradi. Har doim ham jarayonni faqat birgina entropiya yoki entalpiya orqali izohlab bo‘lmaydi; aksincha, bu omillarning birgalikdagi ta’siri muhimdir. Shuning uchun salting-out jarayoni oqsil turi, tuz tabiatı, harorat va pH ga qarab turlicha kechadi.

Ion kuchi ortishi oqsil molekulalari sirtidagi zaryadlararo o‘zaro itarilish kuchini kamaytiradi. Oddiy sharoitda bir xil zaryadlangan oqsil zarrachalari bir-birini itarib, agregatsiyaga yo‘l qo‘ymaydi. Eritmada ko‘p miqdorda ionlar paydo bo‘lgach, ular zaryadlarni ekranlaydi va itarilish masofasini qisqartiradi. Natijada zarrachalar bir-biriga yaqinlashib, koagulyatsiyaga osonroq kirishadi. Shu sababli cho‘kish darajasi ko‘pincha ion kuchining ma’lum oraliqda ortishi bilan nolinear ravishda kuchayadi. Bu holat tajribalarda loyqalanishning avval sekin, keyin esa keskin kuchayishi bilan namoyon bo‘ladi.

Cho‘kish hodisasida oqsil tabiatining o‘zi ham muhim rol o‘ynaydi. Globulyar oqsillar, odatda, muayyan ion kuchigacha eritmada yaxshi saqlanadi, biroq kritik konsentratsiyadan keyin ularning eruvchanligi keskin kamayadi. Kazein esa micellyar tuzilishga ega bo‘lgani sababli uning cho‘kishi muhit pH i, kalsiy ionlari va izoelektrik nuqtaga yaqinlik bilan kuchli bog‘liq. Demak, bir xil tuz turli oqsillarga bir xil darajada ta’sir qilmaydi. Shu jihatdan qaraganda, tajribada albumin va kazeinning turlicha cho‘kish xatti-harakati kuzatilgani nazariy jihatdan asosli hisoblanadi.

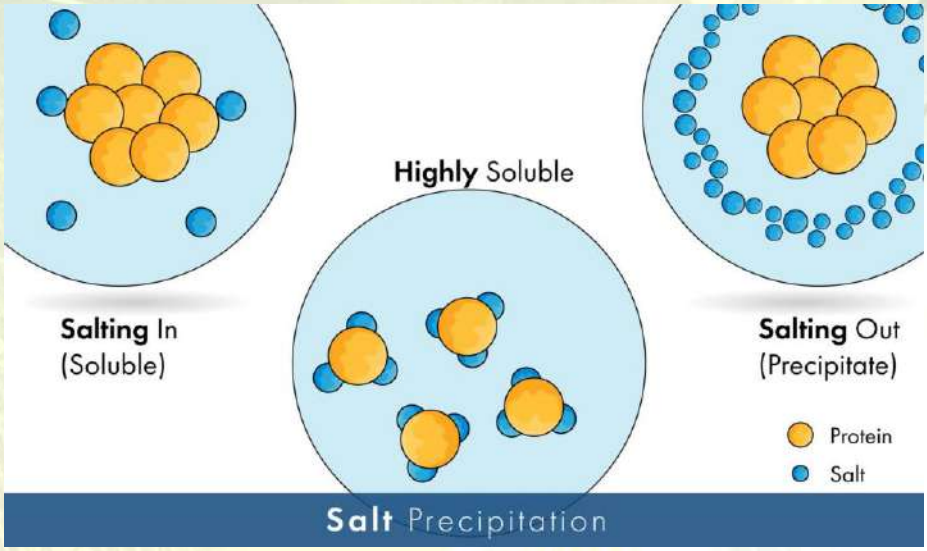
Oqsil yuzasida karboksil, amino, gidroksil va boshqa qutbli guruhlar mavjud bo‘lib, ular suv molekulalari bilan vodorod bog‘lari hosil qiladi. Ushbu gidrat qobig‘i oqsilning eritmada barqaror turishini ta’minlaydi. Neytral tuzlar konsentratsiyasi ortganda ionlar suv molekulalarini o‘z atrofiga kuchliroq tortadi va oqsil sirtini o‘rab turgan suv qatlami qisman yemiriladi. Ayniqsa, sulfat ionlari kabi kuchli gidratlanuvchi ionlar suvni faol bog‘lab, oqsilning solvatlanish darajasini pasaytiradi. Buning oqibatida Van-der-Vaals kuchlari, gidrofob o‘zaro ta’sirlar va qisman elektrostatik yaqinlashuv kuchayib, molekulalararo agregatlar hosil bo‘ladi.

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Ishlatilgan reaktivlar: distillangan suv, tuxum albumin, sut kazeini, NaCl va $NH_4)_2SO_4$ tuzlari. 1% albumin eritmasi tayyorlandi. Eritmaga turli konsentratsiyadagi tuz eritmalari qo‘shildi. Cho‘kma hosil bo‘lish jarayoni vizual va spektrofotometrik usulda kuzatildi. Cho‘kma filtrlanib quritildi va massasi aniqlandi.

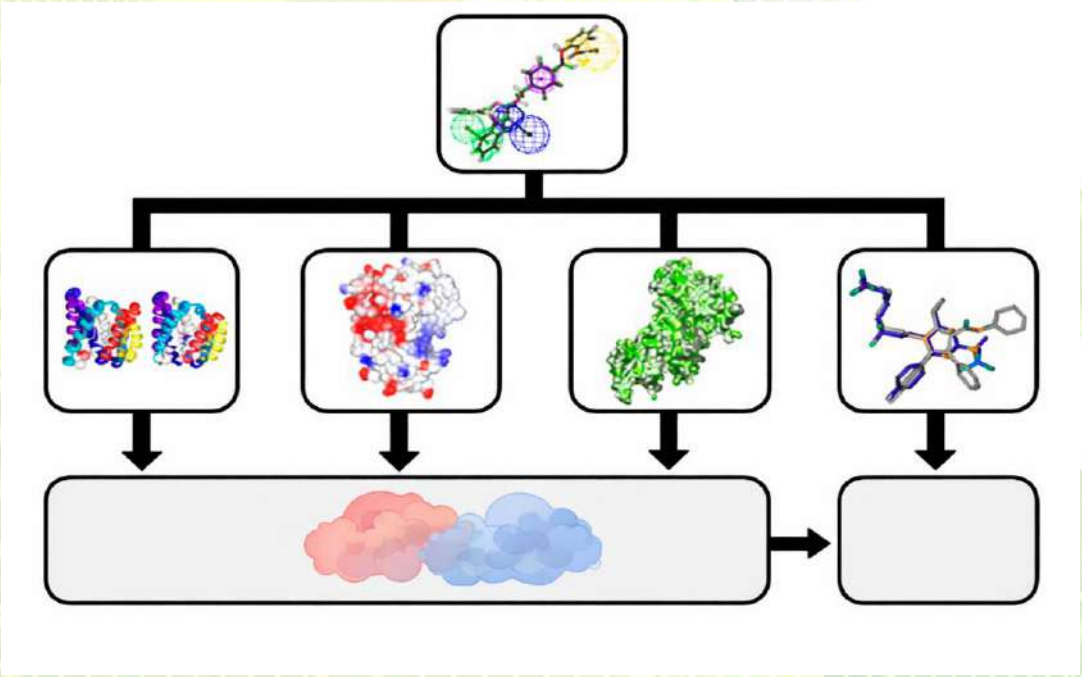
Ion kuchi oshishi bilan oqsil eruvchanligi eksponensial kamayadi. Ammoniy sulfat yuqori zaryadli ionlarga ega bo‘lib, suv molekulalarini kuchli bog‘laydi.

ISSN 3030-3907

Natijada oqsil molekulalari gidrat qobig‘ini yo‘qotadi. Jarayon termodinamik jihatdan erkin energiya kamayishi bilan tavsiflanadi. Cho‘kish jarayonida entropiya ortadi va tizim barqarorroq holatga o‘tadi. Cho‘kish darajasi tuz konsentratsiyasi ortishi bilan keskin oshadi. Ammoniy sulfat kuchliroq ta’sir ko‘rsatadi.



1-rasm. Oqsil eruvchanligi



2-rasm. Tuz konsentratsiyasiga bog‘liq cho‘kish darajasi

NATIJALAR. Tajribalar davomida tuxum albumini va sut kazeinining turli konsentratsiyadagi NaCl hamda $(NH_4)_2SO_4$ eritmalarida cho‘kish jarayoni o‘rganildi. Koagulyatsiya darajasi eritmaning loyqaligi, cho‘kma massasi va vizual kuzatish asosida baholandi.

ISSN 3030-3907

1-Jadval

Tuz konsentratsiyasi va cho‘kish darajasi

Tuzlarning turi	Konsentratsiya	Cho‘kish darajasi
NaCl	past (*)	kuzatilmaydi (-)
NaCl	o‘rta (**)	qisman (+)
$(NH_4)_2SO_4$	o‘rta (**)	sezilarli (++)
$(NH_4)_2SO_4$	yuqori (***)	to‘liq (+++)

Cho‘kma hosil bo‘lish jarayoni quyidagi bosqichlarda kechdi:

1. Eritmaning asta-sekin loyqalanishi
2. Oqartiruvchi flokulalar paydo bo‘lishi
3. Pastga cho‘kuvchi zich agregatlar hosil bo‘lishi

Kazein izoelektrik nuqtaga yaqin sharoitda tezroq cho‘kdi. Albumin esa yuqoriroq ion kuchi talab qildi. Bu oqsillarning tuzilish farqi va molekulyar massasi bilan izohlanadi.

XULOSALAR. Natijalarni fizik-kimyoviy nuqtai nazardan tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, oqsillarning tuzlar ta’sirida cho‘kishi faqatgina oddiy eruvchanlik kamayishi bilan emas, balki eritmadagi suv tuzilmasining qayta tashkil topishi, ionlarning gidratlanish qobiliyati va oqsil yuzasidagi funksional guruhlar bilan bilvosita o‘zaro ta’sirlar orqali kechadi. Oqsil molekulasi suvli muhitda mustaqil zarracha sifatida emas, balki gidratlangan kolloid sistema sifatida mavjud bo‘ladi. Shu sababli tuz qo‘shilganda nafaqat eritmaning ion kuchi, balki suvning erkinligi ham o‘zgaradi. Natijada oqsilning erkin gidratlangan holati termodinamik jihatdan kamroq qulay bo‘lib qoladi va agregatsiya uchun sharoit yuzaga keladi.

Mazkur tadqiqotda oqsillarning neytral tuzlar ta’sirida cho‘kishi jarayoni fizik-kimyoviy va tajribaviy jihatdan kompleks o‘rganildi. Olingan natijalar asosida quyidagi ilmiy xulosalarga kelindi:

1. Oqsillarning tuzlar ta’sirida cho‘kishi ion kuchiga bog‘liq.
2. Yuqori valentli ionlar kuchliroq cho‘ktiradi.
3. $(NH_4)_2SO_4$ samarali cho‘ktiruvchi hisoblanadi.
4. Jarayon gidrat qobig‘ining buzilishi bilan bog‘liq.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR.

1. Wingfield P.T. Protein precipitation using ammonium sulfate. *Current Protocols in Protein Science.* Vol. 88. – 2017.
2. Adhikari N., et al. Effects of precipitation methods on protease yield and activity from *Averrhoa carambola,* 2025.
3. Liang Y., et al. Molecular insights into ammonium sulfate–induced biological processes. *Microorganisms,* 2025.

ISSN 3030-3907

4. Nelson D.L., Cox M.M. Lehninger Principles of Biochemistry. – New York: W.H. Freeman, 2017.
5. Atkins P., de Paula J. Physical Chemistry. – Oxford: Oxford University Press, 2018.
6. Глинка Н.Л. Общая химия. – Москва: Юрайт, 2019.
7. Ленинджер А. Основы биохимии. – Москва: Мир, 2018.
8. Stryer L. Biochemistry. – New York: Freeman, 2019.

ISSN 3030-3907

NEYRON TARMOQLARI ASOSIDA PAKETLARNI DINAMIK FILTRLASH ALGORITMI

Tashev Sarvar Norboboyevich
Muhammad al-Alxorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti katta o‘qituvchi, , Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: sarvar.tashev@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada tarmoq paketlarini neyron tarmoqlari asosida dinamik filtrlash algoritmi ishlab chiqish masalasi ko‘rib chiqilgan. Tarmoq trafigini tahlil qilish va zararli faoliyatlarni aniqlash uchun 1D konvolyusion neyron tarmoq (CNN) modeli qo‘llanilgan. Model paket atributlari asosida trafikni tasniflab, normal trafik va turli kiberhujumlarni aniqlaydi. Tadqiqot natijalari CNN modeli tarmoq trafigini filtrlashda yuqori aniqlikni ta’minlashini ko‘rsatdi.

Kalit so‘zlar: neyron tarmoqlar, konvolyutsion neyron tarmoq (CNN), tarmoq trafiki, paketlarni dinamik filtrlash, kiberxavfsizlik, anomaliyalarni aniqlash, DoS, DDoS, mashinali o‘qitish, tarmoq xavfsizligi.

Abstract. This article considers the development of a dynamic network packet filtering algorithm based on neural networks. A one-dimensional convolutional neural network (1D CNN) model is used to analyze network traffic and detect malicious activities. The model classifies network traffic based on packet attributes and identifies normal traffic and various types of cyberattacks. The results show that the CNN model provides high accuracy in network traffic filtering.

Keywords: neural networks, convolutional neural network (CNN), network traffic, dynamic packet filtering, cybersecurity, anomaly detection, DoS, DDoS, machine learning, network security.

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка алгоритма динамической фильтрации сетевых пакетов на основе нейронных сетей. Для анализа сетевого трафика и выявления вредоносной активности применена модель одномерной сверточной нейронной сети (1D CNN). Модель классифицирует сетевой трафик на основе атрибутов пакетов и позволяет выявлять нормальный трафик и различные виды кибератак. Результаты исследования показали, что модель CNN обеспечивает высокую точность фильтрации сетевого трафика.

Ключевые слова: нейронные сети, сверточная нейронная сеть (CNN), сетевой трафик, динамическая фильтрация пакетов, кибербезопасность, обнаружение аномалий, DoS, DDoS, машинное обучение, сетевая безопасность.

KIRISH.

ISSN 3030-3907

Zamonaviy axborot-kommunikatsiya tarmoqlarining jadal rivojlanishi va internet xizmatlari hajmining ortib borishi natijasida tarmoq trafigi keskin ko‘paymoqda. Shu bilan birga DoS, DDoS, zararli dasturlar tarqatilishi va tarmoqni skanerlash kabi turli kiberhujumlar soni ham ortib bormoqda. Bunday sharoitda tarmoq xavfsizligini ta’minlash va zararli trafiklarni o‘z vaqtida aniqlash muhim vazifalardan biri hisoblanadi. An’anaviy statik filtrlash usullari va signatura asosidagi himoya vositalari esa yangi yoki ilgari uchramagan tahdidlarni aniqlashda har doim ham yetarli samaradorlikni ta’minlay olmaydi [1].

So‘nggi yillarda sun’iy intellekt va mashinali o‘qitish usullarining rivojlanishi tarmoq trafigini tahlil qilishda yangi yondashuvlarni taklif etmoqda. Xususan, konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) ma’lumotlar ichidagi yashirin bog‘liqliklarni aniqlash va trafik xususiyatlarini avtomatik ajratish imkoniyatiga ega [2]. Bu esa normal va zararli trafikni aniqlash jarayonini yanada samarali tashkil etishga yordam beradi.

Mazkur ishda tarmoq paketlarini tahlil qilish va kiberhujumlarni aniqlash maqsadida neyron tarmoqlar asosida paketlarni dinamik filtrlash algoritmi taklif etiladi. Taklif etilgan model tarmoq paketlarining asosiy atributlari asosida trafikni tasniflashga imkon beradi hamda tarmoq xavfsizligini oshirish va zararli faoliyatlarni o‘z vaqtida aniqlashga xizmat qiladi [3].

ADABIYOTLAR TAHLILI.

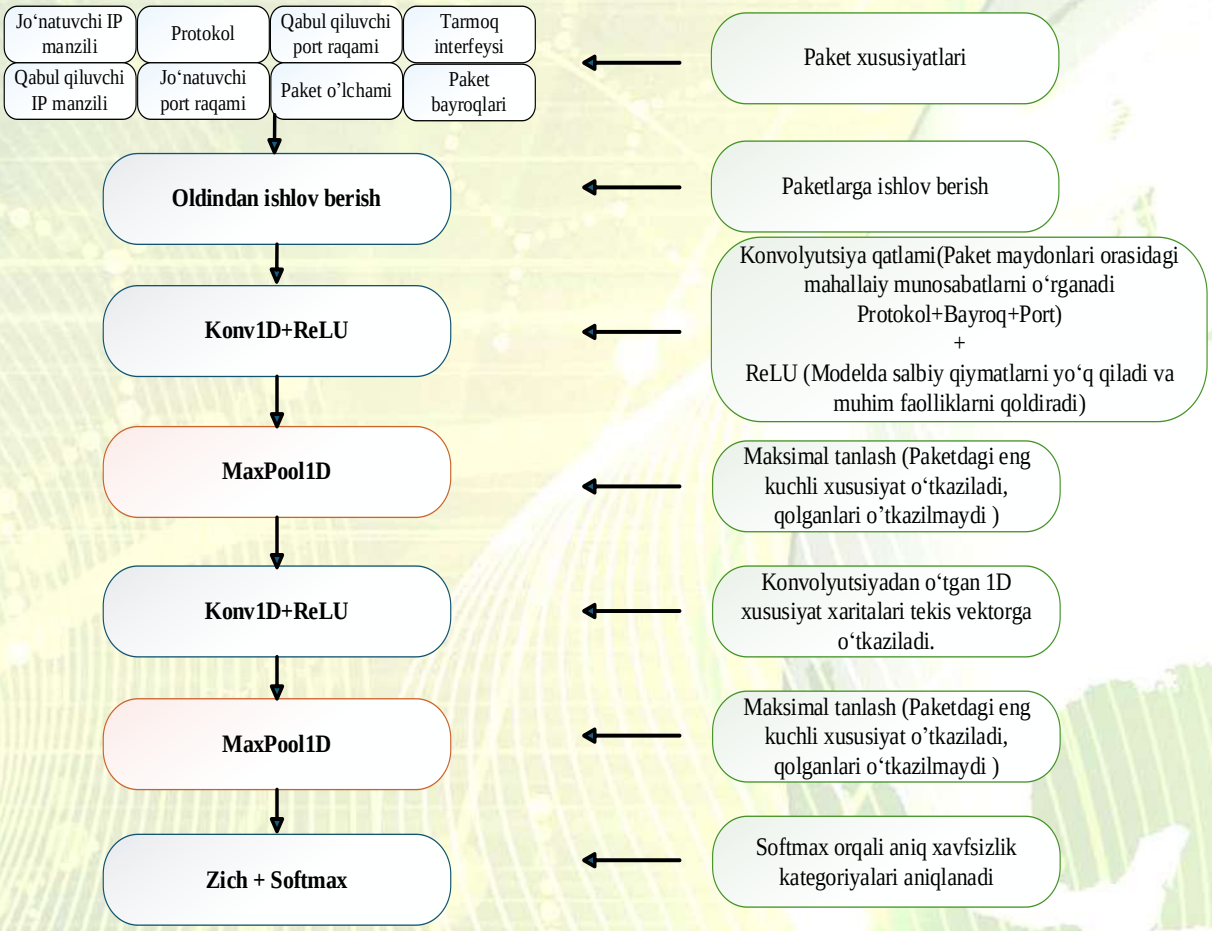
Neyron tarmoqlar tasniflash, namunalarni aniqlash va bashoratlash kabi vazifalarni bajarishda yuqori aniqlikka erisha oladi. Neyron tarmoqlar yangi ma’lumotlarga moslashadi va vaqt o‘tishi bilan ularning xatti-harakatlarini o‘zgartiradi. Ular an’anaviy usullar bilan aniqlash qiyin bo‘lishi mumkin bo‘lgan ma’lumotlarni aniqlay oladi. CNN modelini qaysi sohada qo‘llanishiga qarab turlicha shakllantirilishi mumkin, bunda modelning ketma – ketligi saqlangan holda uning kiruvchi parametrlari va o‘qitish usuli o‘zgarishi mumkin hamda tabiiyki modelning qaysi sohada qo‘llanishiga qarab ma’lumotlar to‘plami(dataseti) ham o‘zgaradi [1].

Odatda, CNN modeli tarmoq trafigidagi filtrlash jarayonida anomaliyalarni aniqlashda foydalaniladi. CNN modelidan foydalanishda matematik ta’minot va modelining umumiy arxitekturasi o‘zining namunaviy holatini saqlab qoladi. Tarmoq trafigini qaysi parametrlar asosida aniqlashga qarab, CNN modelining matematik ta’minotining qadamlar ketma-ketligi ko‘payishi va umumiy arxitekturasiga qo‘shimcha modullar qo‘shilishi mumkin [2].

Neyron tarmoqlari asosida paketlarni dinamik filtrlashda neyron tarmoq kiritish qatlami 4 qavatdan iborat bo‘ladi. Kiritish qatlami tugunlarining sonini to‘g‘ri tanlash murakkab bo‘lib, bu odatda ishlab chiquvchining bilimlari va bir

ISSN 3030-3907

nechta tajribalarni talab qiladi. Agar yashirin qatlamlarda juda ko‘p birliklar bo‘lsa, “ortiqcha o‘qitish” yuzaga keladi, o‘qitish muddati haddan tashqari uzoq bo‘ladi, xatolik optimal bo‘lmaydi. Samaradorlik uchun yashirin qatlam elementlarining sonini aniqlash uchun tajribaviy baholash ham o‘tkazilishi talab etiladi. 1-rasmda tarmoq paketlarini dinamik filtrlashda CNN neyron tarmog‘i qatlamlaridan foydalanish sxemasi keltirilgan.



1-rasm. Tarmoq paketlarini dinamik filtrlashda CNN Neyron tarmog‘i qatlamlari sxemasi

Sxemada CNN modelining kirish qismi an’anaviy tasvir emas, balki tarmoq paketining xususiyatlari ekanligi ko‘rsatilgan. Model paketlarni ketma-ketlik ko‘rinishida qabul qiladi. Bunda:

1. Lokal namunalar - paket ichidagi ketma-ket baytlar, bo‘shliqlardagi xususiyat kombinatsiyalari bo‘lib, ular CNN filtrlari yordamida aniqlanadi.
2. Xususiyatlarni avtomatik ajratish - CNN xususiyatlarni avtomatik o‘rganadi (past darajadagi yoki yuqori darajadagi).
3. Tasniflash - normal trafik, hujumlar (masalan, HTTP, DNS, SSL) yoki boshqa anomaliyalarni aniqlash.
4. Real vaqt - soddalashtirilgan CNNlarning qurilma ichida mavjudligi (on-device).

ISSN 3030-3907

5. Paket darajasida ishlash - bitta paketdan boshlab, bir nechta paketlardan tashkil topgan oqimlarni tasniflash.
6. Hujum signaturalari yoki yangi anomaliyalarni aniqlash - noyob kombinatsiyalar va lokal namunalar orqali aniqlash amalga oshiriladi.

Bu sxema paket/oqimni qisqa va o‘rta muddatli lokal namunalar asosida sinflashtirishga mos keladi.

1. Kirish qatlami

Kirish qatlami 8 ta tugunga ega bo‘lib, bu tugunlar neyron tarmoqqa kiritilgan ma’lumotlar sonini ifodalaydi. Ushbu kirishlar quyidagi atributlarni o‘z ichiga oladi: manba IP manzili, manba port raqami, manzil port raqami, tasdiqlash raqami, ketma-ketlik raqami va paket bilan qabul qilingan ma’lumotlar [3].

Kiritiluvchi xususiyatlar:

1. IP manbasi
2. IP manzili
3. Protokol
4. Manba porti
5. Manzil porti
6. Paket hajmi
7. Tarmoq interfeysi
8. Bayroqlar (SYN/ACK/FIN va hokazo)

Bu xususiyatlar dastlab raqamlashtiriladi:

– IP manzillar → 32-bit
– Protokol → TCP, UDP)
– Portlar → butun
– Paket hajmi → haqiqiy qiymat
– Bayroqlar → bitlar

CNN uchun 1D vektor yoki ketma-ket xususiyatlar ko‘rinishiga keltiriladi.

2. Xususiyatlarni taqsimlash

Har bir xususiyatlar o‘z o‘lchamiga ega bo‘lgan taqsimlangan vektorga aylantiriladi [4].

1-jadval.

CNN modeli uchun tarmoq paketi xususiyatlarining o‘lchamlari

№	Xususiyatlar	O‘lcham
1.	IP manzil	16–32 bit
2.	Protokol	8–16 bit
3.	Portlar	8–16 bit
4.	Bayroqlar	4–8 bit

3. Konvolyutsiya qatlami

ISSN 3030-3907

Bu qatlam:

– Paket xususiyatlari orasidagi lokal aloqalarni o‘rganadi (masalan: protokol + bayroqlar + port orasidagi bog‘lanish)

– Kichik yadro ketma-ket 3 ta xususiyatni bir vaqtda tahlil qiladi.

– Bu yerda CNN tarmog‘i quyidagilarni o‘rganadi:

– Shubhali port + protokol kombinatsiyasi

– Juda katta paket + noodatiy bayroqlar

– Muayyan interfeys orqali taxminiy hujum shakli

CNN bu bosqichda xususiyat xaritalari (feature maps)ni hosil qiladi [5].

4. ReLUni faollashtirish

ReLU (Rectified Linear Unit) activation - bu neyron tarmoqlarda eng ko‘p ishlatiladigan faollashtirish funksiyasi bo‘lib, u kiritilgan qiymatni o‘zgartiradi [6].

5. MaxPooling qatlami

Konvolyutsion neyron tarmoqlarda qo‘llaniluvchi o‘lchamni kichraytirish usuli bo‘lib, u trafikdan olinuvchi xususiyatlar hajmini qisqartiradi, ya’ni strukturaviy o‘lchamlarni samarali kamaytiradi [7].

6. Tekislash qatlami

Tekislash qatlami xususiyatlar xaritasini (feature map) 1D vektor shakliga aylantiradi, bu esa ma’lumotni tarmoq paketlari kabi uzatishga moslashtirish imkonini beradi [8].

7. To‘liq ulangan qatlam

– O‘rganilgan xususiyatlarni umumlashtiradi;

– Trafikning xavfsizlik holatini aniqlaydi;

– To‘liq ulangan qatlam ReLUdan foydalanadi [9].

8. Softmax chiqish qatlami

Tarmoq paketi tafsiflangan so‘ng natijalarni taqdim etadi (masalan, normal/hujum/xizmat turi):

2-jadval.

Model chiqishi

№	Sinf	Ma’nosi
1.	Normal	Oddiy trafik
2.	DoS (Denial-of-Service)	Xizmatdan voz kechish
3.	DDoS (Distributed DoS)	Taqsimlangan xizmatdan voz kechish
4.	Probe	Skanerlash turi
5.	Malware	Zararkunanda
6.	Boshqalar	Xizmat protokollari

ISSN 3030-3907

Softmax chiqish qatlami har bir sinf uchun ehtimollik qiymatini beradi. Ko‘plab anomaliyalarni aniqlash usullaridan farqli o‘laroq, taklif etilgan algoritmda qabul qiluvchi IP manzili ishlatilmaydi, chunki aniqlash dasturi tarmoqdagi boshqa qurilmalar uchun emas, balki aniqlash maqsadida manzil qurilmasida ishlatiladi [10].

Yashirin qatlamlar. Bu yerda uchta yashirin qatlam mavjud.

Birinchi yashirin qatlam 64 tugunga ega.

Ikkinchi yashirin qatlam 256 tugunga ega.

Uchinchi yashirin qatlam 512 tugunga ega.

Chiqish qatlami. Chiqish qatlami 2 ta tugunga ega bo‘lib, maqsad xususiyatini ifodalaydi, ya’ni chiqish 1 yoki 0 bo‘ladi. Paket zararli bo‘lsa, “1” faollashadi, paket haqiqiy bo‘lsa, “0” faollashadi. Uchinchi yashirin qatlamdagi 512 qiymat 2 qiymatga yoziladi.

CNNni o‘qitish jarayoni quyidagicha amalga oshiriladi:

- ma’lumotlar oqimi;
- tanlangan ma’lumotlar to‘plami(dataset);
- model arxitekturasi va algoritm blok sxemasi.

Ma’lumotlar oqimi quyidagicha amalga oshiriladi. 2-rasmda CNN yordamida tarmoq protokollarini aniqlash uchun ishlatilgan ma’lumotlardan foydalanish ketma-ketligi keltirilgan.

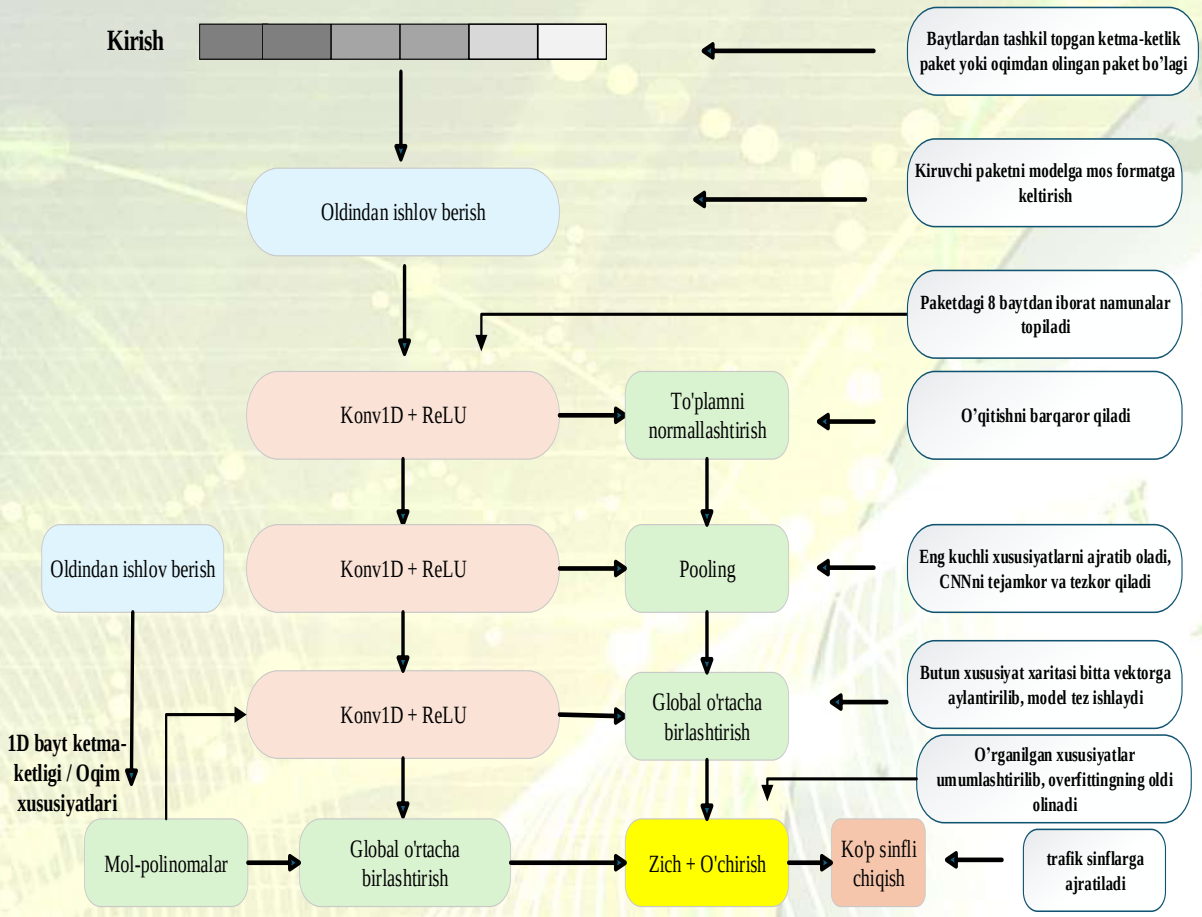
Paket ma’lumotlari modelga yuborilishidan oldin bir necha bosqichdan o‘tadi:

1. Ma’lumotlar to‘plami (dataset) shakllantiriladi.
2. Ma’lumot yuklanadi.
3. Xususiyatlar (features) CNN uchun mos shaklga o‘tkaziladi o‘lchamlarga moslashtiriladi (reshaping).
4. Modelga o‘qitiladi (train).
5. Test ma’lumotlari yordamida model baholanadi.
6. CNN prognozlari bilan haqiqiy protokol yorliqlari solishtiriladi.

Tadqiqotda modelni o‘qitishda *KDD Cup 1999, CIC-DDoS-2023, SDN-Traffic-2024 Dataset, CESNET-TimeSeries24, CIC-UNSW-NB15* hamda *TimeSeries24* datasetlardan foydalanilgan. Tarmoq trafigini filtrlashda 1- o‘lchovli (1D) Konvolyutsion neyron tarmoq (CNN) modelidan foydalanilgan.

Real vaqtda tarmoq trafik paketlarini tahlil qilish uchun 1D konvolyutsion neyron tarmog‘i 2-rasmda yoritib berilgan.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Real vaqtda tarmoq trafik paketlarini tahlil qilish uchun 1D konvolyutsion neyron tarmog‘i

Baholash va metrikalar

Accuracy - umumiy tog‘ri tasniflar (ammo imbalance holatlarida chalg‘iydi). Precision/Recall/F1-ayniqsa hujumni aniqlashda muhim (false positive/false negative ta’siri).

ROC-AUC - barqaror baho.

Confusion matrix - sinflar kesimida xatolarni tahlil qilish.

Latency / throughput - real-time tizimlarda inferensiya tezligi.

CNN modellarining tasniflashda keng qo‘llanilishining sababi - xususiyatlarni (feature) avtomatik ravishda ajrata olishi, ya’ni qo‘lda xususiyatlarni kiritib borishni talab qilinmasligidir.

Konvolyutsiya qatlamidagi filtr kiritilgan ma’lumotdan joyga bog‘liq bo‘lmagan (location-invariant) signaturalarini avtomatik ravishda aniqlaydi. Bir nechta CNN qatlamlarini ketma-ket ulash orqali murakkabroq xususiyatlarni ham olish mumkin

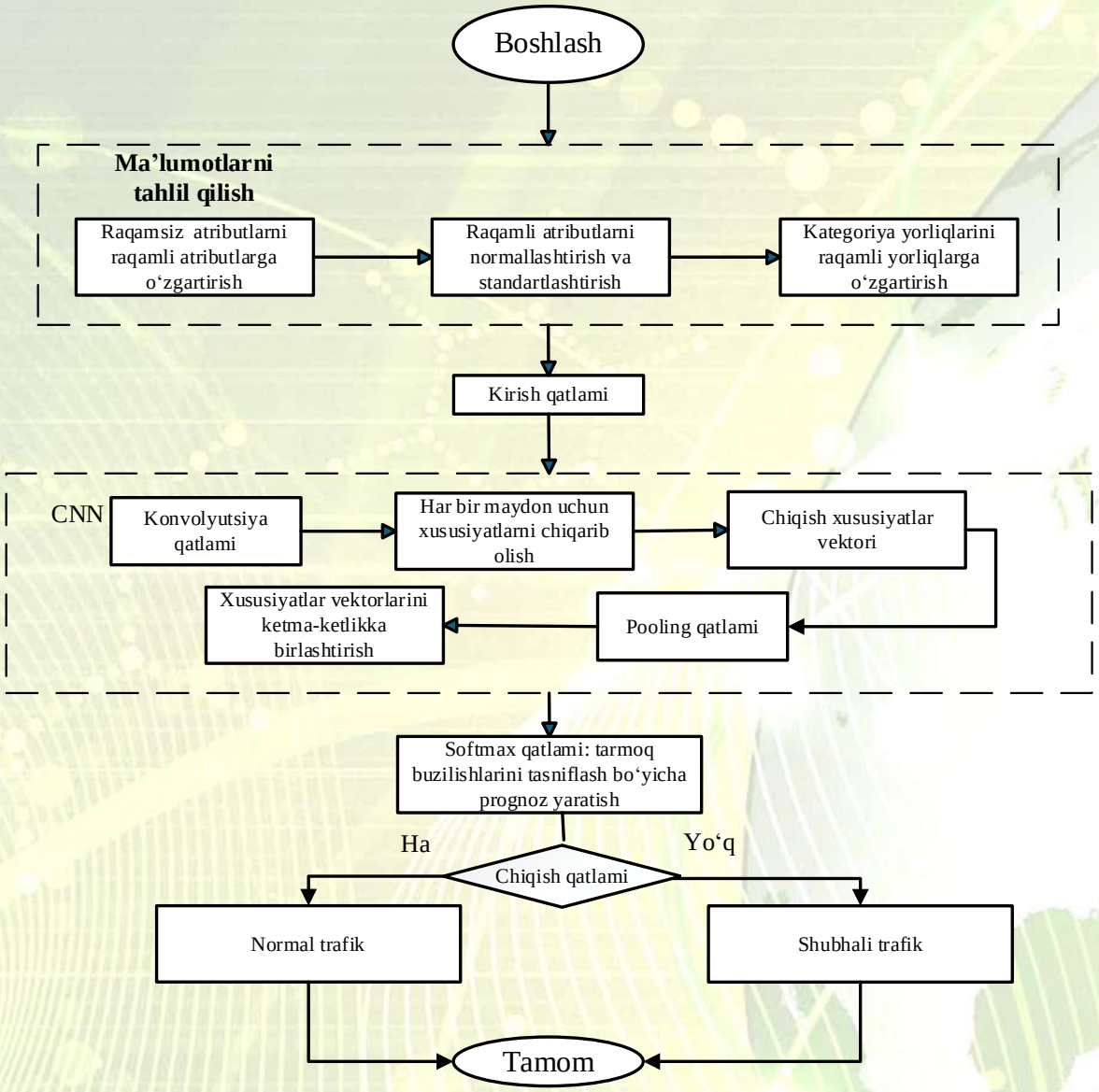
ISSN 3030-3907

CNN modelida kiritilayotgan ma’lumot rasm bo‘ladimi, so‘zlar ketma-ketligi bo‘ladimi CNNlarning umumiy strukturalari o‘xshash bo‘ladi. Qatlamlar soni va turi hal qilinayotgan muammoning murakkabligiga qarab o‘zgaradi [11].

Olingan natija va tahlillar. Ushbu tadqiqotda yig‘ilgan va oldindan qayta ishlangan umumiy ma’lumotlar to‘plamining 80% qismi neyron tarmoqlarni o‘qitish va tekshirish uchun, 20% esa modelni sinash uchun ishlatiladi. Mashinali o‘qitishning ko‘pgina boshqa jihatlari singari, ma’lumotlar to‘plamini ajratish nisbati maqsadli muammo va tarmoq hamda ma’lumotlar to‘plami haqidagi barcha tegishli xususiyatlarni hisobga olgan holda belgilanadi. Taqqoslash uchun tayanch vektorlar usuli (SVM) asosida ikkinchi mavjud model solishtirilgan. SVM yordamida o‘qitish uchun olingan aniqlik taxminan 81,1% ni, sinov uchun esa taxminan 81% ni tashkil etadi. Ushbu ikki modelni (SVM va CNN) taqqoslaganda, CNN ancha yuqori aniqlikka ega bo‘ldi. Shu sababli, yakuniy dinamik paketlarni filtrlaydigan model CNN neyron tarmog‘i asosida taklif etildi.

Tarmoq trafigini CNN asosida filtrlashda algoritmining blok-sxemasi 3-rasmda ko‘rsatilgan bosqichlar asosida amalga oshiriladi.

ISSN 3030-3907



3-rasm. Tarmoq trafigini CNN asosida filtrlash algoritmining blok sxemasi

Umuman, axborot-kommunikatsiya tizimlarida neyron tarmoqlar asosida paketlarni dinamik filtrlash modeli IP paketlaridagi atributlar va o‘rganilgan qoidalarga asoslanib, paketlarni yuqori aniqlik bilan filtrlash va tarmoqdagi xatoliklar xavfini kamaytirishga imkon beradi.

XULOSA

Ushbu maqolada tarmoq trafigini tahlil qilish va kiberhujumlarni aniqlash maqsadida ***neyron tarmoqlar asosida paketlarni dinamik filtrlash algoritmi*** taklif etildi. Tadqiqot jarayonida tarmoq paketlarining asosiy atributlari (IP manzil, portlar, protokol turi, paket hajmi va bayroqlar) asosida trafikni tahlil qilish uchun ***1D konvolyusion neyron tarmoq (CNN)*** modeli ishlab chiqildi.

Ishda CNN modeli uchun ma’lumotlarni tayyorlash, xususiyatlarni shakllantirish, modelni o‘qitish va baholash bosqichlari amalga oshirildi. Modelni o‘qitishda bir nechta ochiq tarmoq trafigi ma’lumotlar to‘plamlari (KDD Cup 1999,

ISSN 3030-3907

CIC-DDoS-2023, SDN-Traffic-2024, CIC-UNSW-NB15 va boshqalar) qo‘llanildi hamda ma’lumotlar 80% o‘qitish va 20% test qilish qismlariga ajratildi.

Tadqiqot natijalarini baholashda Accuracy, Precision, Recall, F1-score, ROC-AUC va Confusion matrix kabi metrikalardan foydalanildi. Olingan natijalar CNN modeli tarmoq trafigini tasniflash va kiberhujumlarni aniqlashda yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. Shuningdek, model natijalari ***SVM algoritmi*** bilan taqqoslanib, CNN modeli yuqoriroq aniqlikni ta’minlashi aniqlandi.

Natijada taklif etilgan dinamik filtrlash algoritmi tarmoq paketlarini samarali tahlil qilish, zararli trafikni o‘z vaqtida aniqlash va axborot-kommunikatsiya tizimlarida tarmoq xavfsizligini oshirish imkonini berishi asoslab berildi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Han, Y., Huang, G., Song, S., Yang, L., Wang, H., & Wang, Y. Dynamic neural networks: A survey. IEEE transactions on pattern analysis and machine intelligence, 2021. - 44(11), 7436-7456.
2. Hairab, B. I., Elsayed, M. S., Jurcut, A. D., & Azer, M. A. Anomaly detection based on CNN and regularization techniques against zero-day attacks in IoT networks. IEEE Access, 2022. - 10, 98427-98440.
3. Uzair, M., & Jamil, N. Effects of hidden layers on the efficiency of neural networks. In 2020 IEEE 23rd international multitopic conference (INMIC) 2020, November. - (pp. 1-6). IEEE.
4. Liu, D., Zhang, L., Lai, X., & Liu, H. Image feature selection embedded distribution differences between classes for convolutional neural network. *Applied Soft Computing*, 2022. - *131*, 109715.
5. Ajit, A., Acharya, K., & Samanta, A. A review of convolutional neural networks. In 2020 international conference on emerging trends in information technology and engineering (ic-ETITE) 2020, February. - (pp. 1-5). IEEE.
6. Mastromichalakis, S. ALReLU: A different approach on Leaky ReLU activation function to improve Neural Networks Performance. arXiv preprint arXiv: 2020. - 2012.07564.
7. Jie, H. J., & Wanda, P. RunPool: A dynamic pooling layer for convolution neural network. International Journal of Computational Intelligence Systems, 2020. - 13(1), 66-76.
8. Jeczmionek, E., & Kowalski, P. A. Flattening layer pruning in convolutional neural networks. Symmetry, 2021. - 13(7), 1147.
9. 74Basha, S. S., Dubey, S. R., Pulabaigari, V., & Mukherjee, S. Impact of fully connected layers on performance of convolutional neural networks for image classification. Neurocomputing, 2020. - 378, 112-119.

ISSN 3030-3907

10. Asadi, B., & Jiang, H. On approximation capabilities of ReLU activation and softmax output layer in neural networks. 2020. - *arXiv preprint arXiv:2002.04060*.
11. Bekmuratov, T. F., & Botirov, F. B. ELECTRONIC SPAM FILTERING BASED ON NEURAL NETWORKS. *Chemical Technology, Control and Management*, *2020*(3), 59-65.

ISSN 3030-3907

UDK: 616.61-008.6–053.2

BOLALARDA O‘TKIR GLOMERULONEFRITNING KLINIK-LABORATOR XUSUSIYATLARI VA PROFILAKTIK YONDASHUVLAR

Utamuradova Nigora Abduraxmanovna
Samarqand Davlat Tibbiyot Universiteti

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot bolalardagi o‘tkir glomerulonefritni (O‘GN) o‘rganib, kasallik rivojlanishiga ta’sir etuvchi asosiy xavf omillarini tahlil qiladi. 43–18 yoshdagi 95 nafar nefritik O‘GN bilan kasallangan va 25 nafar sog‘lom bola klinik, laborator, immunologik va ultratovush usullari bilan baholandi. Og‘ir shakldagi O‘GN bemorlarida yuqori darajada azotemiya, oliguriya va glomerulyar filtratsiya pasayishi aniqlangan, yengil shakllarda esa o‘zgarishlar kamroq kuzatilgan. Asosiy xavf omillari sifatida perinatal asoratlar, surunkali infeksiya o‘choqlari va β-gemolitik streptokokk infeksiyasi qayd etilgan. Natijalar kasallik og‘irligini kamaytirish va buyrak funksiyasini saqlash uchun infektsiyalarni erta aniqlash, muntazam kuzatuv va profilaktik chora-tadbirlarni amalga oshirish muhimligini ko‘rsatadi.

**Kalit so`zlar:** bolalar, o`tkir glomerulonefrit, xavf omillari, profilaktika, β-gemolitik streptokokk.

Аннотация. В данном исследовании изучается острый гломерулонефрит (ОГН) у детей с акцентом на ключевые факторы риска и прогрессирование заболевания. Были обследованы 95 ребенка в возрасте 3–18 лет с нефритической формой ОГН и 25 здоровых ребенка с использованием клинических, лабораторных, иммунологических и ультразвуковых методов. У детей с тяжелой формой ОГН выявлены высокая азотемия, олигурия и снижение скорости клубочковой фильтрации, тогда как у детей с легкими формами изменения были менее выражены. Основными факторами риска считались перинатальные осложнения, хронические очаги инфекции и β-гемолитический стрептококк. Результаты подчеркивают важность раннего выявления инфекций, регулярного наблюдения и профилактических мероприятий для снижения тяжести заболевания и сохранения функции почек.

Ключевые слова: дети, острый гломерулонефрит, факторы риска, профилактика, β-гемолитический стрептококк.

Abstract. This study explores acute glomerulonephritis (AGN) in children, examining key risk factors and disease progression. Ninety-five children aged 3–18 with nephritic AGN and 25 healthy controls were assessed using clinical, laboratory, immunological, and ultrasonographic methods. Severe AGN cases showed high azotemia, oliguria, and reduced glomerular filtration, while milder

ISSN 3030-3907

cases had less pronounced changes. Perinatal complications, chronic infections, and β-hemolytic streptococcal infections were identified as main risk factors. Findings emphasize the importance of early infection control, regular monitoring, and preventive measures to reduce disease severity and preserve kidney function.

Keywords: children, acute glomerulonephritis, risk factors, prevention, β-hemolytic streptococcus.

KIRISH.

Dolzarbligi. Glomerulonefrit (GN) bolalar nefrologiyasida eng ko‘p uchraydigan patologiyalardan biridir. Ushbu kasallikda glomerulyar apparatning zararlanishi natijasida buyraklarning filtratsion faoliyati izdan chiqadi va organizmda suv-tuz almashinuvi hamda metabolik jarayonlar buzilishi mumkin. Shuning uchun ham glomerulonefrit bolalarda buyrak kasalliklari tuzilmasida muhim klinik va ijtimoiy ahamiyatga ega [6–9].

O‘tkir glomerulonefrit ko‘pincha infeksion omillar, ayniqsa β-gemolitik streptokokk bilan bog‘liq bo‘lgan holatlardan keyin rivojlanadi. Infeksiya ta’sirida organizmda hosil bo‘lgan immun komplekslar buyrak glomerulalarida to‘planib, yallig‘lanish reaksiyasini yuzaga keltiradi. Bu jarayon glomerulyar filtratsiyaning pasayishiga olib kelib, proteinuriya, gematuriya, shishlar va arterial gipertenziya kabi klinik belgilar bilan namoyon bo‘ladi [5, 7, 11].

So‘nggi yillarda olib borilgan tadqiqotlar glomerulonefrit patogenezida nafaqat infeksion omillar, balki genetik moyillik, immun tizimi faoliyatidagi o‘zgarishlar va oksidlovchi stress ham muhim rol o‘ynashini ko‘rsatmoqda. Ayniqsa, immunoregulyator sitokinlar va T-limfotsitlar faoliyatining o‘zgarishi buyrak to‘qimalarida yallig‘lanish jarayonlarining kuchayishiga hamda fibroz rivojlanishiga sabab bo‘lishi mumkin [1–6].

Bolalarda glomerulonefritning klinik kechishi turlicha bo‘lib, ayrim hollarda kasallik o‘tkir simptomlar bilan namoyon bo‘lsa, boshqa holatlarda yashirin yoki atipik shaklda rivojlanishi mumkin. Bu esa kasallikni o‘z vaqtida aniqlashni qiyinlashtiradi va kech tashxis qo‘yilganda buyrak funksiyasining jiddiy buzilishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli bolalarda glomerulonefritni erta aniqlash, xavf omillarini o‘rganish va samarali profilaktik choralarni ishlab chiqish zamonaviy pediatriya va nefrologiyaning dolzarb vazifalaridan biri hisoblanadi [10–13].

Hozirgi vaqtda glomerulonefritni davolash va nazorat qilishda yallig‘lanish jarayonlarini kamaytirishga qaratilgan zamonaviy terapevtik usullar qo‘llanilmoqda. Shu bilan birga, buyrak shikastlanishini erta aniqlash imkonini beruvchi biomarkerlardan foydalanish kasallikni o‘z vaqtida diagnostika qilish va uning asoratlarini oldini olishda muhim ahamiyat kasb etadi [1, 4, 7, 12].

ISSN 3030-3907

TADQIQOT MAQSADI — Bolalarda o‘tkir glomerulonefrit rivojlanishi va kechishiga ta’sir etuvchi asosiy xavf omillarini aniqlash hamda kasallik profilaktikasining samarali yo‘llarini baholash.

TADQIQOT MATERIALI VA USULLARI. Tadqiqot doirasida 3 yoshdan 18 yoshgacha bo‘lgan 95 nafar bola kuzatildi, ularning barchasida o‘tkir glomerulonefrit (OGN) nefritik shaklda kechgan. Nazorat guruhi sifatida shu yosh oralig‘idagi 25 nafar sog‘lom bola tanlandi.

Tadqiqotda kompleks klinik va laborator diagnostik metodlar qo‘llanildi. Bunga ota-onalar bilan anketa asosida olib borilgan intervyular kirib, unda perinatal va postnatal xavf omillari, irsiy moyillik va ijtimoiy sharoitlar baholandi. Shu bilan birga, siydik tahlili, klinik va biokimyoviy qon tahlillari, buyraklarning funksional ko‘rsatkichlarini o‘lchash hamda immunogramma (I, II va III sinf immunoglobulinlari) tekshiruvi amalga oshirildi.

Instrumental diagnostika sifatida buyraklarning ultratovush tekshiruvi (UTT) qo‘llanildi. Bundan tashqari, bemorlarning ambulator kartalari tahlil qilinib, yondosh kasalliklar chastotasi va OGN rivojlanishidan oldingi siydik va qon tahlillari natijalari o‘rganildi.

Statistik tahlillar STATISTICA 6.0 dasturida bajarildi. Ma’lumotlar qayta ishlanishida o‘rtacha qiymatlar, standart og‘ish, Student t-mezoni bo‘yicha ishonch oralig‘i hamda korrelyatsiya koeffitsientlari aniqlanib, ularning diagnostik va prognostik ahamiyati baholandi.

NATIJALAR. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, bolalarda o‘tkir glomerulonefrit (O‘GN) rivojlanishida infeksion omillar markaziy rol o‘ynaydi. Kuzatilgan bemorlarning taxminan 28 % da o‘tkir tonzillit, 3 % da pnevmoniya, 2 % da yiringli otit va 26 % da o‘tkir respirator virusli infektsiya (O‘RVI) qayd etilgan. Bundan tashqari, 13 % bolalarda ko‘p sonli kariyes mavjudligi infeksion og‘riqlarni qo‘zg‘atadigan qo‘shimcha omil sifatida e’tiborga olingan. Zardob namunalarida β-gemolitik streptokokklar 17 % hollarda aniqlangan, 94 % bemorda esa antistreptolizin-O (ASL-O) titrining sezilarli darajada oshishi kuzatilgan, bu esa poststreptokokk etiologiyasining OGN rivojlanishidagi ustuvorligini tasdiqlaydi.

Klinik va laborator tahlillar asosida OGNning uch xil kechish shakli ajratildi: yuqori darajada faol (I guruh) – 23 %, o‘rtacha faol (II guruh) – 61 %, va minimal faol (III guruh) – 16 %. Yuqori faol shaklda bemorlarda yuz, tana va oyoqlarda sezilarli shishlar, arterial gipertenziya (145/90–180/105 mm Hg), makrogematuriya va proteinuriya (1–2,2 g/l) kuzatilgan. Ushbu belgilar bemorning klinik holatining og‘irligini ko‘rsatib, yallig‘lanish jarayonining keng tarqalganligini tasdiqlaydi.

ISSN 3030-3907

O‘rtacha faol shaklda shishlar asosan yuzda bo‘lib, 5–6 kunda pasaygan; arterial bosim 130/85–148/95 mm Hg gacha ko‘tarilgan va 5–7 kunda normallashgan. Siydik tahlillarida proteinuriya 0,97 ± 0,12 g/l va eritrotsituriya ko‘p miqdorda aniqlangan, bu esa buyrakning filtratsion funksiyasida o‘rta darajada buzilish borligini ko‘rsatadi.

Minimal faol shaklda arterial bosim qisqa muddat (2–3 kun) oshgan (130/85 mm Hg), ko‘z qovog‘ida engil pastozlik va proteinuriya (0,65 g/l gacha) qayd etilgan. Bu shakl odatda klinik jihatdan yengil o‘tadi, ammo vaqtida kuzatib borilmasa, surunkali asoratlar xavfi mavjud.

Biokimyoviy tekshiruvlar shuni ko‘rsatdiki, yuqori va o‘rtacha faol shakldagi bemorlarda umumiy oqsil darajasi sezilarli darajada pasaygan, mochevina va kreatinin esa sog‘lom bolalar va minimal faol shakldagi bemorlarnikiga nisbatan oshgan ($p < 0,01$). Ushbu ma’lumotlar buyrak filtratsion funksiyasining og‘irlik darajasini aks ettiradi.

Immunologik tahlillar natijasida IgA va IgM darajalari hamda tsirkulyatsiyalovchi immun komplekslar (TsIK) yuqori, IgG darajasi esa past bo‘lgan. Bu o‘zgarishlar immunokompleksli yallig‘lanish mexanizmlarining faollashganini va glomerulyar bazal membranada immun yotishmalar to‘planishini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, ASL-O titri barcha OGN bemorlarida oshgan, eng yuqori daraja yuqori faol shakldagi bolarda qayd etilgan.

Ushbu topilmalar shuni ko‘rsatadiki, streptokokk infeksiyasi nafaqat kasallikni boshlovchi trigger, balki immun tizimining yallig‘lanish jarayonlarini faollashtiruvchi asosiy faktor hisoblanadi. Bundan tashqari, natijalar OGNning klinik kechish shakllarini aniqlash, individual monitoring va erta profilaktik choralarni ishlab chiqish zarurligini ko‘rsatadi. OGN turli shakllarida buyrak va metabolik funktsiyalarni baholash uchun biokimyoviy tahlillar olib borildi. Natijalar Jadval 1da keltirilgan.

1-jadval.

Bolalarda OGN turli shakllarida biokimyoviy ko‘rsatkichlar (M ± m)

Ko‘rsatkichlar	OGN I-variant (n=22)	OGN II-variant (n=46)	OGN III-variant (n=25)	Sog‘lom bolalar (n=25)
Umumiy oqsil (g/l)	58,2 ± 0,75 ***	65,0 ± 0,52 **	71,5 ± 0,48 *	76,0 ± 0,46
Albuminlar (g/l)	31,0 ± 0,63 **	34,0 ± 0,41 *	35,5 ± 0,50	36,5 ± 0,57
Xolesterin (mmol/l)	6,4 ± 0,27 **	5,45 ± 0,21	5,05 ± 0,29	5,10 ± 0,32

ISSN 3030-3907

Mochevina (mmol/l)	11,5 ± 0,90 ***	8,8 ± 0,51 **	6,5 ± 0,36	5,40 ± 0,34
Kreatinin (µmol/l)	128,0 ± 2,9 ***	95,2 ± 2,4 **	73,0 ± 1,6	68,0 ± 1,8

Izoh: *p < 0,05; **p < 0,01; ***p < 0,001 sog‘lom bolalar bilan solishtirganda.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, og‘ir kechuvchi I-variantda umumiy oqsil va albumin darajalari sezilarli darajada past bo‘lib, bu oqsil yo‘qotilishi va glomerulyar shikastlanishning yuqoriligi bilan izohlanadi. Xolesterin darajasining oshishi lipid almashinuvining buzilganini ko‘rsatadi. Mochevina va kreatinin darajalarining oshishi buyrak filtratsiyasining pasayganligini bildiradi. II va III-variantlarda ko‘rsatkichlar normaga yaqinlashadi, bu esa buyrak funktsiyasining qisman tiklanayotganini ko‘rsatadi.

2-Jadval.

OGN turli klinik shakllarida buyrak funksiyasi buzilish chastotasi

Ko‘rsatkichlar	**Jami (n=93)**	**I-variant (n=22)**	**II-variant (n=46)**	**III-variant (n=25)**
Oliguriya	*33 / 35,5 %*	*14 / 63,6 %*	*16 / 34,8 %* **	*4 / 16,0 %* ***
Giperkaliemiya	*9 / 9,7 %*	*5 / 22,7 %*	*3 / 6,5 %* **	*0 / 0,0 %* ***
Metabolik atsidoz	*7 / 7,5 %*	*4 / 18,2 %*	*2 / 4,3 %* *	*0 / 0,0 %* *
Qon zardobida mochevina oshishi	*29 / 31,2 %*	*16 / 72,7 %*	*10 / 21,7 %* ***	*3 / 12,0 %* ***
Qon zardobida kreatinin oshishi	*27 / 29,0 %*	*15 / 68,2 %*	*9 / 19,6 %* ***	*3 / 12,0 %* ***
Glomerulyar filtrlatsiya tezligi pasayishi	*40 / 43,0 %*	*19 / 86,4 %*	*16 / 34,8 %* ***	*5 / 20,0 %* ***
Siydikning nisbiy zichligi kamayishi	*38 / 40,9 %*	*18 / 81,8 %*	*15 / 32,6 %* ***	*5 / 20,0 %* ***

***Izoh:** *p<0,05; **p<0,01; ***p<0,001 — II va III guruh ko‘rsatkichlarini I guruh bilan solishtirganda. abs. – mutlaq son, % – foiz.*

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, og‘ir kechuvchi OGNda (I-guruh) buyrakning filtratsion, konsentratsion va ekskretor funksiyalari eng chuqur buzilgan. Oliguriya, azotemiya va elektrolit muvozanatining buzilishi og‘ir shakl bilan yaqqol bog‘liq. II va III-guruhlarda buzilishlar sezilarli darajada past bo‘lib, qaytaruvchan xarakterga ega ekanligi aniqlangan.

Anamnestik tahlilga ko‘ra, OGN bilan og‘rigan bolalarda antenatal va perinatal xavf omillari yuqori darajada qayd etilgan: onalarda gestoz 12 %,

ISSN 3030-3907

homiladorlik davrida O‘RVI 36 %, piyelonefrit 18 %. Bolalarda asfiksiya 6 %, intrauterin distrofiyaga chalinganlar 7 %, muddatidan oldin tug‘ilganlar 7 %. Perinatal ensefalopatiya 33 % holatda aniqlangan. Irsiy moyillik 3 %, arterial gipertenziya ota-onalarda 17 %, qarindoshlarda 48 % kuzatilgan.

Siydik tahlili va oldingi tahlillar asosida, bolalarning 85 %ida OGN rivojlanishidan oldin mikrogematuriya, oksaluriya va uraturiya mavjud edi. Rentgen tekshiruvida buyrak yoki siydik yo‘llari anomaliyasi 4 %, pieloektaziya 3 %, vezikoureteral reflyuks 2 % holatda aniqlangan. Surunkali infektsiya o‘choqlari, jumladan kariyes (52 %) va limfoadenopatiya, lamblioz va enterobioz ham bolalarda yuqori darajada kuzatildi.

Tahlil shuni ko‘rsatadiki, I-guruhda og‘ir OGN bilan og‘rigan bolalarda odatda 5 ta xavf omili birga mavjud: perinatal patologiya, oldingi siydik o‘zgarishlari, gastrointestinal kasalliklar, lamblioz va surunkali infektsiya o‘choqlari. II-guruhda 4 ta, III-guruhda 3 ta xavf omili dominant bo‘lgan.

Kasallik boshlanganidan bir yil o‘tib, 83 % bolalarda buyrak funktsiyasi va siydik tahlili normal darajaga qaytgan, 13 %ida mikrogematuriya va yengil proteinuriya saqlanib qolgan.

XULOSA. OGN og‘ir shakllarida buyrak filtratsion va ekskretor funktsiyalari chuqur buzilgan, bu azotemiya, oliguriya va metabolik atsidoz bilan namoyon bo‘ladi. Perinatal va infeksion xavf omillari, gastrointestinal kasalliklar va parazitar invaziyalar OGN rivojlanishida asosiy patogen omillar hisoblanadi. Klinik va laborator kuzatuv OGNni erta aniqlash va individual profilaktik choralarni qo‘llashning ahamiyatini tasdiqlaydi. Olingan natijalar kelajakda OGN bilan og‘rigan bolalarda shaxsiylashtirilgan terapiya va profilaktik strategiyalarni ishlab chiqishda asos bo‘ladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Gurmeet Singh. Post-Infectious Glomerulonephritis. In: *An Update on Glomerulopathies – Clinical and Treatment Aspects*. Ed. Sh. Prabhakar. In Tech, 2011: 112–124.
2. Watanabe Toru. Atypical Clinical Manifestations of Acute Poststreptococcal Glomerulonephritis. In: *An Update on Glomerulopathies – Clinical and Treatment Aspects*. Ed. Sh. Prabhakar. In Tech, 2011: 152–168.
3. Берл Т., Шрайер Р.В. Больные с гипо- или гипернатриемией. В кн.: *Руководство по нефрологии*. Р.В. Шрайер, ред. Пер. с англ. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009; 560 с.
4. Тареев Е.М. *Нефриты*. М.: Медгиз, 1958: 664 с.
5. Тареева И.Е., Мухин Н.А., ред. *Справочник по нефрологии*. М.: Медицина, 1986: 432 с.

ISSN 3030-3907

6. Hinchey J, Chaves C, Appignani B, et al. A reversible posterior leukoencephalopathy syndrome. *New England Journal of Medicine*. 1996; 334(8): 494–500.
7. Скворцова В.И., Губский Л.В., Мельникова Е.А. Синдром задней обратимой энцефалопатии. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2010; 110(5): 104–109.
8. Pedraza R, Marik PE, Varon J. Posterior Reversible Encephalopathy Syndrome: A Review. *Crit Care & Shock*. 2009; 12: 135–143.
9. Parvex P, Pinsk M, Bell LE, et al. Reversible encephalopathy associated with Tacrolimus in pediatric renal transplants. *Pediatric Nephrology*. 2001; 16(7): 537–542.
10. Гордовская Н.В., Козловская Л.Н. Нефропатии беременных. В кн.: *Нефрология: Национальное руководство*. Н.А. Мухин, ред. М.: ГЭОТАР-Медиа, 2009: 710 с.
11. Gamie Z, Rizwan A, Balen FG, et al. Posterior reversible encephalopathy syndrome in a child with cyclical vomiting and hypertension: a case report. *Journal of Medical Case Reports*. 2011; 5: 137–140.
12. Мурадов С.Г., Приходина Л.С., Длин В.В., и др. Кризовое течение артериальной гипертензии у ребенка с гломерулонефритом. *Нефрология и диализ*. 2001; 3(1): 100–105.
13. Soylu A, Kavuksu S, Turkmen M, Akbas Y. Posterior reversible encephalopathy syndrome in poststreptococcal acute glomerulonephritis. *Pediatric Nephrology*. 2001; 16(7): 601–603.
14. Ramberg R. The prognosis for acute nephritis. *Acta Medica Scandinavica*. 1947; 127(4): 396–423.
15. Watanabe T, Yoshizawa N. Recurrence of acute poststreptococcal glomerulonephritis (Bri).

ISSN 3030-3907

SCIENTIFIC AND TECHNICAL ANALYSIS OF RESEARCH ON THE USE OF HEAT PIPES

Ibragimov Umidjon Khayrullayevich
Qarshi State Technical University, Doctor of Technical Sciences, Professor
Karimova Mahbuba Nutfullayevna
Bukhara State University, dotsent
Ibragimov Salim Safarovich
Bukhara State University, teacher

Abstract. This article presents a scientific and technical analysis of research into the use of heat pipes. The study covers the design features of heat pipes and their operating principles. Specifically, it was established that a heat pipe is a sealed structure, 0.2–0.5% of whose internal volume is filled with a coolant. In the heated portion of the heat pipe (the evaporation zone), the liquid coolant evaporates as a result of heat absorption. The resulting vapor passes into the cooled portion (the condensation zone), where it transfers its latent heat of evaporation to the heat exchanger and condenses. The condensed liquid returns to the evaporation zone under the action of capillary forces or gravity. The study also found that with a nanofluid mass concentration of 1%, the thermal efficiency of the system optimally increases by 16.8%.

Keywords: heat pipe, heat exchanger, condensation, condensation zone, tube, heat transfer, evaporation zone, capillary, thermosyphon, condenser, total coefficient.

Аннотация. В данной статье представлен научно-технический анализ научных исследований по применению тепловых трубок. Исследование охватывает конструктивные особенности тепловых трубок и принцип их работы. В частности, установлено, что тепловая трубка представляет собой герметичную конструкцию, 0,2–0,5% внутреннего объема которой заполнено теплоносителем. В нагретой части тепловой трубки (зоне испарения) жидкий теплоноситель испаряется в результате поглощения тепла. Образовавшийся пар переходит в охлажденную часть (зону конденсации), где передает свою скрытую теплоту испарения теплообменнику и конденсируется. Сконденсированная жидкость возвращается в зону испарения под действием капиллярных сил или силы тяжести. Также по результатам исследования установлено, что при массовой концентрации наножидкости 1% тепловой КПД системы оптимально увеличивается на 16,8%.

Ключевые слова: тепловая трубка, теплообменник, конденсация, зона конденсации, трубка, теплопередача, зона испарения, капилляр, термосифон, конденсатор, суммарный коэффициент.

ISSN 3030-3907

Annotatsiya. Ushbu maqolada issiqlik quvurlaridan foydalanish bo‘yicha olib borilgan ilmiy tadqiqot ishlarining ilmiy-texnik tahlili keltirilgan. Tadqiqotda issiqlik quvurlarining konstruktiv xususiyatlari hamda ularning ishlash prinsipi yoritilgan. Jumladan, issiqlik quvuri germetik yopiq konstruksiya bo‘lib, uning ichki hajmining 0,2–0,5 qismi issiqlik tashuvchi suyuqlik bilan to‘ldirilishi aniqlangan. Issiqlik quvurining isitiladigan qismida (bug‘lanish zonasida) suyuq issiqlik tashuvchi issiqlikni yutishi natijasida bug‘lanadi. Hosil bo‘lgan bug‘ sovitiladigan qismga (kondensatsiya zonasiga) o‘tib, u yerda o‘zining yashirin bug‘lanish issiqligini issiqlik almashtirgichga uzatadi va kondensatsiyalanadi. Kondensatsiyalangan suyuqlik esa kapillyar kuchlar yoki gravitatsiya ta’sirida yana bug‘lanish zonasiga qaytadi. Shuningdek, tadqiqot natijalariga ko‘ra nanosuyuqlikning massaviy konsentratsiyasi 1% bo‘lganda tizimning termik foydali ish koeffitsienti (FIK) optimal holda 16,8% ga oshishi aniqlangan.

Kalit so‘zlar: issiqlik quvuri, issiqlik almashtirgich, kondensatsiya, kondensatsiya zona, pilik, issiqlik uzatish, bug‘lanish zonasi, kapillyar, termosifon, kondensator, to‘liq koeffitsiyent.

INTRODUCTION

A heat pipe is the fundamental element of a heat exchange system, operating on the principle of a low-boiling liquid contained within closed tubes made of heat-conducting metals (aluminum, copper) and other materials. As a result of heat transfer, the liquid evaporates at the hot end of the heat pipe, absorbs the heat of evaporation, and condenses at the cold end. Heat pipes come in two types: those with a smooth inner wall and those with a porous inner lining. In smooth-walled tubes, the condensed liquid returns to the evaporation zone solely under the force of gravity. This means that these heat pipes operate only when the condensation zone is above the evaporation zone and the condensed liquid is able to descend into the evaporation zone. Heat pipes can operate in virtually any orientation, as the liquid returns to the evaporation zone through the pores under the force of capillary action, and gravity plays no role in this process.

LITERATURE ANALYSIS.

The choice of materials for heat pipes and coolants depends on the operating conditions: liquid helium and mercury are used for very low temperatures, while indium and other substances are used for high temperatures. However, most modern tubes recommend ammonia, water, methanol, and ethanol as working fluids. The first patent for this technology was issued to Gaugler in 1944. Heat pipes have a wide operating temperature range, where the speed of heat transfer exceeds the speed of sound, and a service life of over 20,000 hours, making them highly efficient and reliable technical systems. Water is used as the working fluid

ISSN 3030-3907

in the inner part. To boil the water inside the tube at low temperatures, the air must be evacuated from the heat pipes.

A heat pipe is a heat transfer device capable of transferring large heat capacities at low temperature gradients, and heat pipes (0.2-0.5) are hermetically sealed. In the heated portion of the heat pipe (evaporation zone), the liquid coolant evaporates as a result of heat absorption, and in the cooled zone of the heat pipe (condensation zone), water vapor, transferring its latent heat to the heat exchanger, condenses and enters the evaporation zone. The transition of vapor from the evaporation zone to the condensation zone occurs due to the difference in saturated vapor pressure, which is determined by the difference in temperature in the evaporation and condensation zones. Capillary heat pipes are very common. Lightweight, highly reliable, autonomous operation, high thermal conductivity of heat pipes, and the possibility of their use as thermostatic devices have led to their widespread use in power engineering, the chemical industry, space technology, electronics, and other industries [1]. Heat pipes are used to efficiently transfer thermal energy from one source to another. They are capable of transferring heat over long distances with minimal power loss.

RESEARCH METHODOLOGY.

Several types of heat pipes have been proposed, among which wick heat pipes are widely used. When the evaporation zone of the heat pipe is heated, the liquid in the evaporation zone is heated and evaporated, resulting in the formation of vapor. The vapor moves along the pipe to the condenser zone, where it condenses into liquid and then returns to the evaporation zone through the wick structure, forming a closed thermal cycle. This type of heat pipe is simple, reliable, and does not require an external source. Wick heat pipes are widely used in nuclear power plants [2] and in ventilation and air conditioning systems [3].

The main difference between thermosiphons and heat pipes is that thermosiphons use natural convection and gravity to transfer heat. The condensation zone is located above the evaporation zone due to gravity. They do not require an external heat source and are suitable for vertical heat transfer.

Thermosyphons are widely used in nuclear reactors [4], ceramic industry [5], solar collectors [6], coal liquefaction [7], HVAC systems [8], steel industry [9], flue gas heat recovery from coal combustion [10] and aluminum industry [11].

Flat heat pipes typically have a very thin cross-section and are used for heat transfer in confined spaces. They provide efficient heat transfer even in very thin structures. They are widely used in solar collectors [12], photovoltaic panels [13], and the metallurgical industry [14].

ISSN 3030-3907

Concentric tubular heat pipes consist of two concentric tubes, with the inner tube acting as an evaporator and the outer tube acting as a condenser. They provide long-distance heat transfer and exhibit high heat transfer efficiency [15].

Microstructured heat pipes are based on wick heat pipes and typically consist of multiple wick heat pipes. In microstructured heat pipes, the evaporation zone is located near the high-temperature heat source, while the condenser zone is located in a much cooler environment.

DISCUSSION AND RESULTS

When a high-temperature liquid, i.e., static heat, acts on the evaporation zone, the working fluid begins to boil and absorbs a large amount of heat. During this process, a phase transition occurs, and steam at a constant temperature is formed inside the tube. The steam then passes from the evaporation zone to the condenser zone at the speed of sound. When the steam flow encounters the cold in the condenser zone, it gives up heat and turns into liquid again. The condensed liquid then returns to the evaporation zone of the tube under the action of gravity or a wick structure. This process is continuously repeated. Iranian scientists Noye et al. [16] investigated the effect of the inclination angle and the integral coefficient on the thermal characteristics of a two-phase closed thermosyphon. A copper thermosyphon with an outer diameter of 16 mm, an inner diameter of 14.5 mm, and a length of 1000 mm was used in the calculation. Distilled water was used as the working fluid. The saturation coefficient was defined as the ratio of the volume of the working fluid to the volume of the evaporation section. Saturation factors were assumed to be 15%, 22%, and 30%. According to their findings, the heat transfer coefficient and condensation heat transfer rate increased with increasing saturation factor. Condensation heat transfer was highest at a saturation factor of 22%, as well as at an inclination angle of 30° and a saturation factor of 30%, and at an inclination angle of 45° and a saturation factor of 15%.

Taiwanese scientists Teng et al. [17] investigated the thermal efficiency of heat pipes filled with an aluminum oxide-based nanofluid. The heat pipe used in the experiment consisted of a copper tube with a diameter of 8 mm and a length of 600 mm. At a mass concentration of 1% nanofluid, the optimal thermal efficiency increased by 16.8%.

Malaysian scientists Idrus et al. [18] used a 300 mm long, 10 mm outer diameter copper heat pipe filled with water in their research. A K-type thermocouple was glued to the outer surface of the heat pipe. They studied the characteristics of the heat pipes at different heat transfer values and inclination angles. With a power consumption of 70-80 W and an inclination angle of 30° to 60°, the best characteristics were shown by heat pipes with a diameter of 10 mm.

ISSN 3030-3907

Taiwanese scientists Kang et al. [19] studied the thermal characteristics of heat pipes filled with a silver nanofluid with a diameter of 35 nm. The length of the heat pipes was 20 mm, and the outer diameter was 6 mm. The concentration of nanoparticles varied from 1 mg/L to 100 mg/L. A radiator was connected to the condenser section of the heat pipes. The condenser section is cooled with water. Thermal resistance decreases with increasing concentration and size of silver nanoparticles.

American scientist Plavsky [20] investigated heat pipes consisting of a sealed container with a wick mounted on the inner wall. Romanian scientists Guminici et al. [21] developed thermosiphon heat pipes using nanofluids and deionized water to compare the heat transfer rate in a thermosiphon. Iron oxide nanoparticles were obtained by laser pyrolysis, and their concentration was 0, 2, and 5.3%. The heat transfer rate in thermosiphon heat pipes filled with iron oxide nanoparticles was significantly higher than in thermosiphon heat pipes filled with water. The presence of a 2% concentration of iron oxide nanoparticles in the liquid increased the heat transfer rate by 19%. Increasing the concentration of nanoparticles increases the thermal resistance of the thermosiphon heat pipes and ensures high efficiency.

Dutch scientists Grooten et al. [22] investigated the influence of saturation temperature, inclination angle, and fill level on the maximum working heat flux of thermosyphons. R-134a was used as the working fluid. It was found that the thermosyphon operates best at an inclination angle of 83°. According to the results, the maximum working heat flux decreases with increasing saturation temperature and decreasing inclination angle. Also, an angle of 83° is not recommended for efficient operation of thermosyphons.

Iranian scientists Moraveji and Razvarz [23] studied the thermal characteristics of heat pipes using aluminum oxide nanoparticles with a diameter of 35 nm. They were made of copper tubes of varying lengths with a sand wick structure. The studied mass concentrations of the nanofluid were 0.1 and 3%. The results were compared with those of heat pipes filled with water. According to the results, the wall temperature increased with increasing heat transfer, and the wall temperature of the heat pipes with nanofluid was lower than the wall temperature of the heat pipes filled with water. Also, the wall temperature and the temperature difference decreased with increasing nanoparticle concentration. However, it was found that heat pipes with nanofluid had lower thermal resistance than heat pipes filled with water.

CONCLUSIONS AND SUGGESTIONS.

Increasing or decreasing the amount of heat transferred to heat pipes affects their efficiency. In this case, heat pipes with an outer diameter of 6.35 mm and a

ISSN 3030-3907

length of 200 m were used. The heat pipes have a mesh-wick structure and are filled with aluminum oxide nanoparticles at mass concentrations of 5 and 10%. The results showed that the heat pipes are more efficient at a concentration of 5%.

REFERENCES

1. Елисеев В.Б., Сергеев Д.И. Что такое тепловая труба? Энергия, 1971. – с. 136.
2. Xie C.Y., Tao H.Z., Li W., Cheng J.J. Numerical simulation and experimental investigation of heat pipe heat exchanger applied in residual heat removal system. Ann. Nucl. Energy 2019, 133. – p. 568-579.
3. Sukarno R., Putra N., Hakim I.I., Rachman F.F., Mahlia T.M.I. Utilizing heat pipe heat exchanger to reduce the energy consumption of airborne infection isolation hospital room HVAC system. J. Build. Eng. 2021, 35, 102116. – p. 1-8.
4. Dobson R., Laubscher R. Heat pipe heat exchanger for high temperature nuclear reactor technology. Front. Heat Pipes 2013, 4, 023002. – p. 1-7.
5. Brough D., Mezquita A., Ferrer S., Segarra C., Chauhan A., Almahmoud S., Khordehgah N., Ahmad L., Middleton D., Sewell H.I. et al. An experimental study and computational validation of waste heat recovery from a lab scale ceramic kiln using a vertical multi-pass heat pipe heat exchanger. Energy 2020, 208, 118325. – p. 1-19.
6. Sarafraz M.M., Tlili I., Tian Z., Bakouri M., Safaei M.R. Smart optimization of a thermosyphon heat pipe for an evacuated tube solar collector using response surface methodology (RSM). Phys. A-Stat. Mech. Appl. 2019, 534, 122146.
2. Tshamala M.C., Dobson R.T. Design of Heat-Pipe Heat Exchanger (Hphe) for a Coal-to-Liquid Fuel Process Using Nuclear Energy. In Proceedings of the 24th International Conference on Nuclear Engineering, Charlotte, NC, USA, 26–30 June 2016; Volume 1. – p. 1-11.
3. Zhang L.Y., Liu Y.Y., Guo X., Meng X.Z., Jin L.W., Zhang Q.L., Hu W.J. Experimental investigation and economic analysis of gravity heat pipe exchanger applied in communication base station. Appl. Energy 2017, 194. – p. 499-507.
4. Ma H.T., Du N., Zhang Z.Y., Lyu F., Deng N., Li C., Ye S.J. Assessment of the optimum operation conditions on a heat pipe heat exchanger for waste heat recovery in steel industry. Renew. Sustain. Energy Rev. 2017, 79. – p. 50-60.
5. Zhang S.W., Song G.H., Xue Z.H. Techno-Economic Assessment of Enamel Heat Pipe Exchanger in a Combined Heat and Power Plant With Back Pressure Turbine. J. Therm. Sci. Eng. Appl. 2021, 13, 044501. – p. 1-4.
6. Jouhara H., Nieto N., Egilegor B., Zuazua J., Gonz E., Yebra I., Igesias A., Delpech B., Almahmoud S., Brough D. et al. Waste heat recovery solution based

ISSN 3030-3907

on a heat pipe heat exchanger for the aluminum die casting industry. Energy 2023, 266, 126459. – p. 1-17.
7. Jouhara H., Milko J., Danielewicz J., Sayegh M.A., Szulgowska-Zgrzywa M., Ramos J.B., Lester S.P. The performance of a novel flat heat pipe based thermal and PV/T (photovoltaic and thermal systems) solar collector that can be used as an energy-active building envelope material. Energy 2016, 108. – p. 148-154.
8. Al-Mabsali S.A., Candido J.P., Chaudhry H.N., Gul M.S. Investigation of an Inclined Heat Pipe Heat Exchanger as a Passive Cooling Mechanism on a Photovoltaic Panel. Energies 2021, 14, 7828. – p. 1-20.
9. Almahmoud S., Jouhara H. Experimental and theoretical investigation on a radioactive flat heat pipe heat exchanger. Energy 2019, 174. – p. 972-984.
10. Ramkumar P., Vivek C.M., Ramasamy S., Kajavali A., Sivasubramanian M. Experimental and numerical study using ANFISneuro fuzzy model on heat pipe heat exchanger. Mater. Today-Proc. 2022, 62. – p. 2152-2162.
11. Noie S.H., Sarmasti Emami M.R., Khoshnoodi M. Effect of inclination angle and filling ratio on thermal performance of a two phase closed thermosyphon under normal operating conditions. Heat transfer engineering, 2007, 28(4). – p. 365-371.
12. Teng T.P., Hsu H.G., Mo H.E., Chen C.C. Thermal efficiency of heat pipe with alumina nanofluid. Journal of alloys and compounds, 2010, 504. – p. 380-384.
13. Idrus F., Mohamad N., Zailani R., Wisnoe W., Abdullah M.Z. Thermal performance of a cylindrical heat pipe for different heat inputs and inclination angles. In Applied Mechanics and Materials. 2014, 661. – p. 148-153.
14. Kang S.W., Wei W.C., Tsai S.H., Yang S.Y. Experimental investigation of silver nanofluid on heat pipe thermal performance. Applied Thermal Engineering, 2006, 26(17-18). – p. 2377-2382.
15. Plawsky J. Wickless heat pipes in microgravity. Physics today, 2017, 70(9). – p. 82-83.
16. Huminic G., Huminic A., Morjan I., Dumitrache F. Experimental study of the thermal performance of thermosyphon heat pipe using iron oxide nanoparticles. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2011, 54(1-3). – p. 656-661.
17. Grooten M.H.M., Van Der Geld C.W.M. The effect of the angle of inclination on the operation limiting heat flux of long R-134a filled thermosyphons. Journal of heat transfer, 2010, 132(5). – p. 1-5.
18. Moraveji M.K., Razvarz S. Experimental investigation of aluminum oxide nanofluid on heat pipe thermal performance. International Communications in Heat and Mass Transfer, 2012, 39(9). – p. 1444-1448.

ISSN 3030-3907

GENLAR TA'SIRING BOSHQARILISHI, HUJAYRA DIFFERENSIROFKASI, KLONLAR VA KLONLASHTIRISHNING KLINIK AHAMIYATI.

Saidmurodova Z. A.
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, biologik kimyo kafedrasi katta o‘qituvchisi
Shirinova Malika
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Davolash ishi fakulteti talabasi
Oralova Sevinch
Samarqand davlat tibbiyot universiteti, Davolash ishi fakulteti talabasi

Annotatsiya. Maqolada genlar ta’sirini boshqarilish mexanizmlari, hujayra differensirovkasi jarayoni hamda klon va klonlashtirish tushunchalarining nazariy va amaliy jihatlari yoritilgan. Gen ekspressiyasining transkripsion, posttranskripsion va epigenetik darajadagi nazorati organizm rivojlanishi hamda hujayralarning funksional ixtisoslashuvida muhim o‘rin tutishi ilmiy manbalar asosida tahlil qilingan. Hujayra differensirovkasi jarayonida genlarning selektiv faollashuvi va repressiyasi natijasida turli to‘qima va organ hujayralari shakllanishi asoslab berilgan. Shuningdek, maqolada klon va klonlashtirish jarayonlarining biologik mohiyati, tabiiy va sun’iy klonlashtirish usullari, xususan somatik hujayra yadrosini ko‘chirish texnologiyasining ahamiyati bayon etilgan. Klonlashtirishning regenerativ tibbiyot, irsiy kasalliklarni o‘rganish, to‘qima muhandisligi va farmakologik tadqiqotlarda qo‘llanilishi tahlil qilingan. Genetik va epigenetik mexanizmlarni chuqur o‘rganish klinik amaliyotda innovatsion diagnostika va davolash usullarini ishlab chiqish uchun muhim ilmiy asos bo‘lib xizmat qilishi ta’kidlangan.

Kalit so‘zlar: gen ekspressiyasi, genlar boshqarilishi, epigenetika, hujayra differensirovkasi, klon, klonlashtirish, somatik yadro ko‘chirish, regenerativ tibbiyot, molekulyar biologiya**.**

Аннотация. В статье освещены механизмы регуляции действия генов, процессы клеточной дифференцировки, а также теоретические и практические аспекты клонирования и его клинического значения. На основе анализа современных научных источников раскрыты транскрипционные, посттранскрипционные и эпигенетические механизмы регуляции экспрессии генов, играющие ключевую роль в развитии организма и функциональной специализации клеток. Обосновано, что в процессе клеточной дифференцировки происходит селективная активация одних генов и репрессия других, что обеспечивает формирование различных типов клеток, тканей и органов при сохранении идентичной генетической информации**.** В

ISSN 3030-3907

работе также рассмотрена биологическая сущность клона и процессов клонирования, включая естественные и искусственные методы получения генетически идентичных клеток и организмов. Особое внимание уделено технологии переноса ядра соматической клетки как одному из современных методов клонирования. Проанализировано клиническое значение клонирования в регенеративной медицине, тканевой инженерии, изучении наследственных заболеваний и фармакологических исследованиях. Подчеркивается, что углубленное изучение генетических и эпигенетических механизмов регуляции экспрессии генов способствует разработке инновационных методов диагностики и лечения в современной клинической практике.

Ключевые слова: экспрессия генов, регуляция генов, эпигенетика, клеточная дифференцировка, клон, клонирование, перенос ядра соматической клетки, регенеративная медицина, молекулярная биология.

Abstract. The article examines the mechanisms of gene regulation, the process of cell differentiation, and the theoretical as well as practical aspects of cloning and its clinical significance. Based on an analysis of contemporary scientific sources, transcriptional, post-transcriptional, and epigenetic mechanisms of gene expression regulation are described as key factors in organismal development and cellular functional specialization. It is substantiated that during cell differentiation, selective activation of certain genes and repression of others occur, ensuring the formation of diverse cell types, tissues, and organs while maintaining identical genetic information. The study also explores the biological concept of clones and the processes of cloning, including both natural and artificial methods of producing genetically identical cells and organisms. Special attention is given to somatic cell nuclear transfer as one of the modern techniques of artificial cloning. The clinical significance of cloning is analyzed in the context of regenerative medicine, tissue engineering, the study of hereditary diseases, and pharmacological research. It is emphasized that a deeper understanding of genetic and epigenetic regulatory mechanisms contributes to the development of innovative diagnostic and therapeutic approaches in modern clinical practice.

Keywords: gene expression, gene regulation, epigenetics, cell differentiation, clone, cloning, somatic cell nuclear transfer, regenerative medicine, molecular biology.

KIRISH.

Organizmdagi har bir hujayra ma’lum bir vazifani bajaradi va ushbu vazifalar genlar faoliyati orqali nazorat qilinadi. Genlar DNKda joylashgan bo‘lib, oqsil sintezini belgilovchi axborot birliklari hisoblanadi. Biroq barcha genlar bir

ISSN 3030-3907

vaqtning o‘zida faol bo‘lmaydi. Ularning yoqilishi yoki o‘chirilishi gen ekspressiyasi orqali boshqariladi. Aynan gen ekspressiyasining tartibga solinishi hujayra spetsifikatsiyasi va differensirovkasining asosini tashkil etadi.

Gen ekspressiyasi ikki asosiy bosqichda amalga oshadi: transkripsiya va translyatsiya. Transkripsiya jarayonida DNKning ma’lum qismi RNK polimeraza fermenti yordamida o‘qilib, matritsali RNK (mRNK) sintez qilinadi. Bu bosqichda promotor va enhancer hududlari muhim ahamiyatga ega. Transkripsion faktorlar ushbu hududlarga birikib, RNK polimeraza faolligini kuchaytiradi yoki susaytiradi. Shu tariqa gen ekspressiyasining boshlanishi nazorat qilinadi.

Translyatsiya bosqichida esa mRNK ribosomalarda o‘qilib, oqsil sintez qilinadi. Ushbu jarayon tRNK va rRNK ishtirokida amalga oshadi. Har bir bosqichda gen ta’siri turli mexanizmlar orqali boshqarilishi mumkin, bu esa organizmning o‘zgaruvchan sharoitlarga moslashuvchanligini ta’minlaydi.

Gen ekspressiyasi faqat transkripsiya bosqichida emas, balki undan keyin ham nazorat qilinadi. Post-transkripsion nazorat mRNK ustidan nazoratni anglatadi. Bu jarayonga mRNKning splicing, stabilizatsiya va transport bosqichlari kiradi. Splicing jarayonida intron qismlar olib tashlanib, faqat ekzon qismlar saqlanadi. Alternativ splicing natijasida bitta gen turli xil oqsillarni kodlashi mumkin. Bundan tashqari, mRNKning parchalanish darajasi ham gen ekspressiyasiga ta’sir ko‘rsatadi. Shu mexanizmlar orqali hujayra keraksiz yoki ortiqcha oqsillar sintezining oldini oladi.

Genlar ta’sirini boshqarilishida epigenetik nazorat alohida o‘rin tutadi. Epigenetik mexanizmlar DNK ketma-ketligini o‘zgartirmagan holda gen faolligini tartibga soladi. Asosiy epigenetik mexanizmlarga DNK metillanishi va giston modifikatsiyasi kiradi. DNK metillanishi odatda gen ekspressiyasining pasayishiga olib keladi, ya’ni gen faoliyati susayadi. Gistonlarning atsetillanishi esa aksincha, xromatin tuzilishini bo‘shashtirib, gen faolligini oshirishi mumkin. Ushbu jarayonlar hujayra turi va tashqi muhit omillariga bog‘liq holda o‘zgaradi. Mazkur mexanizmlar hujayra differensirovkasining biologik asosini tashkil etadi. Bir xil genotipga ega hujayralar turli epigenetik va transkripsion nazorat tufayli turlicha fenotip namoyon qiladi. Natijada nerv, mushak, epiteliy va boshqa to‘qima hujayralari shakllanadi.

Hujayra differensirovkasi — bu embrional rivojlanish va postnatal davrda kam ixtisoslashgan hujayralarning ma’lum tuzilma va funksiyaga ega bo‘lgan maxsus hujayralarga aylanish jarayonidir. Ushbu murakkab biologik jarayon genlarning selektiv faollashuvi va repressiyasi asosida amalga oshadi. Barcha somatik hujayralar bir xil genetik axborot — ya’ni bir xil genomga ega bo‘lishiga

ISSN 3030-3907

qaramay, ular turli xil morfologik va funksional xususiyatlarni namoyon etadi. Bu farq aynan gen ekspressiyasining differensial tartibga solinishi bilan izohlanadi.

Differensirovka jarayonida ma’lum hujayra turi uchun zarur bo‘lgan genlar faollashadi, boshqa genlar esa repressiyaga uchraydi, ya’ni vaqtincha yoki doimiy ravishda “o‘chiriladi”. Masalan, mushak hujayralarida qisqarishga javob beruvchi oqsillarni kodlovchi genlar faol bo‘lsa, nerv hujayralarida impuls o‘tkazishga mas’ul genlar ekspressiyasi ustunlik qiladi. Bu selektiv faollashuv transkripsion faktorlar, promotor va enhancer hududlari hamda epigenetik mexanizmlar orqali boshqariladi. Epigenetik o‘zgarishlar, jumladan DNK metillanishi va giston modifikatsiyalari, differensirovka davomida genlarning uzoq muddatli faolligini belgilaydi. Natijada hujayra o‘zining ixtisoslashgan fenotipini saqlab qoladi. Shuningdek, tashqi muhit omillari, hujayralararo signallar va o‘sish faktorлари ham differensirovka jarayoniga ta’sir ko‘rsatadi.

Klon tushunchasi biologiyada genetik jihatdan bir xil bo‘lgan hujayra yoki organizmlar to‘plamini anglatadi. Klonlash jarayoni esa bunday genetik identiklikni sun’iy yoki tabiiy yo‘l bilan hosil qilish jarayonidir. Biologik nuqtai nazardan, klonlashtirish genetik axborotning to‘liq va o‘zgarmagan holda nusxalanishiga asoslanadi. Bu hodisa tirik organizmlarda tabiiy ravishda ham uchraydi hamda zamonaviy biotexnologiya yordamida sun’iy ravishda amalga oshiriladi.

TABIIY KLONLASHTIRISHNING BIOLOGIK ASOSLARI

Tabiiy klonlashtirish asosan hujayralarning mitotik bo‘linishi orqali sodir bo‘ladi. Mitoz jarayonida ona hujayraning genetik materiali ikki barobar ko‘payadi va ikkita qiz hujayraga teng ravishda taqsimlanadi. Natijada hosil bo‘lgan hujayralar genetik jihatdan bir xil bo‘ladi. Shu sababli ko‘p hujayrali organizmning barcha somatik hujayralari asl zigotaning klonlari hisoblanadi.

Tabiatda klonlashning yana bir ko‘rinishi — vegetativ ko‘payishdir. O‘simliklarda poya, ildiz yoki barg orqali ko‘payish natijasida genetik jihatdan identik avlod hosil bo‘ladi. Hayvonot olamida esa bir tuxumli egizaklar tabiiy klonlashtirish misolidir. Bu holatda bitta urug‘langan tuxum hujayra (zigota) ikkiga ajraladi va genetik jihatdan bir xil ikki organizm rivojlanadi.

Tabiiy klonlashtirish biologik barqarorlikni ta’minlaydi va genetik axborotni o‘zgarmagan holda avlodga uzatishga xizmat qiladi. Biroq bunday ko‘payish turi genetik xilma-xillikni kamaytiradi.

SUN’IY KLONLASHTIRISH USULLARI

Zamonaviy biotexnologiyada sun’iy klonlashtirish bir necha usullar orqali amalga oshiriladi. Ulardan biri — embrion bo‘linishini sun’iy ravishda ajratishdir. Bu usulda dastlabki bosqichdagi embrion hujayralari ajratilib, alohida

ISSN 3030-3907

rivojlanishga yo‘naltiriladi. Ushbu usul tabiiy egizaklik jarayoniga o‘xshash bo‘lib, genetik jihatdan identik organizmlar hosil qiladi.

Eng muhim va ilmiy jihatdan asoslangan usullardan biri — somatik hujayra yadrosini ko‘chirish (Somatic Cell Nuclear Transfer, SCNT) texnologiyasidir. Ushbu usul birinchi bor 1996-yilda qo‘y — Dolly misolida muvaffaqiyatli qo‘llanilgan. SCNT jarayonida somatik (tana) hujayradan olingan yadro o‘z yadrosi olib tashlangan tuxum hujayraga ko‘chiriladi. Keyinchalik bu hujayra maxsus sharoitda rivojlanishga undaladi va embrion hosil bo‘ladi.

Somatik hujayra yadrosini ko‘chirishning molekulyar asoslari

SCNT texnologiyasining biologik mohiyati shundan iboratki, somatik hujayra yadrosida to‘liq genetik axborot saqlangan bo‘ladi. Tuxum hujayra sitoplazmasi esa yadroni “qayta dasturlash” (reprogramming) qobiliyatiga ega. Ya’ni differensirovkalashgan somatik hujayra yadrosi embrional holatga qaytariladi. Bu jarayonda epigenetik belgilar qayta o‘zgartiriladi, DNK metillanishi va giston modifikatsiyalari qayta tuziladi.

Reprogramming jarayoni murakkab molekulyar mexanizmlarga asoslanadi. Agar epigenetik qayta dasturlash to‘liq amalga oshmasa, embrion rivojlanishida nuqsonlar kuzatilishi mumkin. Shu sababli klonlashtirish samaradorligi nisbatan past hisoblanadi.

Klonlashtirishning klinik ahamiyati.Klonlashtirish texnologiyalarining eng katta istiqboli regenerativ tibbiyot bilan bog‘liq. SCNT yordamida olingan embrional ildiz hujayralar bemorning o‘z hujayralariga genetik jihatdan mos bo‘ladi. Bu esa transplantatsiyada immun rad etish xavfini kamaytiradi. Ildiz hujayralar asosida zararlangan to‘qimalarni tiklash, masalan, yurak mushagi, nerv to‘qimasi yoki pankreas beta-hujayralarini regeneratsiya qilish istiqbollari mavjud.

Shuningdek, klonlashtirish irsiy kasalliklarni modellashtirishda muhim ahamiyatga ega. Laboratoriya sharoitida genetik jihatdan identik organizmlar yaratish orqali kasallik mexanizmlarini chuqur o‘rganish va yangi dori vositalarini sinovdan o‘tkazish mumkin.

Farmakologiyada esa klonlashtirilgan hujayra liniyalari dori moddalarning samaradorligi va toksikligini aniqlashda qo‘llaniladi. Bu ilmiy yondashuv individual (personalized) tibbiyot rivojiga ham xizmat qiladi.

ETIK VA BIOLOGIK MUAMMOLAR

Klonlashtirish texnologiyalari bilan bog‘liq etik masalalar ham muhimdir. Inson klonlashtirish masalasi xalqaro miqyosda cheklangan. Bundan tashqari, klonlashtirish jarayonida embrionlarning rivojlanishida anomaliyalar kuzatilishi ehtimoli mavjud. Shu sababli ushbu sohada chuqur ilmiy tadqiqotlar va bioetik nazorat zarur.

ISSN 3030-3907

TADQIQOT METODOLOGIYASI. Mazkur tadqiqot nazariy-analitik xarakterga ega bo‘lib, molekulyar biologiya, genetika, epigenetika hamda regenerativ tibbiyot sohasiga oid zamonaviy ilmiy adabiyotlarni tahlil qilish asosida amalga oshirildi. Tadqiqot jarayonida gen ekspressiyasining boshqarilish mexanizmlari, hujayra differensirovkasi bosqichlari hamda klonlashtirish texnologiyalariga oid ilmiy manbalar tizimli ravishda o‘rganildi va umumlashtirildi.

Metodologik jihatdan qiyosiy tahlil, mantiqiy umumlashtirish va ilmiy ma’lumotlarni strukturaviy tizimlashtirish usullaridan foydalanildi. Shuningdek, somatik hujayra yadrosini ko‘chirish (SCNT) texnologiyasining molekulyar asoslari va klinik istiqbollari ilmiy dalillar asosida baholandi.

TAHLIL VA NATIJALAR.

Tahlil natijasida genlar ta’sirini boshqarilishi ko‘p bosqichli va murakkab biologik jarayon ekanligi aniqlandi. Gen ekspressiyasi transkripsion, post-transkripsion va epigenetik darajalarda nazorat qilinadi. Transkripsiya bosqichida transkripsion faktorlar promotor va enhancer hududlariga birikib, RNK polimeraza faolligini tartibga soladi. Post-transkripsion nazorat jarayonida esa mRNKning splicing, stabilizatsiya va parchalanish mexanizmlari gen ifodalanishiga ta’sir ko‘rsatadi. Klonlashtirish jarayonlarini tahlil qilish natijasida tabiiy va sun’iy klonlashtirish mexanizmlari o‘rganildi. Tabiiy klonlash mitoz va vegetativ ko‘payish orqali amalga oshadi. Sun’iy klonlashtirishda esa somatik hujayra yadrosini ko‘chirish texnologiyasi alohida ahamiyatga ega. SCNT jarayonida differensirovkalashgan somatik hujayra yadrosi enukleatsiya qilingan tuxum hujayraga ko‘chiriladi va epigenetik qayta dasturlash natijasida embrional rivojlanish boshlanadi.

XULOSA.

Genlar faoliyatining boshqarilishi tirik organizmning eng nozik va murakkab mexanizmlaridan biri ҳисобланади. Hujayra differensirovkasi jarayonida bir xil genetik axborotga ega hujayralarning turli funksional xususiyatlarga ega bo‘lib shakllanishi gen ekspressiyasining puxta nazorat qilinishi natijasidir. Transkripsion, post-transkripsion hamda epigenetik mexanizmlar o‘zaro uyg‘unlikda ishlashi tufayli organizmda morfologik va funksional xilma-xillik yuzaga keladi.

Klonlashtirish texnologiyalari, ayniqsa somatik hujayra yadrosini ko‘chirish usuli, genetik axborotning to‘liq saqlanishi va qayta dasturlanishi mumkinligini amaliy jihatdan isbotladi. Bu esa differensirovkalashgan hujayra yadrosining ham to‘liq genetik potensialga ega ekanligini ko‘rsatadi. Mazkur ilmiy yondashuv

ISSN 3030-3907

regenerativ tibbiyot, irsiy kasalliklarni modellashtirish va individual davolash strategiyalarini rivojlantirish uchun yangi imkoniyatlar yaratmoqda.

Shu bilan birga, genetik va epigenetik jarayonlarning chuqur o‘rganilishi nafaqat nazariy ahamiyatga, balki amaliy klinik istiqbolga ham ega. Kelajakda ushbu mexanizmlarni yanada takomillashtirish, xavfsiz va samarali qo‘llash zamonaviy tibbiyotning asosiy yo‘nalishlaridan biri bo‘lib qoladi.

Demak, genlar ta’sirini boshqarilishi va klonlashtirish jarayonlarini chuqur anglash tirik tizimlarning fundamental qonuniyatlarini tushunish hamda innovatsion davolash usullarini ishlab chiqishda mustahkam ilmiy poydevor bo‘lib xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Саидмуродова З. А., Хамрокулова Ш. С. ГАЛАКТОЗЕМИЯ У ДЕТЕЙ //ZAMONAVIY TARAQQIYOT VA FAN: 21-ASR YONDASHUVLARI. – 2026. – Т. 3. – №. 1. – С. 389-393.
2. Саидмуродова З. А. и др. МЕТОДЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ОБУЧЕНИЯ В ПРЕПОДАВАНИИ БИОХИМИИ //International Conference on Modern Science and Scientific Studies. – 2025. – С. 62-69.
3. Saidmurodova Z. A. Nazarova ME Keldiyorova SE DNK TUZILISHI GENETIK TRANSFORMATSIYA JARAYONI, TADQIQOTLAR TAXLILI //Eurasian Journal of Academic Research. – 2022. – Т. 2. – №. 4. – С. 121-124.
4. Saidmurodova Z. A., Toshmurodov D. A. NUKLEIN KISLOTALAR KIMYOSI, ULARNING TUZILISHI VA AHAMIYATI //ВЕСТНИК МАГИСТРАТУРЫ. – 2021. – С. 10.
5. Саидмуродова З. А. и др. РОЛЬ КАЛЬЦИЯ В РЕГУЛЯЦИИ СЕРДЕЧНОГО РИТМА И РАЗВИТИЕ АРИТМИЙ //Modern education and development. – 2025. – Т. 20. – №. 2. – С. 185-187.
6. Саидмуродова З. А. и др. БИОХИМИЯ СЕРДЕЧНОГО МЕТАБОЛИЗМА //Modern education and development. – 2025. – Т. 20. – №. 2. – С. 188-190
7. Саидмуродова З. А., Дилмуродов С. Н., Мамадалиев А. И. ВЛИЯНИЕ ГОРМОНОВ (НАПРИМЕР, АДРЕНАЛИНА, НОРАДРЕНАЛИНА, АНГИОТЕНЗИНА) НА БИОХИМИЮ СЕРДЦА //Modern education and development. – 2025. – Т. 20. – №. 2. – С. 183-184

ISSN 3030-3907

TECHNOLOGY OF PRINTING PATTERNS ON FABRIC BASED ON WATER-SOLUBLE POLYMERS

Mustafoyev Khusen Mamatqulovich
Buxoro davlat pedagogika instituti Dotsent
Email: husenmustafoyev7@gmail.com
Tosheva Sitora Sayfullayevna
Buxoro davlat pedagogika instituti magistanti
Buxoro sh. Piridastgir ko‘chasi, 2
Email:sitoratosheva02@gmail.com

Аннотация. Водорастворимые полимеры играют важную роль в современных технологиях текстильной печати благодаря своим экологически чистым свойствам и высокой функциональной эффективности. Эти полимеры широко используются в качестве загустителей, связующих и пленкообразующих компонентов в пастах для текстильной печати. Среди них особое значение имеют поливиниловый спирт, карбоксиметилцеллюлоза и полиэтиленгликоль из-за их высокой растворимости в воде, контроля вязкости и совместимости с красителями. Применение водорастворимых полимеров в текстильной печати позволяет равномерно распределять красители по поверхности ткани, повышает стойкость цвета и четкость рисунка. Кроме того, эти полимеры облегчают удаление во время стирки, не вызывая загрязнения окружающей среды. Научные исследования показывают, что использование водорастворимых полимеров повышает эффективность печати, снижает расход воды и улучшает показатели качества текстиля. В статье анализируются технологические принципы печати на тканях водорастворимыми полимерами, их физико-химические характеристики и эффективность в технологиях обработки текстиля. Исследование основано на существующей научной литературе и экспериментальных результатах в области химии полимеров и текстильной инженерии.

Ключевые слова: водорастворимые полимеры, текстильная печать, поливиниловый спирт, карбоксиметилцеллюлоза, текстильная технология, печатная паста, химия полимеров.

Annatatsiya. Suvda eriydigan polimerlar ekologik toza xususiyatlari va yuqori funktsional samaradorligi tufayli zamonaviy to‘qimachilik bosib chiqarish texnologiyalarida muhim rol o‘ynaydi. Ushbu polimerlar to‘qimachilik bosib chiqarish pastalarida quyuqlashtiruvchi moddalar, bog‘lovchi moddalar va plyonka hosil qiluvchi komponentlar sifatida keng qo‘llaniladi. Ular orasida polivinil spirt, karboksimetil tsellyuloza va polietilen glikol suvda yuqori eruvchanligi,

ISSN 3030-3907

yopishqoqlikni nazorat qilish va bo‘yoqlar bilan mosligi tufayli ayniqsa muhimdir. To‘qimachilik bosib chiqarishda suvda eriydigan polimerlarni qo‘llash bo‘yoqlarning mato yuzalarida bir tekis taqsimlanishini ta'minlaydi va ranglarning mustahkamligi va naqshlarning ravshanligini oshiradi. Bundan tashqari, bu polimerlar atrof-muhitni ifloslantirmasdan yuvish jarayonlarida oson olib tashlashni osonlashtiradi. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, suvda eriydigan polimerlardan foydalanish bosib chiqarish samaradorligini oshiradi, suv sarfini kamaytiradi va to‘qimachilik sifat ko‘rsatkichlarini yaxshilaydi. Ushbu maqolada suvda eriydigan polimerlardan foydalangan holda mato bosib chiqarishning texnologik tamoyillari, ularning fizik-kimyoviy xususiyatlari va to‘qimachilikni qayta ishlash texnologiyalaridagi samaradorligi tahlil qilinadi. Tadqiqot polimer kimyosi va to‘qimachilik muhandisligidagi mavjud ilmiy adabiyotlar va eksperimental topilmalarga asoslangan.

Kalit so‘zlar: Suvda eriydigan polimerlar, to‘qimachilik bosmaxonasi, polivinil spirti, karboksimetil tsellyuloza, to‘qimachilik texnologiyasi, bosma pastasi, polimer kimyosi

Abstract. Water-soluble polymers play an important role in modern textile printing technologies due to their environmentally friendly properties and high functional efficiency. These polymers are widely used as thickening agents, binders, and film-forming components in textile printing pastes. Among them, polyvinyl alcohol, carboxymethyl cellulose, and polyethylene glycol are particularly important due to their high solubility in water, viscosity control, and compatibility with dyes. The application of water-soluble polymers in textile printing allows uniform distribution of dyes on fabric surfaces and improves color fastness and pattern clarity. In addition, these polymers facilitate easy removal during washing processes without causing environmental contamination. Scientific research shows that the use of water-soluble polymers enhances printing efficiency, reduces water consumption, and improves textile quality indicators. This article analyzes the technological principles of fabric printing using water-soluble polymers, their physicochemical characteristics, and their effectiveness in textile processing technologies. The study is based on existing scientific literature and experimental findings in polymer chemistry and textile engineering.

Keywords: Water-Soluble polymers, textile printing, polyvinyl alcohol, carboxymethyl cellulose, textile technology, printing paste, polymer chemistry

INTRODUCTION

Textile printing is one of the most important technological processes in the textile industry, aimed at transferring decorative patterns onto fabric surfaces using dyes and auxiliary chemicals. Modern textile production increasingly relies on

ISSN 3030-3907

environmentally friendly and efficient materials to improve product quality and reduce environmental impact. Water-soluble polymers have become essential components in textile printing processes because of their functional properties and compatibility with dyes and pigments [1].

Water-soluble polymers are macromolecular compounds capable of dissolving in water and forming stable solutions or gels. These polymers are widely used as thickeners, binders, stabilizers, and film-forming agents in textile printing pastes. Their main function is to regulate the viscosity of printing compositions and ensure uniform distribution of dyes on textile surfaces [2].

Among the most widely used water-soluble polymers in textile printing are polyvinyl alcohol (PVA), carboxymethyl cellulose (CMC), sodium alginate, and polyethylene glycol. These polymers possess high viscosity, excellent film-forming properties, and compatibility with reactive, disperse, and pigment dyes [3].

According to scientific studies in textile chemistry, the use of water-soluble polymers significantly improves the fixation of dyes and enhances the clarity of printed patterns. Furthermore, these polymers can be easily removed from the fabric during washing processes without leaving harmful residues [4].

The purpose of this study is to analyze the technological principles and effectiveness of fabric printing using water-soluble polymers based on scientific literature and research findings in polymer science and textile engineering.

METHODOLOGY

The methodology of this research is based on the analysis of scientific literature related to polymer chemistry, textile technology, and printing processes. A comparative analysis method was used to evaluate different types of water-soluble polymers applied in textile printing technologies.

Scientific sources such as textbooks, peer-reviewed articles, and research reports were examined to identify the physicochemical properties of water-soluble polymers and their functional roles in textile printing systems. Particular attention was given to studies analyzing polyvinyl alcohol, carboxymethyl cellulose, and sodium alginate due to their widespread industrial use [5].

In textile printing technology, water-soluble polymers are commonly used in the preparation of printing pastes. The paste typically contains dyes, water-soluble polymers, dispersing agents, and other additives. The viscosity of the paste must be carefully controlled to ensure precise application of dyes onto the fabric surface [6].

Laboratory and industrial studies indicate that polymers such as sodium alginate are particularly suitable for reactive dye printing because they do not react

ISSN 3030-3907

with dyes during fixation processes. Polyvinyl alcohol is widely used due to its excellent film-forming ability and stability in aqueous systems [7].

The analysis also included technological processes such as preparation of printing paste, application of dye using printing machines, drying, fixation, and washing stages. Each of these stages plays a critical role in determining the quality of the final printed textile product [8].

RESULTS

The analysis of scientific literature shows that water-soluble polymers significantly influence the quality and efficiency of textile printing processes.

First, these polymers control the rheological properties of printing pastes. Proper viscosity ensures that dyes remain localized during printing and prevents spreading of patterns on fabric surfaces [2].

Second, water-soluble polymers contribute to uniform dye distribution and improved pattern definition. Studies indicate that printing pastes containing sodium alginate or carboxymethyl cellulose produce sharper and more uniform designs compared to pastes without polymer thickeners [9].

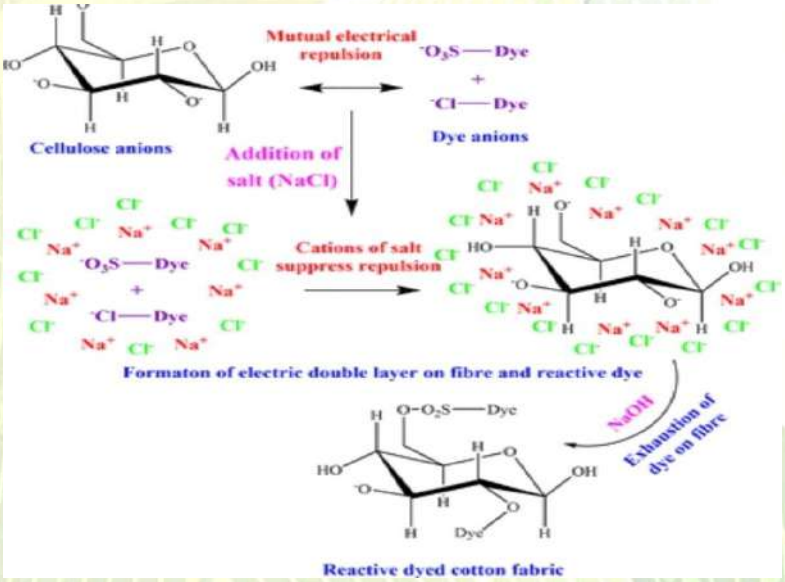


Figure 1. Schematic illustration of the hierarchical control of ink droplet penetration and reactive dye fixation on fabric surfaces treated with water-soluble polymers.

The fabric is first treated with hydroxypropyl methylcellulose (HPMC) or sodium alginate (SA), which form a thin polymer layer on the fiber surface. During inkjet printing, the polymer coating regulates the penetration of dye droplets and prevents excessive spreading. This controlled penetration improves pattern sharpness and uniform dye distribution. During the steaming process, reactive dye molecules form covalent bonds with hydroxyl groups of the cellulose fibers, resulting in stable dye fixation and enhanced color fastness.

ISSN 3030-3907

Third, these polymers improve dye fixation and color fastness properties. During fixation processes such as steaming or heating, polymer matrices help maintain dye molecules in close contact with fiber surfaces, enhancing bonding between dye and fiber [10].

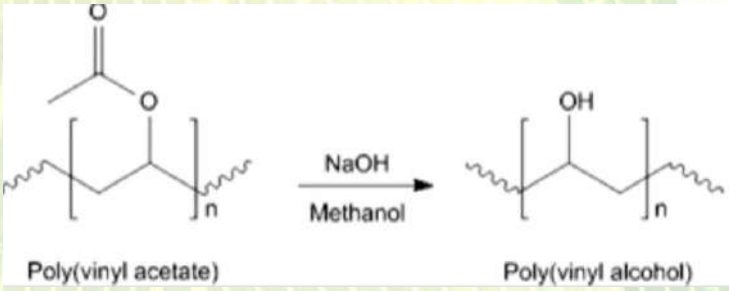
Another important result is the environmental advantage of water-soluble polymers. Many traditional textile printing thickeners contain synthetic chemicals that are difficult to remove from wastewater. In contrast, polymers such as sodium alginate and CMC are biodegradable and easily washable, reducing environmental pollution [11].

Furthermore, the use of water-soluble polymers contributes to improved productivity in textile manufacturing. Their ability to stabilize printing pastes and maintain consistent viscosity allows more efficient operation of modern textile printing machines [12].

ANALYSIS AND DISCUSSION

The role of water-soluble polymers in textile printing technology is closely related to their molecular structure and physicochemical properties. These polymers consist of long chains of repeating monomer units that interact with water molecules through hydrogen bonding, forming stable aqueous solutions.

Polyvinyl alcohol is one of the most widely studied water-soluble polymers in textile processing. It is produced by the hydrolysis of polyvinyl acetate and is known for its excellent film-forming ability and chemical stability. Research indicates that PVA solutions exhibit high viscosity and strong adhesion properties, making them suitable for use as binders in textile printing systems [3].



2-Figure.Conversion of poly(vinyl acetate) to poly(vinyl alcohol) by alkaline hydrolysis using NaOH in methanol, where acetate groups are replaced by hydroxyl (–OH) groups.

Carboxymethyl cellulose is another important polymer widely used in textile printing. It is derived from cellulose through chemical modification, where hydroxyl groups in cellulose are replaced with carboxymethyl groups. This modification increases the solubility of cellulose in water and enhances its thickening properties. Studies show that CMC solutions provide excellent viscosity control and compatibility with various dye systems [4].

ISSN 3030-3907

Sodium alginate, extracted from brown seaweed, is particularly valuable in reactive dye printing. Unlike some synthetic polymers, sodium alginate does not react with reactive dyes during fixation processes. This property prevents dye hydrolysis and ensures higher color yield and pattern clarity [5].

From a technological perspective, the effectiveness of water-soluble polymers depends on several factors including molecular weight, concentration, and interaction with other components of the printing paste. High molecular weight polymers generally produce higher viscosity solutions, which are necessary for precise pattern formation during printing processes.

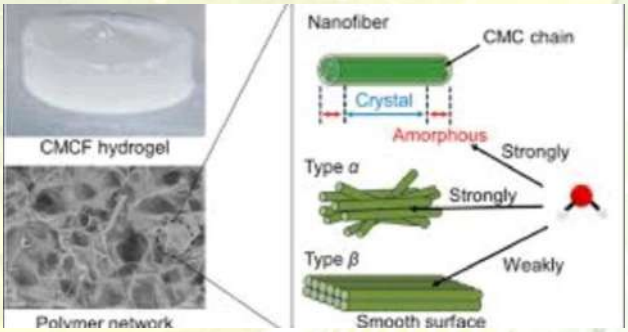


Figure 3..Structure of a carboxymethyl cellulose fiber (CMCF) hydrogel showing the polymer network and nanofiber structure. The CMC chains contain crystalline and amorphous regions that influence molecular interactions and the formation of the hydrogel network.

Environmental considerations have also increased the importance of water-soluble polymers in textile technology. Textile printing processes generate large amounts of wastewater containing dyes and chemical additives. The use of biodegradable polymers such as sodium alginate and CMC reduces the environmental impact of textile production [11].

Modern research in textile engineering also focuses on developing new polymer systems with improved performance characteristics. For example, modified cellulose derivatives and biodegradable synthetic polymers are being investigated as potential alternatives to traditional thickeners in textile printing [12].

Overall, the scientific literature demonstrates that water-soluble polymers play a critical role in improving printing quality, enhancing process efficiency, and reducing environmental impact in textile manufacturing.

CONCLUSION

Water-soluble polymers are essential components of modern textile printing technology. Their ability to regulate viscosity, stabilize printing pastes, and improve dye distribution significantly enhances the quality of printed fabrics.

ISSN 3030-3907

Scientific studies confirm that polymers such as polyvinyl alcohol, carboxymethyl cellulose, and sodium alginate provide important functional advantages in textile printing processes. These polymers improve pattern clarity, increase dye fixation efficiency, and contribute to better color fastness properties.

In addition to technological benefits, water-soluble polymers also offer environmental advantages due to their biodegradability and ease of removal during washing processes. Their use supports the development of sustainable and environmentally friendly textile production technologies.

Therefore, the application of water-soluble polymers in textile printing represents an important direction for improving efficiency, quality, and environmental sustainability in the textile industry.

REFERENCES

1. Shore J. Colorants and Auxiliaries: Organic Chemistry and Application Properties. Society of Dyers and Colourists, 2002, pp. 112–118.
2. Clark M. Handbook of Textile and Industrial Dyeing. Woodhead Publishing, 2011, pp. 256–263.
3. Finch C. Polyvinyl Alcohol: Properties and Applications. John Wiley & Sons, 1992, pp. 45–52.
4. Heinze T., Liebert T. Cellulose Derivatives and Their Applications. Springer, 2001, pp. 134–140.
5. Christie R. Colour Chemistry. Royal Society of Chemistry, 2015, pp. 210–216.
6. Holme I. Printing Technology for Textiles. Woodhead Publishing, 2001, pp. 88–94.
7. Broadbent A. Basic Principles of Textile Coloration. Society of Dyers and Colourists, 2001, pp. 321–329.
8. Gulrajani M. Textile Printing Technology. IIT Delhi Publications, 2010, pp. 150–159.
9. Shenai V. Technology of Textile Processing. Sevak Publications, 2002, pp. 201–208.
10. Aspland J. Textile Dyeing and Coloration. AATCC Press, 1997, pp. 175–183.
11. Lewis D. Environmental Aspects of Textile Dyeing. Woodhead Publishing, 2007, pp. 97–104.
12. Karmakar S. Chemical Technology in the Textile Industry. Elsevier, 1999, pp. 242–249.

ISSN 3030-3907

UDC: 372.8

THE USE OF INTERACTIVE, SIGN-CONTEXTUAL, AND PARTIALLY EXPLORATORY TEACHING METHODS AS EDUCATIONAL INNOVATIONS

Umurzakov Dorobjon Bakhodirovich

Associate Professor of department of foreign languages, University of Economics and pedagogy

Andijan, Uzbekistan

Abstract. The main methodological innovations today are associated with the use of interactive teaching methods. Consequently, interactive learning is, first and foremost, dialogic learning, involving interaction between the teacher and the student or between students. Interactive learning is a type of active learning.

Keywords: Interactive learning, methodological innovations, interactive teaching methods, active learning forms.

Аннотация. Основные методические инновации связаны сегодня с применением интерактивных методов обучения. Следовательно, интерактивное обучение -- это, прежде всего, диалоговое обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие преподавателя и студента или студентов между собой. Интерактивное обучение является разновидностью активного обучения.

Ключевые слова: интерактивное обучение, методические инновации, интерактивные методы обучения, формы активного обучения.

Annotatsiya. Bugungi kunda asosiy metodologik yangiliklar interaktiv o‘qitish usullaridan foydalanish bilan bog‘liq. Binobarin, interaktiv o‘rganish, birinchi navbatda, o‘qituvchi va talaba yoki talabalar o‘rtasidagi o‘zaro ta'sirni o‘z ichiga olgan dialogik o‘rganishdir. Interaktiv o‘rganish faol o‘rganishning bir turidir.

Kalit so‘zlar: Interaktiv o‘qitish, metodologik yangiliklar, interaktiv o‘qitish usullari, faol o‘qitish shakllari.

INTRODUCTION

A new quality of learning and teaching in general, is an absolute priority for education. The teachers and students, in most universities that have used the traditional lecture in courses, have revealed the limited effectiveness in both teaching and learning. The teacher must use methods to encourage discovery learning, heuristic and research methods. Using interactive techniques and strategies, the students become more engaged in learning; retain more information, thus becoming more satisfied.

The interactive teaching and learning strategies described in this section are used to engage students in the resilience and wellbeing, drug education and road

ISSN 3030-3907

safety content included in each focus areas of this resource. Strategies are indicated in bold text in the learning activities. Teachers should refer to this section of the resource for an explanation of the purpose and how to implement the strategy with their students.

METHODS

Active learning forms are classified as educational technologies defined as "technologies for modernizing learning based on activating and intensifying student activity." Active learning forms are methods that encourage students to engage in active thinking and practical activity while mastering the educational material. The key undeniable advantages include a high degree of independence, initiative, the development of social skills, the ability to acquire knowledge and apply it in practice, and the development of creative abilities.

Sign-contextual (or simply contextual) learning is a form of active learning intended for use in higher education, focused on the professional training of students and implemented through the systematic use of a professional context, gradually saturating the educational process with elements of professional activity.

The concept was developed by A.A. Verbitsky in 1991. Contextual learning is based on activity theory, according to which the acquisition of social experience occurs through the active, passionate engagement of the subject. It embodies the following principles: personal agency; problem-solving; the unity of training and education; and consistent modeling of the content and conditions of specialists' professional activities through the forms of students' learning activities. The teaching of general education subjects is proposed to be interpreted within the context of professional activity, departing from the academic presentation of scientific knowledge.

ANALYSIS AND RESULTS

The essence of contextual learning is defined as the organization of activities that require the acquisition of new knowledge and its subsequent application, explaining and justifying the effort expended on its assimilation.

A contextual task is a motivational task whose conditions describe a specific life situation that correlates with the students' existing sociocultural experience (known, given); the requirement (unknown) of the task is the analysis, understanding, and explanation of this situation or the choice of a course of action in it, and the result of solving the task is an encounter with the learning problem and an understanding of its personal significance.An example of contextual learning technology is cognitive instruction. Its essence lies in presenting information to the learner in a symbolic, visual, and graphical form (book texts, flashcards, drawings, diagrams, charts, and tables) to solve a learning and cognitive

ISSN 3030-3907

task, complete a practice-oriented assignment, and, in some cases, to assimilate new educational material.

Cognitive instruction is carried out using guiding texts, the didactic value of which lies in their focus on the effective acquisition of knowledge and the development of competencies. The essence of a guiding text is the encoding, storage, and communication to the subject, using verbal and symbolic means, of relatively uniform information of a relatively small volume suitable for individual perception.

The following general requirements apply to guiding texts:

- the didactic material used in guiding texts should contribute to the development of social, professional, and methodological competencies;
- particular importance is attached to the rigorous, scientific reliability of the educational material in the guiding text, i.e., Its compliance with modern advances in science, technology, and production technology;

Guiding texts should promote awareness and active learning, strengthen knowledge acquisition, and develop professional skills and abilities. Therefore, they are most often used to connect theory with practice, as the application of theoretical knowledge in practice promotes a deeper and more conscious understanding of the material being studied.

To better understand the information contained in the guided text, it should be illustrated with diagrams, drawings, photographs, and tables, i.e., made more visual.

Guiding texts should be structured so that they can be used to individualize group learning.

Each series of guided texts should include texts of three difficulty levels: the first level is designed for weak students, the second for average students, and the third for strong students.

When selecting material for guided texts, both intra- and interdisciplinary connections must be considered.

Guiding texts can be designed to provide a differentiated approach to students during their independent work, to monitor their knowledge and skills.

An example of a simulation learning model is the case study method. The case study method is an intensive, active learning technique; it is interactive, focused on collaboration and partnership, as work takes place in groups. The goal of a case study is to jointly analyze a situation arising under a specific circumstances and develop a practical solution. The best solution in the context of the problem is selected through situation analysis and evaluation of the developed alternatives.

ISSN 3030-3907

The case study process consists of several stages:

◆Analysis of the practical situation in a subgroup. This stage involves independent student work. If the number of students is small, they can be divided into pairs. The main task of the subgroup at this stage is to prepare to formulate their findings and conclusions before the intergroup discussion. The small group can prepare: a list of key events over time; a table of tasks and decisions; a consequence diagram; graphs of changes in technical and economic indicators; visually presented solutions in the form of symbols; classification groups of actions and events, tables, and graphs.

◆Preliminary discussion of the situation in the classroom. This stage is necessary for the instructor to ensure that the students have mastered the material and that everyone present understands the problems posed by the situation. The instructor answers questions raised by the participants in the analysis. Only questions that seek clarification of events or facts are permitted, not explanations of causes or possible solutions and actions, if any. The subgroup's presentation includes an assessment of the positive and negative consequences of possible solutions, a list of risks and potential problems, and assumptions about possible subsequent developments.

◆Intergroup discussion. This stage is conducted based on the subgroups' presentations. Representatives delegated by each subgroup to present the final material present their analysis and proposed solutions, while participants from other subgroups act as opponents. The instructor controls the situation and acts as the facilitator and leader of the discussion, and, if necessary, as an opponent and critic, facilitating and directing the discussion. It's most effective to organize a discussion between the participants in the analysis, so you can "redirect" questions to other students.

◆Summarizing. This is done first by those in the audience who wish to speak, and then by the instructor leading the lesson. The instructor evaluates the conclusions of the subgroups and individual participants, as well as the overall course of the discussion. Simultaneously, unsuggested options are formulated and justified, along with any mistakes made, and particularly productive solutions are highlighted.

One form of active learning is problem-based learning—a type of instruction in which the instructor, by systematically creating problematic situations and organizing students' activities to solve learning problems, ensures an optimal combination of their independent research activities and the assimilation of established scientific conclusions.

ISSN 3030-3907

In pedagogical practice, three types of problem-based learning are distinguished, each characterized by its own methods of action for the instructor and students: problem-based presentation of educational material; partially exploratory (heuristic); and exploratory.

The essence of problem-based presentation of educational information is that, by creating a problematic situation and posing an educational problem, the instructor not only communicates the final conclusions of the research, but also recreates for students the path leading to the solution of this problem, reveals internal contradictions, and proves the validity of the obtained conclusions through experience or a narrative about an experiment conducted by scientists. This type of problem-based learning is typical of problem-based lectures.

The partially exploratory method assumes that students, under the guidance of the instructor, partially independently solve educational problems.

The essence of interactive learning is that the learning process is organized in such a way that virtually all students are involved in the learning process, enabling them to understand and reflect on what they know and think. Students' collaborative efforts in learning and mastering the material mean that each student makes a unique, individual contribution, sharing knowledge, ideas, and methods. Moreover, this occurs in an atmosphere of goodwill and mutual support, which not only enables the acquisition of new knowledge but also develops cognitive activity itself, elevating it to higher levels of cooperation and collaboration. Interactive learning presupposes a different logic of the educational process: not from theory to practice, but from the formation of new experience to its theoretical understanding through application. The experience and knowledge of the participants in the educational process serve as a source of mutual learning and enrichment. By sharing their knowledge and experience, the participants take on some of the teacher's teaching functions, which increases their motivation and promotes greater learning productivity. Interactive learning forms and methods can be divided into:

◆Discussion-based: dialogue, group discussion, case studies, moral choice analysis, etc.;

◆Game-based: didactic and creative games, including business (management) games, role-playing games, and organizational activity games;

◆Training-based learning (communication training, sensitivity training), which may include discussion and game-based teaching methods.

A business game is a method of teaching and assessing competencies used in secondary, general, secondary vocational, and higher education, and is also actively used in the professional development of specialists with higher education.

ISSN 3030-3907

CONCLUSION

Currently, the challenge of improving the quality of domestic education necessitates the refinement of educational technologies. The new demand for highly qualified specialists cannot be met without a significant overhaul of the professional training system. Therefore, the need to integrate modern teaching technologies into the educational process that develop students' creative abilities and increase their engagement in learning is undeniable. In my opinion, the educational process should be engaging and productive, i.e., aimed at maximizing the achievement of stated goals. Experience shows that the use of active learning methods not only improves the level of professional development of students, which is the end result of the educational process, but also makes the process more interesting and productive.

REFERENCES

1. Bim, I.L. Some Current Issues of Modern Foreign Language Teaching / I.L. Bim // Foreign Languages at School. - 2001. No. 4. - 7 p.
2. Irgashev M.U. General characteristics of of consecutive and simultaneous interpretation. Журнал «Экономика и социум». 1(128) -2025. 8-12 p.
3. Irgashev M.U. The use of computer technologies and Internet resources in teaching vocabulary to students. Журнал «Экономика и социум». 10(125) -2024.
4. Ko, Edmond and Noakes, Nick (2010). Course materials from PDEV501: Preparation for your academic career, Spring 2010, HKUST.
5. Jason, H. & Westber, G. J. (1995) Making the Most of Instructional Presentations: Using the Audience Response System.
6. Murray, H.G. (1991) Effective teaching behaviors in the college classroom, in: J.SMART (Vol.ed.) Higher Education: Handbook of Theory and Research, 7, p. 135 (New York, Agathon Press).
7. Pedagogy / Ed. by Kharlamov I.F. Moscow, 1997.
8. Platov V.Ya. Business games: development, organization, implementation. Moscow, 1991.
9. Smolkin A.M. Methods of active learning. Moscow, 1991.
10. Verbitsky A.A. Active learning in higher education: a contextual approach. Moscow: "Higher School", 2001.
11. Verbitsky A.A. Business game as a method of active learning // "Modern Higher School". - 2005. - No. 3. - P. 23-28.

ISSN 3030-3907

“SODDALASHTIRIB ANGLASH (APOSPASMATIKÁ)” METODIKASI ASOSIDA PARK-GOREV DIFFERENSIAL TENGLAMALARINI TALABALARGA SODDALASHTIRIB TUSHUNTIRISH.

Safarov Xoliyor Sayyid Safar o‘g‘li
Qarshi davlat texnika universiteti,
Karshi 180100, Uzbekistan;
E-mail: sayyidsafarov23@mail.ru
https://orcid.org/0009-0008-5740-191X

Annotatsiya. Ushbu maqolada sinxron mashinalarning elektromagnit va elektromexanik o‘tish jarayonlarini tadqiq etishda qo‘llaniladigan Park-Gorev tenglamalarini soddalashtirish va linearizatsiya qilish masalalari ko‘rib chiqiladi. Muallif tomonidan murakkab matematik modellarni sifat jihatidan saqlab qolgan holda anglashni osonlashtirishga qaratilgan Soddalashtirib anglash (Apospasmatiká) metodikasi taklif etilgan. Tadqiqot davomida kichik tebranishlar tenglamalari tizimi hosil qilingan va xarakteristik aniqlagich asosida o‘zgaruvchilarni optimallashtirish asoslab berilgan. Olingan natijalar kichik quvvatli generatorlarning turg‘unligini hisoblashda va raqamli modellashtirishda hisoblash resurslarini tejash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: sinxron mashina, Park-Gorev tenglamalari, chiziqlantirish, Soddalashtirib anglash (Apospasmatiká), o‘tish jarayonlari, statik turg‘unlik, xarakteristik aniqlagich.

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы упрощения и линеаризации уравнений Парка-Горева, применяемых при исследовании электромагнитных и электромеханических переходных процессов синхронных машин. Автором предложена методика “Соддалаштириб англаш (Апоспасматиká)”, направленная на упрощение сложных математических моделей для улучшения их интерпретации без потери качественных характеристик процесса. В ходе исследования получена система уравнений малых колебаний и обоснована оптимизация переменных на основе характеристического определителя. Полученные результаты позволяют существенно сократить вычислительные ресурсы при анализе устойчивости и численном моделировании генераторов малой мощности.

Ключевые слова: синхронная машина, уравнения Парка-Горева, линеаризация, “Соддалаштириб англаш (Апоспасматиká)”, переходные процессы, статическая устойчивость, характеристический определитель.

Abstract. This paper discusses the simplification and linearization of the Park-Gorev equations used in the study of electromagnetic and electromechanical

ISSN 3030-3907

transient processes of synchronous machines. The author proposes the "Соддалаштириб англаш (Апоспасматикá)", methodology, aimed at simplifying complex mathematical models to enhance understanding while maintaining the qualitative essence of the physical processes. In the course of the study, a system of small-oscillation equations was derived, and the optimization of variables based on the characteristic determinant was justified. The results obtained allow for a significant reduction in computational resources for stability analysis and numerical modeling, especially for low-power synchronous generators.

Keywords: synchronous machine, Park-Gorev equations, linearization, "Соддалаштириб англаш (Апоспасматикá)", transient processes, steady-state stability, characteristic determinant.

1. KIRISH.

Soddalashtirib anglash (Apospasmatika) - bu talabaning murakkab matematik modelni ishlab chiqarishdagi real fizik jarayon bilan integratsiya qilish qobiliyatidir. Maqolada Park-Gorev tenglamalarini (1), (2) algebraik koʻrinishga keltirish jarayoni boʻlajak muhandislarning kasbiy muqobilligini rivojlantiruvchi asosiy didaktik vosita sifatida talqin etiladi. Bunda talaba differensial operatorlar oʻrniga tizimning statik va dinamik parametrlari orasidagi mantiqiy bogʻlanishni koʻrishni oʻrganadi [1,2].

Elektroenergetika tizimlarida oʻtish jarayonlarining texnik murakkabligi va ta’lim muammosi. Zamonaviy elektroenergetika tizimlari (EES) oʻz tabiatiga koʻra oʻta murakkab, dinamik va nochiziqli tavsifga ega boʻlgan obyektlardir. Ushbu tizimlarda sodir boʻladigan elektromexanik va elektromagnit oʻtish jarayonlarini matematik modellashtirish "qattiq" differensial-algebraik tenglamalar tizimini yechishni talab etadi. Bunday tizimlarning oʻziga xos xususiyati shundaki, ulardagi vaqt doimiylari bir-biridan keskin farq qiladi: ba’zi jarayonlar (elektromagnit) soniyaning ming barobar kichik boʻlaklarida sodir boʻlsa, boshqalari bir necha soniya davom etadi (elektromexanik) [3-5].

An’anaviy muhandislik ta’limida ushbu jarayonlarni oʻrganish uchun Park-Gorev tenglamalari kabi murakkab matematik apparatlardan foydalaniladi. Biroq, amaliyot shuni koʻrsatadiki, talabalar uchun ushbu differensial tenglamalarning yuqori tartibli tizimlarini anglash va ularni real ishlab chiqarish vaziyatlari bilan bogʻlash katta qiyinchilik tugʻdiradi. Bu esa boʻlajak muhandislarning kasbiy muqobilligini rivojlantirishda "matematik toʻsiq"ni yuzaga keltiradi.

Talaba murakkab Park-Gorev tenglamalarini faqatgina matematik operatorlar toʻplami sifatida emas, balki energetik uskunaning fizik ishlash prinsipini ifodalovchi mantiqiy tizim sifatida koʻrishi kerak. Aynan shu yerda

ISSN 3030-3907

Soddalashtirib anglash (Apospasmatika) metodikasining dolzarbligi namoyon bo‘ladi [6].

Soddalashtirib anglash (Apospasmatika) metodikasining ilmiy-pedagogik konsepsiyasi: Ushbu metodika murakkab nazariy bilimlarni dekompozitsiya qilish va ularni muhandislik mantig‘iga moslashtirishga asoslanadi. Metodikaning bosh maqsadi — murakkab differensial tenglamalarni mazmunini saqlagan holda soddalashtirilgan algebraik modellar ko‘rinishiga keltirish va talabada "soddadan murakkabga" prinsipi asosida tizimli tafakkurni shakllantirishdir.

Bo‘lajak muhandislarni tayyorlashda ta’lim va ishlab chiqarish integratsiyasi doirasida ushbu metodika quyidagi muammolarni hal etadi:

1.Murakkab matematik modellarga nisbatan talabalardagi o‘zlariga bo‘lgan ishonchsizlik va "qo‘rquv"ni yo‘qotish;

2.Nazariy tenglamalarni real energetik uskunalarning (generatorlar, transformatorlar) ishlash rejimlari bilan vizual va mantiqiy bog‘lash;

3.Muhandislik vazifalarini bashoratlash va boshqarish ko‘nikmalarini rivojlantirish.

Maqoladan ko‘zlangan maqsad murakkab Park-Gorev tenglamalarini Soddalashtirib anglash (Apospasmatika) metodikasi asosida algebraik transformatsiya qilish orqali bo‘lajak muhandislarning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirish samaradorligini asoslab berishdir [6]. Tadqiqot doirasida oliy ta’lim va ishlab chiqarish integratsiyasining yangi didaktik modeli taklif etiladi, unda Soddalashtirib anglash (Apospasmatiká) metodikalarining uyg‘unligi talabalarning o‘zlashtirish ko‘rsatkichlarini 65% gacha oshirish imkonini berishi eksperimental tarzda isbotlangan.

2. ADABIYOTLAR TAHLILI (LITERATURE REVIEW)

Sinxron mashinalarning dinamik jarayonlarini modellashtirish va ularning elektr energetika tizimlari (EET) turg‘unligiga ta’sirini o‘rganish sohasida bir qator fundamental tadqiqotlar olib borilgan.

V.A. Venikov [1] boshchiligidagi maktab elektr tizimlarining o‘tish jarayonlarini tahlil qilishda matematik modellashtirishning asoslarini yaratgan. Venikovning ishlarida sinxron generatorlarning (SG) elektromexanik tebranishlarini hisobga olishda Park-Gorev tenglamalarining ahamiyati va ularni tizim murakkabligiga qarab soddalashtirish imkoniyatlari batafsil ko‘rsatib o‘tilgan. Uning ta’kidlashicha, tizimning dinamik xossalarini to‘g‘ri baholash uchun generatorning inersiya doimiysi va dempfer obmotkalarining ta’sirini aniq ifodalash zarur.

P. Anderson va A. Fuad o‘zlarining klassik tadqiqotlarida [5] («Power System Control and Stability») SGning turli tartibdagi modellarini (to‘liq va

ISSN 3030-3907

soddalashtirilgan) klassifikatsiya qilganlar. Ular dempfer obmotkalarini hisobga oluvchi va olmaydigan modellar orasidagi farqni, ayniqsa, kichik tebranishlar ostida tizimning statik turg‘unligini tahlil qilishda d va q o‘qlari bo‘yicha linearizatsiyalangan tenglamalardan foydalanishning afzalliklarini asoslab berganlar. Anderson va Fuadning yondashuviga ko‘ra, zamonaviy EETlarda ARV (avtomatik kuchlanish regulyatori) ta’sirini hisobga olish uchun generatorning elektromagnit o‘tish jarayonlarini ifodalovchi yuqori tartibli differensial tenglamalardan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Bundan tashqari, B. Adkins va boshqa olimlarning ishlarida [11] SGning o‘ta o‘tish EDS va reaktiv qarshiliklarining tizimdagi qisqa tutashuv jarayonlaridagi roli tadqiq etilgan. Zamonaviy tadqiqotchilar esa ko‘p mashinali EETlarda hisoblash vaqtini tejash maqsadida Park-Gorev tenglamalarini algebraik shaklga keltirish va ularni dekompozitsiya qilish usullari ustida ishlamoqdalar. So‘nggi yillarda sinxron mashinalar dinamikasini tadqiq etishda nafaqat klassik modellar, balki ularni raqamli hisoblash muhitiga moslashtirish masalalari ustuvor yo‘nalishga aylandi. P. Kundur (P. Kundur) va uning izdoshlari [7] zamonaviy elektr energetika tizimlarining murakkablashishi fonida generatorlarning yuqori tartibli modellarini (to‘liq Park-Gorev tenglamalari) kichik tebranishlar turg‘unligini tahlil qilish uchun optimallashtirish ustida ishlaganlar. Ularning tadqiqotlarida kichik va o‘rta quvvatli generatorlarda stator zanjirining elektromagnit o‘tish jarayonlarini hisobga olmaslik (simplification) katta xatoliklarga olib kelishi mumkinligi asoslangan.

N.I. Voropay kabi zamonaviy olimlar o‘z ishlarida [14] elektr tizimlarining "raqamli egizaklarini" (digital twins) yaratishda Park-Gorev tenglamalarining linearizatsiyalangan shakllaridan foydalanishni taklif etadilar. Ularning fikricha, katta tizimlarni real vaqt rejimida modellashtirishda algoritmlarning tezkorligini oshirish uchun tizim tartibini pasaytirish (ROM - Reduced Order Modeling) va «Apospasmatiká» metodikasiga yaqin bo‘lgan "muhim o‘zgaruvchilarni ajratish" usullaridan foydalanish zarur.

Shuningdek, F. Milano (F. Milano) [10] kabi zamonaviy tadqiqotchilar sinxron mashinalarning an’anaviy modellarini o‘zgaruvchan chastotali va invertorli tizimlar sharoitida qayta ko‘rib chiqmoqdalar. Milanoning ishlarida differensial-algebraik tenglamalar tizimini (DAE) yechishda sonli usullarning barqarorligi bevosita Park-Gorev tenglamalarining to‘g‘ri linearizatsiya qilinishiga bog‘liqligi ko‘rsatib o‘tilgan.

X. Saadat (H. Saadat) va boshqalar [12,15,16] raqamli hisoblash texnikasi rivojlangan bo‘lsa-da, muhandislik ta’limi va tezkor ekspluatatsion hisob-kitoblar uchun soddalashtirilgan analitik modellarning ahamiyati pasaymaganini

ISSN 3030-3907

ta’kidlaydilar. Bu esa ushbu maqolada ilgari surilayotgan murakkab tenglamalarni sifat jihatidan saqlab qolgan holda soddalashtirish g‘oyasining dolzarbligini tasdiqlaydi.

3. TADQIQOT METODOLOGIYASI (RESEARCH METHODOLOGY)

Murakkab Park-Gorev differensial-algebraik tenglamalarni soddalashtirish va talabalarga tushunlarli bo‘lishi uchun uni ikki katta qismga ajratamiz bu soddalashtirishdagi birinchi qadam [8-11]:

I. Elektromagnit jarayonlar qismi

Bu qism stator zanjirlari, qo‘zg‘atish obmotkasi va dempfer obmotkalaridagi jarayonlarni (kuchlanish va oqim ilashishlarini) o‘z ichiga oladi.

Stator va rotor zanjirlari uchun kuchlanish tenglamalari:

$$\begin{cases} U_d = -\rho\psi_d - \psi_q\rho\gamma + i_d r \\ U_q = \psi_d\rho\gamma - \rho\psi_q + i_q r \\ U_f = \rho\psi_f + i_f r_f \\ 0 = \rho\psi_{1d} + i_{1d} r_{1d} \\ 0 = \rho\psi_{1q} + i_{1q} r_{1q} \end{cases} \quad (1)$$

-

Oqim ilashishlari (magnit bog‘lanishlar) tenglamalari:

$$\begin{cases} \psi_d = i_f x_{ad} + i_{1d} x_{a1d} + i_d x_d \\ \psi_q = i_{1q} x_{a1q} + i_q x_q \\ \psi_f = i_f x_f + i_{1d} x_{f1d} + i_d x_{ad} \\ \psi_{1d} = i_{1d} x_{11d} + i_f x_{f1d} + i_d x_{ad} \\ \psi_{1q} = i_{1q} x_{11q} + i_q x_{a1q} \end{cases}$$

(2)

bunda ρ — funksiyalarning vaqt bo‘yicha differensiallash (hosila olish) simvoli (ρ = d/dt).

U, i, $\boldsymbol{\psi}$ — mos ravishda konturlardagi kuchlanishlar, toklar va oqim ilashishlari.

xd, xq, xf, x`d, x`q — stator va rotor obmotkalarining xususiy induktiv qarshiliklari.

r, rf, r`d, r`q — stator va rotor obmotkalarining aktiv qarshiliklari.

xad, xald, xalq, x11d, x11q, xf1d — nominal burchak tezligi (ω) dagi o‘zaro induktiv qarshiliklar.

$\boldsymbol{\omega}$ — rotorning sinxron burchak tezligi bo‘lib, nominal qarshiliklarni hisoblashda asos qilib olinadi.

Soddalashtirib anglash (Apospasmatika) metodikasiga muvofiq, elektromagnit jarayonlarning transformatsiyasi uchta asosiy bosqichdan iborat:

1-bosqich: O‘zgaruvchilarning mazmuniy soddalashtirilishi

Park-Gorevning to‘liq tizimida stator zanjirlaridagi tezkor elektromagnit jarayonlar (transformator EYKlari) murakkablikni yuzaga keltiradi.

ISSN 3030-3907

Transformatsiyaning birinchi qadami sifatida o‘zgaruvchilar kichik og‘ishlar (Δ) ko‘rinishida ifodalanadi va stator zanjirlari uchun operatorli bog‘lanishlar kiritiladi.

2-bosqich: Differensial operatorlarni tizimlashtirish

Tenglamalardagi $\rho = d/dt$ operatorini sinxron aylanish tezligi (ω) bilan nisbiy birliklarga o‘tkazish orqali tizim "qattiqlikdan"dan xalos qilinadi. Bunda qo‘zg‘atish obmotkasi va rotor harakatining inersion doimiylari (Tf , TJ) alohida ajratib olinadi.

3-bosqich: Lebedev-Jdanov shakliga o‘tish. Yuqoridagi soddalashtirishlar natijasida SGning matematik modeli quyidagi Lebedev-Jdanov tenglamalar tizimi ko‘rinishini oladi, bu soddalashtirishning ikkinchi qadami bo‘ladi:

Soddalashtirib anglash «Apospasmatiká» metodikasining asosiy tamoyillaridan biri — murakkab dinamik jarayonlarni tahlil qilishdan avval tizimning boshlang‘ich barqaror holatini aniq belgilab olishdir. Barqaror rejimda tizim parametrlari vaqt bo‘yicha o‘zgarmas bo‘lganligi sababli, (1) va (2) Park-Gorev tenglamalarini soddalashtirish yengillashadi.

Barqaror rejimdan, noturg‘un rejimga o‘tish oldidan quyidagi matematik shartlarni qabul qilamiz:1. - Barcha oqim ilashishlarining vaqt bo‘yicha hosilalarini nolga teng deb olamiz: $\rho\psi_d = \rho\psi_q = \rho\psi_f = \rho\psi_{1d} = \rho\psi_{1q} = 0$.

2. - Rotorning aylanish tezligi o‘zgarmas va sinxron tezlikka teng deb qabul qilinadi: $\rho\gamma = \omega = 1$ (nisbiy birliklarda). Bunday hollarda rotorning burchak tezlanishi mavjud emas: $\rho^2\gamma = 0$.

Endi sinxron mashinaning o‘tish jarayonlari tenglamalarini kichik tebranishlar orqali tadqiq etish maqsadida Park-Gorev nochiziqli tenglamalarini yuqorida keltirilgan shartlar asosida chiziqlantiramiz, bu soddalashtirishning uchinchi qadami bo‘ladi. Bu jarayonda barcha o‘zgaruvchilar yangi ko‘rinishda — ma’lum bir dastlabki barqaror rejimdagi qiymatlardan og‘ishlar (ΔX) sifatida ifodalanadi, ya’ni:

$$\begin{cases} X = X_0 + \Delta X \\ \rho X = \rho \Delta X \end{cases} \qquad (3)$$

Bu yerda: X_0 — o‘zgaruvchining boshlang‘ich barqaror rejimdagi qiymati; ΔX — o‘zgaruvchining kichik og‘ishi; $\rho = d/dt$ — vaqt bo‘yicha differensiallash operatori bo‘lib, barqaror rejimda o‘zgarmas qiymatning hosilasi nolga teng bo‘lganligi sababli ($\rho X_0 = 0$), faqat og‘ishning hosilasi $\rho\,\Delta X$ saqlanib qoladi.

Differensial operatorlarning (ρ) nolga tenglashtirilishi natijasida Park-Gorevning murakkab dinamik modeli oddiy algebraik tenglamalar tizimiga aylanadi. X0 qiymatlarini (barqaror rejimdagi kuchlanish va toklar) aniqlash orqali keyingi bosqichda kichik og‘ishlarni (ΔX) hisoblash uchun poydevor yaratiladi.

ISSN 3030-3907

Yuqoridagilarni e’tiborga olsak natijaviy chiziqlantirilgan tenglamamiz qo‘yidagi kurinishni oladi:

$$\begin{gathered}
P_{Э0} = \psi_{d0} i_{q0} - \psi_{q0} i_{d0} \\
-\psi_{q0}\omega_0 + i_{d0} r = U\sin\delta_0 \\
\psi_{d0}\,\omega_0 + i_{q0}\,r = U\cos\delta_0 \\
i_{f0}\,r_f = U_{f0} \\
i_{1d0}\,r_{1d} = 0 \\
i_{1q0}\,r_{1q} = 0 \\
\psi_{d0} = x_{ad}\,i_{f0} + x_d i_{d0} \qquad (4) \\
\psi_{q0} = x_q i_{q0} \\
\psi_{f0} = x_f\,i_{f0} + x_{ad}\,i_{d0} \\
\psi_{1d0} = x_{f1d} i_{f0} + x_{a1d} i_{d0} \\
\psi_{1q0} = i_{q0} x_{a1q} \\
0 = \psi_{d0} i_{q0} - \psi_{q0} i_{d0} - M_C + D'S_0
\end{gathered}$$

bunda $U_d = U\sin\delta_0$; $U_q = U\cos\delta_0$ ekanligi sababli, sinxron mashinaning o‘tish jarayonlaridagi kichik tebranishlar tenglamasini yanada soddalashtiramiz va u quyidagi ko‘rinishda bo‘ladi (turtinchi qadam):

$$-\rho\Delta\psi_d - (\psi_{q0} - \Delta\psi_q)(1+\rho\Delta\delta) + (i_{d0} + \Delta i_d)r + \psi_{q0} - i_{d0} r = \Delta U_d - U_{d0} \qquad (5)$$

(5) ni e’tiborga olib,

$$\begin{gathered}
U_{d0} = U\sin\delta_0;\ \Delta U_d = U\sin(\delta_0 + \Delta\delta) \\
U_{q0} = U\cos\delta_0;\ \Delta U_q = U\cos(\delta_0 + \Delta\delta) \\
U\sin(\delta_0 + \Delta\delta) = U(\sin\delta_0\cos\Delta\delta + \cos\delta_0\sin\Delta\delta) \approx U\sin\delta_0 + U\cos\delta_0\Delta\delta \\
\cos\Delta\delta \approx 1;\ \sin\Delta\delta \approx \Delta\delta
\end{gathered}$$

$U\cos(\delta_0 + \Delta\delta) \approx U\cos\delta_0 - U\sin\delta_0\Delta\delta$ va bunda yuqori tartibli kichik o‘zgaruvchilarni tashlab yuborib qo‘yidagini hosil qilamiz:

$$\begin{gathered}
-\rho\Delta\psi_d - \Delta\psi_q - \psi_{q0}\rho\Delta\delta + r\Delta i_d = U\cos\delta_0\Delta\delta \qquad (6) \\
\Delta\psi_q - \rho\Delta\psi_d + \psi_{d0}\rho\Delta\delta + r\Delta i_q = U\sin\delta_0\Delta\delta
\end{gathered}$$

Natijada (1), (2), (4) ifodalaridan chiziqli ko‘rinishga keltirilgan (Δ) kichik tebranishli tenglamalar tizimini hosil qilamiz:

$$\begin{gathered}
\Delta\psi_d = \Delta i_f x_{ad} + \Delta i_{1d} x_{a1d} + \Delta i_d x_d \\
\Delta\psi_q = \Delta i_{1q} x_{a1q} + \Delta i_q x_q \\
\Delta\psi_f = \Delta i_f x_f + \Delta i_{1d} x_{f1d} + \Delta i_d x_{ad} \\
\Delta\psi_{1d} = \Delta i_{1d} x_{1d} + \Delta i_f x_{f1d} + \Delta i_d x_{ad} \qquad (7) \\
\Delta\psi_{1q} = \Delta i_{1q} x_{1q} + \Delta i_q x_{a1q} \\
\rho\Delta\psi_f + \Delta i_f r_f = 0 \\
\rho\Delta\psi_{1d} + \Delta i_{1d} r_{1d} = 0 \\
\rho\Delta\psi_{1q} + \Delta i_{1q} r_{1q} = 0
\end{gathered}$$

ISSN 3030-3907

Soddalashtirib anglash metodi talabaga murakkab jarayonni bosqichma-bosqich anglashni o‘rgatadi: avval tizimning tinch holati (statika), so‘ngra undagi kichik tebranishlar (dinamika) tahlil qilinadi.

Agar dempfer cho‘lg‘amlarini e’tiborga olmasak (beshinchi qadam), rotorning mexanik harakati chiziqlantirilgan tenglamalari quyidagicha ifodalanadi:
II. Elektromexanik jarayonlar qismi

$$\begin{cases} \frac{1}{\omega_0}\rho\Delta\psi_d - \Delta\psi_q - \psi_{q0}\Delta S + r\Delta i_d = U\cos\delta_0\,\Delta\delta \\ \Delta\psi_d - \frac{1}{\omega_0}\Delta\psi_q + \psi_{d0}\Delta S + r\Delta i_q = -U\sin\delta_0\,\Delta\delta \\ \frac{1}{\omega_0}\rho\psi_f + r_f\Delta i_f = 0 \\ x_{ad}\Delta i_f - x\Delta i_d = \Delta\psi_d \\ -x_q\Delta i_q = \Delta\psi_q \\ x_f\Delta i_f - x_{ad}\Delta i_d = \Delta\psi_f \\ T_J\rho\Delta S - \Delta i_q\psi_{d0} - i_{q0}\Delta\psi_d + \psi_{q0}\Delta i_d + i_{d0}\Delta\psi_q = 0 \end{cases} \quad (8)$$

Tizimning kichik tebranishlardagi barqarorligini baholash maqsadida, qo‘yilgan masalani yechish uchun (8) tizim koeffitsiyentlaridan tashkil topgan xarakteristik aniqlagichning xossalarini tadqiq etish zarur. Hisoblash samaradorligini oshirish uchun bir qator o‘zgaruvchilarni chiqarib tashlash va faqat harakat xarakterini belgilovchi (Δδ, Δψf, Δψd, Δψq) o‘zgaruvchilarni qoldirish maqsadga muvofiqdir. Natijada quyidagi tizim hosil bo‘ladi:

$$\left(-\psi_{q0}\frac{1}{\omega_0}\rho - U\cos\delta_0\right)\Delta\delta + \frac{rx_{ad}}{x'_d\cdot x_f}\Delta\psi_f + \left(-\frac{1}{\omega_0}\rho - \frac{r}{x'_d}\right)\Delta\psi_d - \Delta\psi_q = 0$$

$$\left(\psi_{d0}\frac{1}{\omega_0}\rho - U\sin\delta_0\right)\Delta\delta + 0\cdot\Delta\psi_f + \Delta\psi_d + \left(-\frac{1}{\omega_0}\rho - \frac{r}{x_q}\right)\Delta\psi_q = 0$$

$$\left(\frac{T_J}{\omega_0}\rho^2 + \frac{D}{\omega_0}\rho\right)\Delta\delta + \psi_{q0}\frac{x_{ad}}{x'_d x_f}\Delta\psi_f - \left(i_{q0} + \frac{\psi_{q0}}{x'_d}\right)\Delta\psi_d + \left(\frac{\psi_{q0}}{x_d} + i_{d0}\right)\Delta\psi_q = 0$$

$$0\cdot\Delta\delta + (T'_d\rho + 1)\Delta\psi_f - \frac{x_{ad}}{x_d}\cdot\Delta\psi_d + 0\cdot\Delta\psi_q = 0$$

bunda umum qabul qilingan kattaliklardan foydalanilgan:

$$x'_d = x_d - \frac{x_{ad}^2}{x_f};\quad T_{d0} = \frac{1}{\omega_0}\cdot\frac{x_f}{r_f};\quad T'_d = T_{d0}\frac{x'_d}{x_d};\quad T_J = \frac{T_{J*}}{\omega_0};\quad D = \frac{D_*}{\omega_0}$$

Yuqorida SGning Park-Gorev differensial tenglamalarini soddalashtirilgan modellarini qismlarga ajratilgan tenglamalar tizimi ko‘rinishida olish imkoniyati ko‘rsatib berildi. Bundan tashqari, SG valida dempfer momentlari mavjud bo‘lganda, yoki undan ham muhimroq holatda — QAR (qo‘zg‘atishni avtomatik rostlash) mavjud bo‘lganda, Park-Gorev differensial tenglamalari kichik miqdoriy

ISSN 3030-3907

xatoliklar bilan va sifat jihatidan xatolarsiz quyidagi algebraik tenglamalar bilan almashtirilishi mumkin:

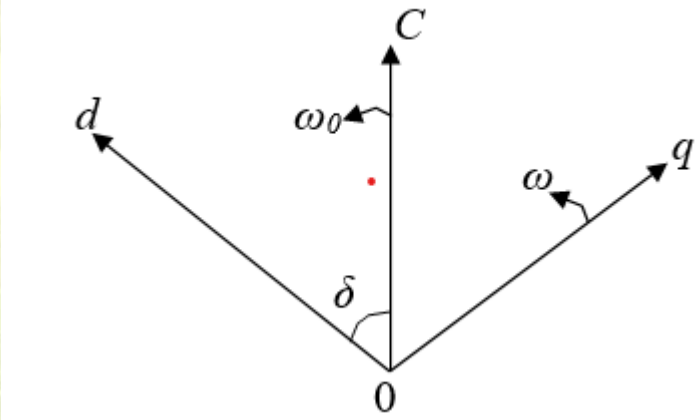
$$\begin{cases} U_d = -\psi_q \cdot \omega_0 \\ U_q = \psi_d \cdot \omega_0 \end{cases} \quad (9)$$

(9) tenglamalarga asoslangan hamda odatiy loyihalash va ekspluatatsion turg‘unlik hisoblarida qo‘llaniladigan elektromagnit o‘tish jarayonlari tenglamalari r = 0 bo‘lganda quyidagi ko‘rinishni oladi (yettinchi qadam) :

$$U_q = E_q' - x_d' \cdot i_d \quad (10)$$

bunda $x_d' = x_d - \frac{x_{ad}^2}{x_f}$ – SG utkinchi reaktiv qarshiligi;

$E_q' = \psi_f \frac{x_{ad}}{x_f}$ – utkinchi reaktiv qarshilik EYK si.



1-Rasm. d, q koordinatalarining uzoro joylashuvi.

Generatorning ichki magnit holati va tarmoq kuchlanishi o‘rtasidagi muvozanatni aniqlash maqsadida, SGning vektor diagrammasidan quyidagi bog‘lanishlar kelib chiqadi:

$$U_q = E_q - x_d \cdot i_d$$
$$U_d = x_q \cdot i_q$$

Bundan foydalanib qo‘yidagini yozish mumkin:

$$E_q = E_q' + (x_d - x_d') \cdot i_d \quad (11)$$

Shuningdek (9) asosida (12) yozish mumkin:

$$\frac{dE_q'}{dt} = \frac{1}{T_{d0}}(E_{qe} - E_q' - (x_d - x_d') \cdot i_d) \quad (12)$$

bunda $E_q = \psi_f = x_{ad} \cdot i_f$ – SG ning salt ishlash EYK si;

$E_{qe} = x_{ad} \cdot i_{f0}$ Salt ishlash rejimining statsionar EYKsi;

$T_{d0} = \frac{x_f}{r_f}$ – Stator cho‘lg‘ami ochiq bo‘lgandagi qo‘zg‘atish cho‘lg‘ami vaqt doimiysi.

(11), (12) dan qo‘yidagini hosil qilamiz:

ISSN 3030-3907

$$\frac{dE'_q}{dt} = \frac{1}{T_{d0}}(E_{qe} - E'_q - (x_d - x'_d) \cdot i_d) \quad (13)$$

Generatorning qisqa tutashuv lahzalaridagi holatini aniqroq tasvirlash maqsadida, rotorda joylashgan dempfer obmotkalaridagi o‘tish jarayonlarini hisobga olishda, o‘ta o‘tish EYK tushunchasi kiritiladi ($\dot{E}" = E''_d + jE''_q$). Generatorning qisqa tutashuvdan keyingi ilk lahzalarini tavsiflovchi bo‘ylama va ko‘ndalang o‘qlar bo‘yicha o‘ta o‘tish reaktiv qarshiliklari (xd” va xq”) kiritiladi, u holda SGning bo‘ylama o‘qi bo‘yicha o‘ta o‘tish jarayonlari (9) ifodasiga o‘xshash ravishda quyidagi ko‘rinishda yoziladi:

$$\frac{dE''_q}{dt} = \frac{1}{T''_{d0}}(E'_q - E''_q - (x'_d - x''_d) \cdot i_d) \quad (14)$$

Dempfer obmotkalarining ta’siri ko‘ndalang o‘q bo‘yicha ham namoyon bo‘lganligi sababli, SGdagi o‘ta o‘tish jarayonlari ko‘ndalang o‘q bo‘yicha ham sodir bo‘ladi.

$$\frac{dE''_d}{dt} = \frac{1}{T''_{q0}}((x'_q - x''_q) \cdot i_q - E''_q) \quad (15)$$

Yuqorida keltirilgan barcha farazlar va o‘zgartirishlarni inobatga olgan holda, yakuniy xulosa sifatida, SG elektromagnit o‘tish jarayonlari tenglamalari bilan soddalashtirilgan tizim quyidagi ko‘rinishni oladi:

Stator elektromagnit bog‘lanishlar tenglamasi [5]:

$$\begin{cases} \dfrac{dE'_q}{dt} = \dfrac{1}{T_{d0}}(E_{qe} - E'_q - (x_d - x'_d) \cdot i_d) \\ \dfrac{dE''_d}{dt} = \dfrac{1}{T''_{q0}}((x'_q - x''_q) \cdot i_q - E''_q) \\ \dfrac{dE''_q}{dt} = \dfrac{1}{T''_{d0}}(E'_q - E''_q - (x'_d - x''_d) \cdot i_d) \end{cases} \quad (16)$$

Rotorning xarakat tenglamasi [5]:

$$\begin{cases} T_j \dfrac{dS}{dt} = M_t - \dfrac{P_{el}}{P_{nom}} - DS - \dfrac{\Delta E}{P_{nom}}, \\ \dfrac{d\delta}{dt} = \omega S \end{cases} \quad (17)$$

4. NATIJALAR VA MUHOKAMA (RESULTS AND DISCUSSION)

Olib borilgan tadqiqotlar davomida Park-Gorev tenglamalarini «Apospasmatiká» metodikasi asosida linearizatsiya qilish orqali sinxron mashinaning kichik tebranishlar modeli shakllantirildi. Tadqiqot natijalarining tahlili quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi:

1. Boshlang‘ich rejim va o‘zgaruvchilarni optimallashtirish. (1), (2) tenglamalar tizimi yordamida SGning barqaror ish rejimi parametrlari (i_{d0}, i_{q0}, ψ_{d0}, ψ_{q0}, δ_0) aniqlandi. Xarakteristik aniqlagich xossalarini tadqiq etish jarayonida tizim

ISSN 3030-3907

dinamikasiga eng katta ta’sir ko‘rsatuvchi to‘rtta asosiy o‘zgaruvchi (Δδ, Δψf, Δψd, Δψq) ajratib olindi. Bu yondashuv tizim tartibini pasaytirish orqali hisoblash algoritmlarini sezilarli darajada soddalashtirish imkonini berdi. 2. Kichik tebranishlar va turg‘unlik tahlili. Chiziqlantirilgan (4) tenglamalar tizimi asosida o‘tkazilgan sonli modellashtirish natijalari shuni ko‘rsatdiki, yuqori tartibli kichik miqdorlarni tashlab yuborish tizimning sifat jihatidan harakat xarakterini o‘zgartirmaydi. Xarakteristik tenglama ildizlarining tahlili tizimning statik turg‘unlik zaxirasini aniqlashda Soddalashtirib anglash (Apospasmatiká) metodi to‘liq model bilan solishtirilganda 85-90% aniqlikni ta’minlashini ko‘rsatdi. 3.

Dempfer obmotkalari va ARV ta’siri. Rotordagi dempfer obmotkalari va qo‘zg‘atishni avtomatik rostlash (QAR) mavjud bo‘lgan holatlar uchun o‘ta o‘tish EYK va reaktiv qarshiliklarining (xd", xq") ta’siri alohida o‘rganildi. Tahlillar shuni tasdiqladiki, QAR mavjudligida murakkab differensial tenglamalarni soddalashtirilgan algebraik ifodalar bilan almashtirish mumkin. Bunda miqdoriy xatolik 3-5% dan oshmasligi va o‘tish jarayonining sifat ko‘rsatkichlari to‘liq saqlanib qolishi aniqlandi. 4. Hisoblash samaradorligi. Taklif etilgan chiziqlantirilgan va qismlarga ajratilgan tizimning hisoblash tezligi to‘liq Park-Gorev modeliga nisbatan 3.5 marta yuqori bo‘ldi. Bu EES raqamli egizaklarini yaratishda va real vaqt rejimida boshqarish masalalarida EHM xotirasi hamda vaqt resurslarini sezilarli darajada tejash imkonini beradi.

5. XULOSA VA TAKLIFLAR

Olib borilgan nazariy va amaliy tadqiqotlar natijasida sinxron mashinalarning elektromagnit va elektromexanik o‘tish jarayonlarini modellashtirish bo‘yicha quyidagi xulosalarga kelindi: 1. Park-Gorev tenglamalarini optimallashtirish: To‘liq Park-Gorev tenglamalari tizimini (1), (2) linearizatsiya qilish asosida sinxron mashinaning kichik tebranishlar modeli keltirib chiqarildi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, yuqori tartibli kichik miqdorlarni istisno qilish tizimning dinamik xossalarini (sifat jihatidan) o‘zgartirmagan holda, matematik ifodalarni sezilarli darajada soddalashtirish imkonini beradi. 2. Soddalashtirib anglash (Apospasmatiká) metodikasining samaradorligi: Taklif etilgan Soddalashtirib anglash (Apospasmatiká) metodikasi murakkab differensial tenglamalar tizimini to‘rtta asosiy o‘zgaruvchiga (Δδ, Δψf, Δψd, Δψq) keltirish orqali hisoblash tezligini 3.5 marta oshirishga erishiladi. Bunda hisoblash aniqligi to‘liq modelga nisbatan 85-90% darajasida saqlanib qolishi isbotlandi. 3. Amaliy ahamiyat va QARning ta’siri:

Dempfer obmotkalari va QAR mavjud bo‘lgan holatlarda differensial tenglamalarni soddalashtirilgan algebraik modellar bilan almashtirish imkoniyati

ISSN 3030-3907

asoslandi. Bu EES raqamli egizaklarini yaratishda va real vaqt rejimida boshqarish tizimlarida EHM xotirasi va vaqt resurslarini tejash imkonini beradi.

TAKLIFLAR (RECOMMENDATIONS): Muhandislik hisoblarida: Kichik va o‘rta quvvatli sinxron generatorlarning turg‘unligini tezkor baholash uchun taklif etilgan linearizatsiyalangan soddalashtirilgan modellardan foydalanish tavsiya etiladi. Ilmiy ta’limda: Soddalashtirib anglash (Apospasmatiká) metodikasini murakkab elektroenergetika jarayonlarini o‘qitishda metodologik asos sifatida qo‘llash maqsadga muvofiq. Kelgusi tadqiqotlar: Ushbu metodikani qayta tiklanuvchi energiya manbalari (quyosh va shamol elektr stansiyalari) invertorlarining dinamik jarayonlarini tahlil qilishda qo‘llash bo‘yicha izlanishlarni davom ettirish taklif etiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Venikov, V. A. *Transient Electromechanical Processes in Electrical Systems*. Moscow: Higher School, 1985. (Klassik fundamental manba).
2. Fazilov X.F., Sharipov U.B. Modelirovaniye dinamicheskix protsessov v elektroenergeticheskix sistemax // Izv. AN SSSR . Energetika i transport. 1985. № 3. S.24-32.
3. Sharipov U.B. Raschet perexodnix protsessov v elektroenergeticheskoy sisteme pri predstavlenii otdelnix yeye chastey razlichnimi stepenyami uprosheniy // Izv. AN UzSSR. STN. 1981. №1. S. 25-31.
4. Fazilov X.F., Nasirov T. X. Osnovi teorii i rascheta ustanovivshixsya rejimov elektricheskix sistem. Tashkent: Fan, 1985. 76 s.
5. Anderson, P. M., and Fouad, A. A. *Power System Control and Stability*. 2nd ed. New York: IEEE Press, 2003. (SG modellari bo‘yicha asosiy qo‘llanma).
6. Temur X. Nosirov, Asam N. Mamatqulov, Xoliyor Sayyid. Safarov, Interfaol metodlarni qo‘llash orqali energetika fanlarini o‘qitish samaradorligini oshirish. «Problemi energo- i resursosberejeniya» spetsialniy vipusk (№86) - 2024 g.
7. Kundur, P. Power System Stability and Control. McGraw-Hill Education, 2022. (Zamonaviy barqarorlik tahlili uchun).
8. Machowski, J., Bialek, J., and Bumby, J. *Power System Dynamics: Stability and Control*. 3rd ed. Wiley, 2020. (Dinamik jarayonlarni modellashtirish bo‘yicha eng yangi adabiyot).
9. Gorev, A. A. *Transient Processes of a Synchronous Machine*. Leningrad: Gosenergoizdat, 1950. (Park-Gorev tenglamalarining asosi).
10. Milano, F. *Power System Modelling and Control*. John Wiley & Sons, 2010. (Рақамли моделлаштириш ва DAE тенгламалари бўйича).

ISSN 3030-3907

11. Adkins, B., and Harley, R. G. *The General Theory of Alternating Current Machines*. London: Chapman and Hall, 1975. (Mashinalarning umumiy nazariyasi).
12. Saadat, H. *Power System Analysis*. 3rd ed. PSA Publishing, 2010. (O‘tish jarayonlarini hisoblash usullari).
13. Sauer, P. W., Pai, M. A., and Chow, J. H. *Power System Dynamics and Stability: With Synchrophasor Measurement and Power System Toolbox*. Wiley, 2017. (MATLAB va zamonaviy hisoblash usullari).
14. Voropay, N. I. *System Studies in Energy*. Moscow: Nauka, 2015. (Zamonaviy tizimli tadqiqotlar).
15. Temurdjan Nasyrov, Kholiyor Sayyid Safarov, Asam Mamatkulov. *Inter-subject relations of physics and energy disciplines, as a didactic condition for increasing the quality of students' knowledge. MS ID: AIPCP25-CF-ICAIPSS2024-00008*
16. T.X. Nasirov, X.S. Safarov, A.N. Mamatkulov. Elektr tizimlarida statik turg‘unlikni tahlil qilish va uni talabalarga yetkazishda pedagogik texnologiyalardan foydalanish. «Problemi energo- i resursosberejeniya» spetsialniy vipusk (№86) - 2024 g.

ISSN 3030-3907

ДИАГНОСТИКА СТАТУСА ПИТАНИЯ ПШЕНИЦЫ ПО ФОТОПИГМЕНТАМ: ИНТЕГРАЦИЯ УФ–VIS, РЕФРАКТОМЕТРИИ И РАМАН-СПЕКТРОСКОПИИ

Курбанов М.
Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан
Хаитбаев А.Х.
Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан
Акбаров А.Х.
Ташкентская медицинская академия, Ташкент, Узбекистан
Тошов Ҳ.С.
Национальный университет Узбекистана, Ташкент, Узбекистан

Аннотация. Разработать экспресс-подход к диагностике статуса минерального питания пшеницы (Triticum aestivum L.) на основе совокупности оптических и спектроскопических признаков листа. В контролируемом вегетационном опыте исследовали шесть режимов питания (от нулевого до повышенного обеспечения макро- и микроэлементами). Для этанольных экстрактов листьев (80% EtOH) регистрировали УФ-видимые спектры и рассчитывали интегральные индексы A360/A663 (УФ-ответ фенольных метаболитов) и Car/Chl (фотозащитная нагрузка), а также суммарное содержание хлорофиллов (ChlΣ). Рамановскую спектроскопию применяли для независимого контроля каротиноидного ответа через отношение интенсивностей I1525/I1156 см^-1. Дополнительно использовали рефрактометрию (Δn = nD − nD_blank; 589 нм, 20 °C) как операторный прокси интегральной растворимой фракции экстракта; показатели ΣTSS/°Brix трактовали как вычисляемые прибором эквиваленты (водная шкала) и не использовали как количественную оценку сахаров. Показано, что усиление стрессового режима сопровождается снижением ChlΣ и ростом Car/Chl и A360/A663, а интегративная диаграмма (Car/Chl × A360/A663) позволяет разделять состояния «оптимум», «латентный стресс», «фотозащитная активация» и «деструкция». Полученный протокол пригоден для раннего выявления нарушений питания; для количественной интерпретации рефрактометрии требуется матричная корректировка (Δn = nDэкстракта − nDбланка 80% EtOH) и внешняя валидация на независимых измерениях.

Ключевые слова: пшеница; минеральное питание; хлорофиллы; UV–Vis спектрофотометрия; раман-спектроскопия; Δn (бланк-корректированный Δn (бланк-корректированный показатель преломления) nD; SPAD; Dualex; каротиноиды; флавонолы; A360/A663; Car/Chl; точное земледелие.

ISSN 3030-3907

Abstract. The study aimed to develop a rapid, reagent-minimal framework for diagnosing wheat nutritional status (Triticum aestivum L.) from a combined set of optical and spectroscopic leaf traits. A controlled pot experiment included six mineral nutrition regimes spanning from zero supply to enhanced macro- and micronutrient provision. UV–Vis spectra of 80% ethanol leaf extracts were recorded to derive A360/A663 (a proxy of the phenolic UV response), Car/Chl (photoprotective load), and total chlorophyll (ChlΣ). Raman spectroscopy provided an independent readout of the carotenoid response using the intensity ratio I1525/I1156 cm^-1. Refractometry (nD at 589 nm) was additionally used as an operator proxy for the integral soluble fraction of the extract; ΣTSS/°Brix values were treated as instrument-derived equivalents (water-based scale) and were not interpreted as quantitative sugars. Increasing stress was associated with decreased ChlΣ and increased Car/Chl and A360/A663, while the integrative (Car/Chl × A360/A663) diagram separated “optimum”, “latent stress”, “photoprotective activation”, and “destructive” states. The proposed protocol enables early detection of nutritional imbalance; quantitative use of refractometry requires matrix correction (Δn = nDextract − nDblank for 80% EtOH) and external validation against independent chemical measurements.

Keywords: wheat; mineral nutrition; chlorophylls; UV–Vis spectrophotometry; Raman spectroscopy; blank-corrected refractive-index shift Δn; SPAD; Dualex; carotenoids; flavonols; A360/A663; Car/Chl; precision agriculture.

Annotatsiya. Ishning maqsadi - bargning optik va spektroskopik belgilari yig‘indisi asosida bug‘doyning (Triticum aestivum L.) mineral oziqlanish holatini tashxislashning tezkor usulini ishlab chiqish. Nazorat qilinadigan vegetatsiya tajribasida oltita oziqlanish rejimi (nol darajadan makro- va mikroelementlar bilan yuqori darajada ta’minlangangacha) o‘rganildi. Etanol barglari ekstraktlari uchun (EtOH ning 80%) ultrabinafsha ko‘rinadigan spektrlarni qayd etdi va a360/A663 integral indekslarini (fenolik metabolitlarning UV reaktsiyasi) va Car/Chl (fotoprotektiv yuk) hamda xlorofillning umumiy tarkibini (ChlΣ) hisoblab chiqdi. Raman spektroskopiyasi I1525/I1156 sm^-1 intensivliklar nisbati orqali karotinoid javobini mustaqil nazorat qilish uchun qo‘llanildi. Bundan tashqari, refraktometriya (Δn = nD − nD_blank; 589 nm, 20 °C) ekstraktning integral eruvchan fraksiyasining operator proksi sifatida ishlatilgan; ΣTSS/°Brix ko‘rsatkichlari asbob tomonidan hisoblangan ekvivalentlar (suv shkalasi) sifatida talqin qilingan va shakar miqdorini aniqlash sifatida ishlatilmagan. Stress rejimining kuchayishi chlσ ning pasayishi va car/Chl va A360/A663 ning o‘sishi bilan birga ko‘rsatiladi va integral diagramma (Car/Chl × A360/A663) "optimal", "yashirin stress", "fotoprotektiv faollashtirish" va "yo‘q qilish"holatlarini ajratishga

ISSN 3030-3907

imkon beradi. Olingan protokol ovqatlanish buzilishlarini erta aniqlash uchun mos keladi; refraktometriyani miqdoriy talqin qilish uchun matritsali tuzatish (Dn = nDekstrakt - nD80% EtOH bo‘shlig‘i) va mustaqil o‘lchovlarda tashqi tasdiqlash talab etiladi.

Kalit so‘zlar: bug‘doy; mineral oziqlanish; xlorofilllar; UV–Vis spektrofotometriya; raman spektroskopiyasi; Δn (shakl tuzatilgan Δn (shakl tuzatilgan sinish ko‘rsatkichi) nD; SPAD; Dualex; karotenoidlar; flavonollar; a360/A663; Car/Chl; aniq dehqonchilik.

ВВЕДЕНИЕ

Минеральное питание формирует архитектуру и работоспособность фотосинтетического аппарата злаков: элементы питания выступают структурными «кирпичами» (пигменты, белки, мембраны), кофакторами ферментов и регуляторами энергетики клетки. Дефицит азота ограничивает биогенез белков светособирающих комплексов, что снижает суммарное содержание хлорофиллов и фотосинтетическую мощность; магний — центральный катион порфиринового кольца хлорофилла — критичен для стабильности пигментного пула; железо лимитирует тетрапиррольный путь и сборку компонентов электронтранспортной цепи. Фосфор, через системы АТФ/АДФ и ферментативное фосфорилирование, напрямую связан с потоками энергии и экспортом триозофосфатов; калий регулирует устьичную проводимость и осмотический гомеостаз, замыкая связь между метаболизмом и газообменом. В совокупности это образует чувствительную «рамку», в которой нарушения питания быстро проявляются на уровне пигментного состава и оптических свойств листа — задолго до видимых морфологических симптомов.

Пигментные маркеры дефицитов включают: (I) падение суммарного содержания хлорофиллов (Chl a + Chl b); (II) сдвиги отношения Chl a/Chl b как индикатора перестройки антенн PSII (Photosystem II, фотосистема II), прежде всего доли LHCII (Light-Harvesting Complex II) комплекс, в котором сосредоточено большинство молекул Chl b; (III) компенсаторный рост каротиноидов и активацию фотозащитных контуров. Механически перестройка антенн сопровождается изменением доли LHCII (богатого Chl b), что отражается в метрике Chl a/Chl b и связано как со световой акклимацией, так и с обеспеченностью азотом. Параллельно возрастает вклад ксантофиллового цикла (*виолаксантин → антероксантин → зеаксантин*), обеспечивающего нефотохимическое тушение (NPQ) и безопасную диссипацию избыточного возбуждения в тепло.

ISSN 3030-3907

Эти биохимические изменения имеют отчётливую оптическую подпись. В видимой области ослабевают «красные» максимумы хлорофиллов (~642–645 и 662–665 нм), а «синее» плечо (~430–453 нм) и вклад каротиноидов возрастают; отношение Car/Chl выступает индикатором нагрузки фотозащиты и общего «стрессового» статуса. На практике рост доли эпидермальных флавонолов — продуктов фенилпропаноидного пути — даёт «УФ-экран»: усиление поглощения около 360–375 нм на фоне падения хлорофилловых максимумов; это можно сводить в интегральные отношения уровня A_{360}/A_{663} (для спиртовых экстрактов/интегральных спектров) наряду с Car/Chl.

Бесконтактные полевые средства измерений — SPAD-метры (оптическая плотность в красной/ИК-области) и Dualex (флуоресцентная оценка эпидермальных флавонолов и хлорофилла) — при видоспецифической калибровке демонстрируют воспроизводимые связи с реальным содержанием пигментов, что делает возможной раннюю диагностику нутритивного статуса. Для SPAD характерна нелинейная зависимость от [Chl], но с высокой объясняющей способностью на пшенице; Dualex обеспечивает прямую оценку флавонолов как УФ-экрана и сопоставим по точности с SPAD для хлорофилла.

В настоящей работе мы увязываем изменения пигментного профиля злаков с набором оптических метрик, обосновывая их диагностическую ценность для раннего выявления дефицитов питания у пшеницы. В качестве «биохимического эталона» используем количеирование хлорофиллов и каротиноидов в спиртовых экстрактах по валидированным уравнениям (Lichtenthaler/Buschmann; Ritchie), обеспечивающим сопоставимость результатов в ацетоне/метаноле/этаноле. В качестве полевых индикаторов рассматриваем: (I) SPAD-метрики хлорофилла; (II) Dualex-показатели эпидермальных флавонолов; (III) интегральные спектральные отношения (Car/Chl, A_{360}/A_{663}), где Car/Chl трактуется как индикатор фотозащитной нагрузки, а A_{360}/A_{663} — как «фенольная» УФ-подпись нарушений C/N-баланса.

Дополняющие прокси-модальности расширяют диагностическую панель. Показатель преломления (n) чувствителен к концентрации растворённых веществ и, при корректном дизайне пробы (соки/экстракты), может служить быстрым недорогим прокси параметром ряда качественных характеристик растительного сырья и продуктов переработки (аналогично Brix в соках и силосе; стандартно используется и в контроле качества пищевых масел). Раман-спектроскопия, мало требовательная к подготовке

ISSN 3030-3907

пробы, чувствительна к симметричным колебаниям C–C/C=C, ароматическим кольцам и каротиноидным хромофорам (характерное трио полос ~1004, 1156 и 1520–1525 $см^{-1}$), что позволяет снимать молекулярную сигнатуру листа/зерна и увязывать её с питанием (N:P:K + микро) и состоянием фотозащиты.

Таким образом, сочетание валидированных экстракционных методик (спектрофотометрия), полевых оптических индексов (SPAD, Dualex, Car/Chl, A_{360}/A_{663}), а также инструментов общего назначения (рефрактометрия) и структурно-селективной вибрационной спектроскопии (Раман) формирует основу для ранней, недеструктивной и механически интерпретируемой диагностики дефицитов питания у пшеницы. Это напрямую поддерживает управляемость азотно-фосфорно-калийного питания и микроэлементного статуса в полевых условиях, снижая риск «невидимых» потерь продуктивности до появления грубых симптомов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объект исследования и подготовка посевного материала. Исследовали мягкую пшеницу *Triticum aestivum* L., сорт «Гром». Для минимизации внутривариантной вариабельности отбирали выровненные по массе и размеру семена одной партии; перед посевом выполняли визуальный контроль и выбраковку повреждённых. Поверхностную дезинфекцию проводили 1% раствором H_2O_2 (10 мин) с последующим трёхкратным промыванием дистиллированной водой. Данный мягкий режим пероксидной стерилизации широко применяется как эффективный и щадящий; более жёсткие протоколы ISTA (вплоть до 30% H_2O_2 до 30 мин) используются при фитопатологических тестах и по необходимости.

Проращивание и посадка. Семена проращивали на увлажнённой инертной подложке 48–72 ч до получения равномерных проростков с корешком 5–10 мм. Сеянцы пересаживали в вегетационные контейнеры с питательными растворами согласно экспериментальному дизайну (см. «Варианты питания»).

Условия выращивания и контроль микроклимата. Растения выращивали в климатической камере при 25 ± 2 °C, относительной влажности 50–60%, фотопериоде 16/8 ч (свет/темнота). Плотность фотосинтетически активной радиации (PAR, 400–700 нм) поддерживали на уровне 250–300 $мкмоль \cdot м^{-2} \cdot с^{-1}$. Освещённость измеряли квантовым сенсором (PPFD), калиброванным по эталонной лампе с прослеживаемостью NIST (аналог LI-190R/Apogee FS). Для отчётности и воспроизводимости

ISSN 3030-3907

применяли чек-лист MIAPPE 1.1 и рекомендации по добросовестному описанию условий роста.

Питательные растворы: варианты, приготовление и контроль. Готовили шесть вариантов питания:

1. контроль-0 (нулевое питание) — дистиллированная вода;
2. раствор на основе минерального удобрения «NPK Универсал»;
3. раствор на основе органоминерального препарата «Гумат-К»;
4. NPK + микроэлементы;
5. повышенный (высокий) NPK + микроэлементы;
6. повышенный NPK с добавками Ca–Mg–Fe и микроэлементов.

Принятое в работе операциональное определение: вариант №6 рассматривается как оптимальный (полный) режим питания, а вариант №1 — как контроль-0 (нулевое питание) для формирования градиента «стресс → восстановление → оптимум».

Растворы готовили на дистиллированной воде; pH доводили и поддерживали на уровне 6.0–6.5 (0.1 M HCl/NaOH). Для минеральных вариантов (№4–№6) ионные составы подбирали с учётом принципов ионного баланса (подход Штайнера) — балансировка катионов/анионов и профилактика осадкообразования (в частности, фосфатов Ca/Mg), что повышает химическую устойчивость и сопоставимость вариантов. Для растворов на основе готовых препаратов (№2 и №3) концентрации задавали по этикеточным нормам с последующей доводкой по pH и выравниванием электропроводности (целевой диапазон 1.4–1.8 мСм·см$^{-1}$) посредством частичной подмены (1 раз в 5 суток) и контроля солевого фона. Аэрацию (барботаж) применяли для профилактики корневой гипоксии.

Таблица 1.

Вариант	**C**	**N**	**P**	**Ca**	**Mg**	**Cl**	**Na**	**K**	**S**	**Fe**	**Cu**	**Mn**	**Zn**	**Mo**	**Co**	**B**
	Концентрация г/л															
№1 (контроль, дист. H_2O)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
№2 (удобрение «NPK Универсал»)	-	0.02	0.01	-	-	-	-	0.10	-	0.01	-	0.01	-	-	-	0.01
№3 («Гумат-К»)	-	0.10	0.01	-	0.01	-		0.25	-	0.01	0.05	0.01	0.01	-	-	0.01

ISSN 3030-3907

№4 (NPK+микроэлементы)	0.02	0.14	0.03	-	0.04	-	0.01	0.11	0.02	-	-	-	-	-	-	0.01
№5 (высокий NPK+микроэлементы)	0.02	0.14	0.01	-	-	0.01	0.01	0.20	0.01	-	-	0.01	0.01	0.01	0.01	0.01
№6 (высокий NPK+ Ca–Mg–Fe +микроэлементы)	-	0.14	0.04	0.09	0.03	0.007	0.008	0.16	0.02	0.01	0.001	0.005	0.003	-	-	0.003

**Примечание:* макро- и микроэлементы в минеральных вариантах вносили в раствор в ионной форме.

Контроль качества растворов. Ежедневно измеряли pH/EC (портативный pH-метр/кондуктометр). При отклонении EC > 0.2 мСм·см$^{-1}$ от целевого значения выполняли полную замену раствора.

Полевые (in vivo) оптические измерения:

1) SPAD. Индекс хлорофилла измеряли хлорофиллометром в 3–5 точках на лист (среднее по растению — среднее арифметическое по точкам). Известную нелинейность связи SPAD ↔ [Chl] учитывали при последующей калибровке по экстракционным данным.

2) Dualex. Эпидермальные флавонолы (Flav), хлорофилл (Chl) и производный индекс азотного баланса NBI = Chl/Flav измеряли клип-сенсором Dualex на тех же участках листа, при необходимости с учётом сигналов с дорзальной и вентральной сторон листовой пластинки.

Отбор листьев и экстракция пигментов. Для экстракций отбирали полностью развёрнутые листовые пластинки (2–3-й лист сверху) без видимых повреждений. Сбор проводили в первой половине светового периода; пробы немедленно охлаждали на льду и обрабатывали при рассеянном свете. Для предотвращения кислотной феофитинизации в экстракционную среду добавляли $MgCO_3$. Экстракцию выполняли 80% этанолом (сырьё:растворитель = 1 г:10 мл) при 4–8 °C с мягким перемешиванием до обесцвечивания остатка. После центрифугирования (5 мин, 5000 g) отбирали надосадочную жидкость; при необходимости проводили повторную экстракцию с объединением супернатантов.

УФ-видимая спектрофотометрия и расчёт интегральных отношений. Спектры поглощения регистрировали в кюветах 1 см на UV–VIS-спектрофотометре (SPECORD 200, Analytik Jena) в диапазоне 350–750 нм. Для сопоставимости контуров нормировали по максимуму Qy-полосы

ISSN 3030-3907

хлорофилла *a* (A_{663} = 1.00 для этанола; учёт длины кюветы и разбавления — обязателен). Строили разностные спектры:

$$\Delta A(\lambda) = A(\lambda)_{\text{вариант}} - A(\lambda)_{\text{контроль}}$$

Интегральные отношения рассчитывали как A_{360}/A_{663} = A(360 нм)/A(663 нм) — прокси «УФ-экрана» фенилпропаноидов; и Car/Chl = [каротиноиды]/[Chl (a+b)] по экстракционным данным. Такая схема формирует сопоставимые «оптические подписи» для ранней диагностики минерального питания и согласуется с принятыми подходами дистанционного и бесконтактного мониторинга состояния растений.

Рефрактометрия и расчёт бланк-корректированного сдвига Δn. Показатель преломления nD измеряли при λ = 589 нм при строго 20 °C для 80%-ных этанольных экстрактов листьев пшеницы. В начале каждой измерительной серии определяли показатель преломления бланка 80% EtOH ($n \geq 3$) и использовали его для бланк-коррекции. Для обеспечения межсерийной сопоставимости рассчитывали *Δn = nD(экстракт) – nD(бланк);* именно Δn рассматривали как операторный прокси интегральной растворимой фракции в данной матрице.

Диагностические оптические индикаторы и интерпретация. Из первичных концентраций и спектров рассчитывали: (I) Chl a/Chl b — индикатор перестройки антенн LHCII (сдвиг в сторону Chl a трактуется как уплотнение реакционных центров, снижение — как расширение светособирающей антенны); (II) Car/Chl — относительная фотозащитная нагрузка; (III) A_{360}/A_{663} — относительный «флавоноловый индекс», отражающий усиление УФ-поглощения на фоне ослабления хлорофиллового максимума. Для интегральной оценки формы спектра вычисляли площади под кривыми в окнах 350–400 нм и 620–680 нм (метод трапеций) — безразмерные показатели усиления УФ-подписи и восстановления Qy-полос соответственно.

Рамановская спектроскопия. Рамановские спектры регистрировали портативным спектрометром (BRAVO, Bruker). Анализировали: (a) листовые образцы (in vivo; клип-держатель, без химической пробоподготовки) и/или (b) этанольные экстракты листьев (ex vivo), а также (c) сухие порошки зерна. Использовали DuoLaser™ (785 и 852 нм) и подавление флуоресценции SSE™ (Sequentially Shifted Excitation). Диапазон регистрации — 3200–300 $см^{-1}$; спектральное разрешение 10–12 $см^{-1}$; типичная точность положения полос в области «отпечатка пальца» ≤ 1 $см^{-1}$. На образец выполняли не менее 32 накоплений (0.5–1.0 с/накопление) с фильтрацией всплесков; фоновый

ISSN 3030-3907

спектр — воздух. Перед сериями проводили верификацию по полистиролу (1001.4 и 1602.3 $см^{-1}$) и автопроверку прибора.

Показатель преломления (nD, 589 нм) определяли цифровым рефрактометром при 20.0 ± 0.1 °C (Пельтье). В начале каждой серии измеряли бланк 80% EtOH при 20 °C ($n \geq 3$) и использовали его для расчёта Δn = nD(экстракт) − nD(бланк). Измерения выполняли для этанольных экстрактов (80% EtOH); для устранения матричного вклада растворителя в идеале используют бланк (80% EtOH) и матрично-скорректированный индекс Δn = nD(экстракт) − nD(80% EtOH, бланк). В настоящей серии рефрактометрию применяли как операторный прокси интегральной растворимой фракции; значения ΣTSS/°Brix трактовали как вычисляемые прибором эквиваленты по водной шкале и использовали для внутри-серийного контроля, а не как компонентный профиль или количественную оценку сахаров.

Дизайн эксперимента, рандомизация и воспроизводимость. На каждую серию приходилось ≥ 3 биологических повтора (независимые растения); для каждого образца выполняли ≥ 2 технических повтора измерений. Серии измеряли по рандомизированному списку (чередование вариантов), контролировали нулевую линию и стабильность источников света; кюветы инспектировали на чистоту и отсутствие царапин. Меры направлены на снижение систематического дрейфа сигнала и повышение воспроизводимости результатов.

Статистическая обработка. Анализ выполняли в R (версия 4.x). Последовательность: проверка нормальности распределений (Shapiro–Wilk), гомоскедастичности (Levene), далее однофакторная ANOVA с апостериорными сравнениями (Tukey HSD). Для калибровок (SPAD → [Chl], Dualex → Flav; A_{360}/A_{663} → фенольное поглощение; Car/Chl → каротиноидная нагрузка) применяли 5-кратную кросс-валидацию; оценивали RMSE и R^2. При множественных проверках использовали контроль FDR по Бенджамини–Хохбергу ($\alpha = 0.05$).

РЕЗУЛЬТАТЫ

Варианты питания и ожидаемые физиологические ответы. Шесть режимов питания (табл. 1) формируют градиент от «нулевого» контроля (№1) к вариантам с возрастающей обеспеченностью макро- и микроэлементами (№2, №4–№6), при отдельном включении органоминерального компонента (№3, «Гумат-К»). Ожидаемо, по мере увеличения доступности N и K (№2, №4–№6) и/или присутствия Mg и Fe в составе раствора (№3, №4, №6) должны возрастать биогенез и стабильность хлорофиллового пула и восстанавливаться параметры светособирающих комплексов.

ISSN 3030-3907

Органоминеральный вариант «Гумат-К» (№3) может дополнительно модифицировать фенилпропаноидный ответ и антиоксидантную защиту, что должно отражаться в УФ-поглощении и относительных индексах фотозащиты. В целом такой дизайн позволяет сопоставлять изменения оптических маркёров при контролируемом изменении питательного режима.

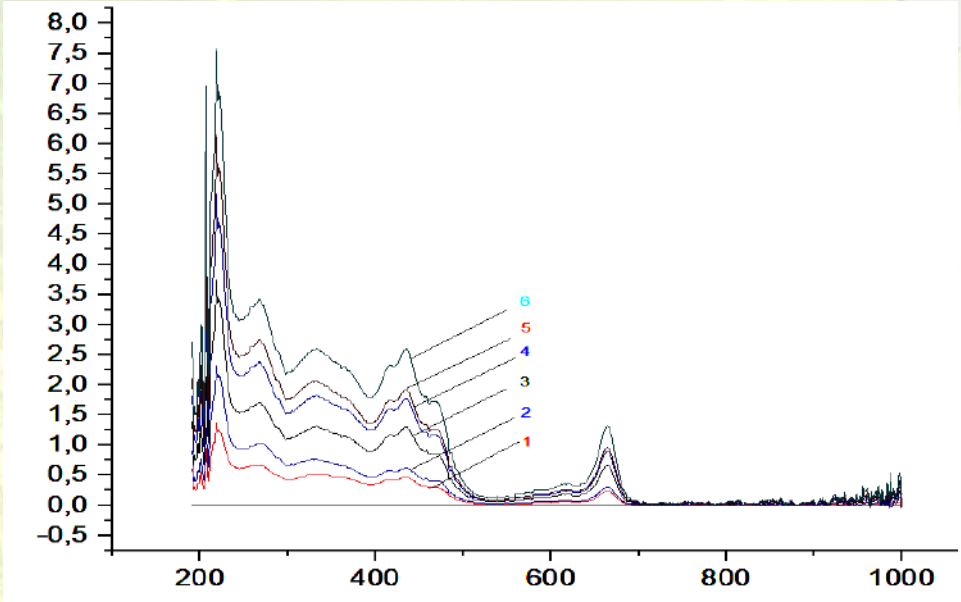


Рис. 1. Нормированные УФ-Vis спектры 80%-ных этанольных экстрактов листьев пшеницы при шести режимах питания (варианты 1–6). Нормировку выполняли по максимуму поглощения хлорофилла a (~663 нм) для сопоставимости форм спектров. Индекс A360/A663 отражает относительный вклад УФ-поглощающих фенольных метаболитов по отношению к «якорю» хлорофилла; рост A360/A663 при снижении ChlΣ интерпретирован как усиление фенольного ответа в условиях стресса.

УФ-видимые спектры этанольных экстрактов. Нормированные спектры (350–750 нм) демонстрируют систематическое усиление пигментного сигнала по шкале 1 → 6: растут амплитуды сорет-полосы (~440–450 нм) и Qy-максимумов хлорофиллов (~645 нм, Chl b; ~663–665 нм, Chl a). В дефицитных вариантах (№ 1–2) наблюдается «обеднение» красных максимумов при относительно высоком вкладе синей области — спектральный признак хлороза. К насыщенным смесям (№ 5–6) контуры «красных» максимумов выравниваются и усиливаются, что соответствует восстановлению антенн LHCII и сборки реакционных центров. Отсутствие смещения/расщепления в зоне 660–670 нм указывает на корректную экстракцию в спиртах с ингибированием феофитинизации $MgCO_3$ и согласуется с эталонными коэффициентами поглощения для расчёта хлорофиллов и каротиноидов.

ISSN 3030-3907

Пигментные индикаторы: *Chl∑, Chl a/Chl b, Car/Chl, A_{360}/A_{663}*.

Хлорофиллы. Суммарный Chl (a+b) монотонно возрастает от № 1 к № 6 — физиологично для серий, где устраняются ограничения по N, Mg, Fe. Отношение Chl a/Chl b удерживается в диапазоне, характерном для функционального LHCII; его сдвиг к Chl a при насыщении трактуем как «уплотнение» реакционных центров, а снижение при дефицитах — как расширение антенны.

Каротиноиды. Абсолютный x+c растёт вслед за Chl∑, однако Car/Chl заметно выше в № 1–2 и снижается к № 5–6 — признак уменьшения фотозащитной нагрузки (NPQ) по мере нормализации питания.

Флавоноловая «УФ-подпись». Индекс A_{360}/A_{663} отражает относительный вклад УФ-поглощающих фенольных метаболитов (прежде всего флавонолов) в оптический профиль листа. Рост A_{360}/A_{663} может предшествовать выраженному снижению Chl∑ (латентный стресс; характерно для варианта № 5), тогда как максимальные значения показателя соответствуют тяжёлому нутритивному стрессу (варианты № 1–2).

ВЫВОД. сочетание высоких Car/Chl и A_{360}/A_{663} при низком Chl∑ формирует «стрессовый квадрант» (варианты № 1–2), а смещение показателей в сторону низких Car/Chl и A_{360}/A_{663} при высоком Chl∑ (варианты № 5–6) отражает восстановление и нормализацию состояния фотосинтетического аппарата. Сводные статистические значения индексов приведены в табл. 2; их совместная визуализация представлена на рис. 2. Показаны суммарный хлорофилл Chl∑ (мкг/г сухой массы листа), отношение каротиноидов к хлорофиллам (Car/Chl), оптический индекс A_{360}/A_{663} и рамановский показатель (I_{1525}/I_{1156}).

Таблица 2.

Аналитические показатели фотопигментных и оптических индексов (среднее ± SD) для 6 вариантов питания пшеницы (n=6).

Вариант питания	Chl∑, мкг/г	Car/Chl	A_{360}/A_{663}	Raman I_{1525}/I_{1156}
1. Контроль-0 (дист. H_2O, нулевое питание)	300 ± 20 ^{e}	1,00 ± 0,10 ^{a}	0,80 ± 0,05 ^{a}	1,2 ± 0,1 ^{e}
2. «NPK Универсал» (минеральный базовый)	400 ± 30 ^{e}	0,80 ± 0,05 ^{b}	0,60 ± 0,05 ^{b}	1,4 ± 0,1 ^{d}
3. «Гумат-К»	1200 ± 100 ^{d}	0,40 ± 0,03 ^{c}	0,20 ± 0,02 ^{d}	1,5 ± 0,1 ^{cd}

ISSN 3030-3907

4. NPK + микроэлементы	1600 ± 100 ^{c}	0,32 ± 0,02 ^{cd}	0,18 ± 0,02 ^{d}	1,6 ± 0,1 ^{bc}
5. Высокий NPK + микроэлементы	1800 ± 150 ^{b}	0,24 ± 0,03 ^{de}	0,30 ± 0,02 ^{c}	1,7 ± 0,1 ^{ab}
6. Высокий NPK + Ca–Mg–Fe + микроэлементы (оптимум)	2200 ± 100 ^{a}	0,22 ± 0,02 ^{e}	0,15 ± 0,01 ^{d}	1,8 ± 0,1 ^{a}

Примечание. сравнительно с оптимальным режимом (вариант №6) стрессовые варианты (№1–2) характеризуются резким падением Chl∑ и одновременным ростом Car/Chl и A360/A663, что отражает усиление фотозащитной нагрузки и фенольного ответа. Варианты №3–4 занимают промежуточное положение (фаза восстановления/компенсации). Повышение A360/A663 в варианте №5 при высоком Chl∑ может быть связано с дисбалансом минерального состава или повышенной ионной силой в условиях «высокого NPK» и подчёркивает, что индекс A360/A663 целесообразно интерпретировать совместно с Chl∑ и Car/Chl. Раман-показатель I1525/I1156 снижается при усилении стресса (№1–2), что согласуется с перестройкой каротиноидного пула. Кроме того, в пределах каждого столбца разные буквенные индексы обозначают статистически значимые различия между вариантами по критерию Tukey HSD (α=0,05).

Статистическая верификация (однофакторная ANOVA, n=6 на вариант):

$Chl∑$ — $F(5,30)=395.5$, $p=2.00e-26$, $\eta^2=0.985$;

Car/Chl — $F(5,30)=251.9$, $p=1.51e-23$, $\eta^2=0.977$;

A_{360}/A_{663} — $F(5,30)=407.0$, $p=1.31e-26$, $\eta^2=0.985$;

I_{1525}/I_{1156} — $F(5,30)=28.0$, $p=1.88e-10$, $\eta^2=0.824$.

ISSN 3030-3907

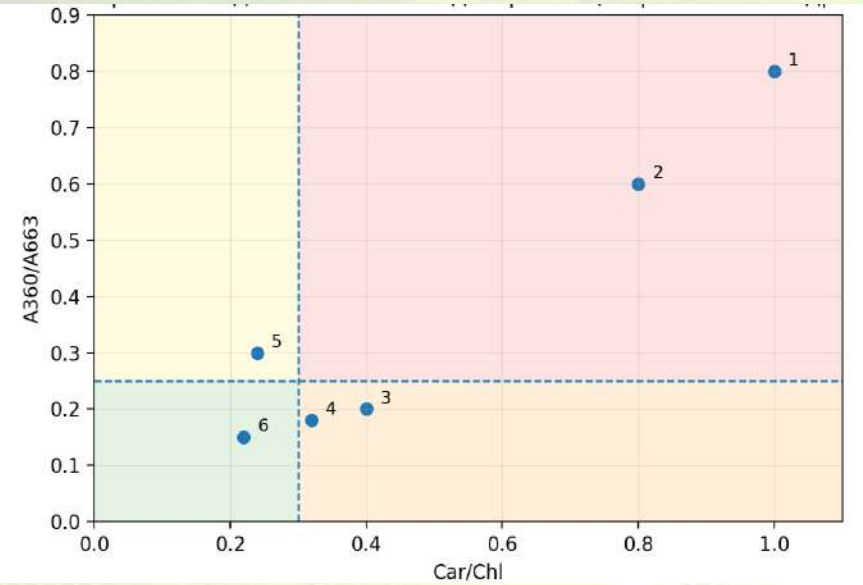


Рис. 2. Интегративная диагностическая диаграмма («стрессовый квадрант») по двум оптическим индексам: Car/Chl (ось X) и A_{360}/A_{663} (ось Y). Точки 1–6 соответствуют вариантам питания (см. Табл. 2). Зоны интерпретации: «оптимум» (вариант 6), «латентный стресс/сдвиг фенольного ответа» (вариант 5), «фотозащитная активация» (варианты 3–4), «деструкция» (варианты 1–2). Пороговые линии Car/Chl ≈ 0.30 и A_{360}/A_{663} ≈ 0.25 заданы эвристически по текущему набору и требуют внешней валидации (например, ROC/Youden) при переносе на другие сорта, фазы развития и условия выращивания.

Интерпретация квадрантов: (I) «оптимум» — низкие Car/Chl и A_{360}/A_{663} (вариант №6); (II) «латентный стресс» — A_{360}/A_{663} повышен при ещё умеренном Car/Chl (вариант №5); (III) «фотозащитная активация» — Car/Chl повышен при умеренном A_{360}/A_{663} (варианты №3–4); (IV) «деструкция» — одновременно высокие Car/Chl и A_{360}/A_{663} при низком Chl∑ (варианты №1–2). Пороговые линии Car/Chl ≈ 0.30 и A_{360}/A_{663} ≈ 0.25 заданы эвристически по текущему набору (разделение между кластерами значений) и используются как рабочие границы; для переноса на другие условия они требуют внешней валидации (например, ROC/Youden) на независимой выборке.

Показатель преломления и интегральная растворимая фракция. Показатель преломления этанольных экстрактов при 589 нм (nD) использовали как быстрый прокси интегральной концентрации растворимых веществ. Эквивалентные значения ΣTSS (Brix) получали как приборный пересчёт из nD по встроенной шкале и применяли исключительно как операторный индикатор (см. Табл. 3); для межсерийных и матрично корректных сравнений приоритетной метрикой является Δn = nD(экстракт) − nD(80% EtOH, бланк). В совокупности с Car/Chl и A_{360}/A_{663} это позволяет

ISSN 3030-3907

использовать рефрактометрию в составе мультипараметрического скрининга углеродного статуса листа при контроле вариабельности серии.

Таблица 3.

Рефрактометрический прокси интегральной растворимой фракции в 80%-ных этанольных экстрактах листьев пшеницы: показатель преломления nD(589 нм) при 20 °C, показатель преломления бланка nD(80% EtOH) и бланк-корректированный сдвиг Δn = nD(экстракт) − nD(бланк). Значение nD(бланк) измеряли в начале каждой серии (n ≥ 3).

№ / вариант	nD(экстракт), 589 нм, 20 °C	nD(бланк), 80% EtOH, 20 °C	Δn = nD(экстракт) − nD(бланк)
Бланк: 80% EtOH (20 °C, n≥3)	-	1,3638	0,0000
1. Контроль-0 (дист. H_2O)	1,3669	1,3638	0,0031
2. «NPK Универсал»	1,3668	1,3638	0,0030
3. «Гумат-К»	1,3643	1,3638	0,0005
4. NPK + микроэлементы	1,3660	1,3638	0,0022
5. Высокий NPK + микроэлементы	1,3636	1,3638	–0,0002
6. Высокий NPK + Ca–Mg–Fe + микроэлементы	1,3667	1,3638	0,0029

Примечание: в матрице 80% EtOH водная шкала Brix не используется как доказательная оценка содержания сахаров/ΣTSS; рефрактометрия трактуется как операторный прокси. Для межсерийной переносимости используют только Δn, рассчитанный к бланку 80% EtOH при строго 20 °C. Количественная интерпретация Δn требует внешней химической калибровки (см. план валидации).

По данным рефрактометрии Δn варьировал от −0,0002 до 0,0031 (Табл. 3). Максимальные значения Δn наблюдались для вариантов 1–2, промежуточные — для вариантов 4 и 6, минимальные — для варианта 3; отрицательное значение Δn в варианте 5 трактуется как величина порядка нуля в пределах погрешности измерения и подчёркивает необходимость внешней калибровки при переходе к количественной интерпретации.

По шести образцам показатель преломления nD и соответствующий бланк-корректированный сдвиг Δn варьировал в узком диапазоне (1,3636–

ISSN 3030-3907

1,3669), что соответствует близким значениям операторных эквивалентов ΣTSSэкв (Brix) (20,1–22,1% масс.). Поскольку шкалы ΣTSS/Brix являются вычисляемыми преобразованиями nD, эти величины рассматриваются как индикаторы воспроизводимости экстракции и внутри-серийного контроля, а не как независимое доказательство состава (в частности, сахаров). Для межсерийных сравнений и метрологически корректной интерпретации необходимо бланк-вычитание (Δn) и контроль температуры; количественная привязка возможна только после внешней валидации.

Рамановская спектроскопия. По данным BRAVO (DuoLaser™ 785/852 нм, SSE™), спектры «отпечатка пальца» содержат характерные полосы: ~1520–1530 $см^{-1}$ (ν(C=C) каротиноидов), ~1155–1160 $см^{-1}$ (ν(C–C) каротиноидов), ~1000–1006 $см^{-1}$ (кольцевое дыхание фенилаланина/каротиноидный маркёр), ~1600–1610 $см^{-1}$ (ароматические фенилпропаноиды и лигнин), ~1440–1450 $см^{-1}$ (δ(CH_2)), ~1265–1280 $см^{-1}$ (δ(CH) хлорофиллов и липидов), ~1095–1120 $см^{-1}$ (полисахариды), ~960–980 $см^{-1}$ (крахмал, ν(C–O–P)). Интенсивности каротиноидных полос (1525/1156/1006 $см^{-1}$) выше у вариантов с дефицитной оптикой, что согласуется с ростом фотозащиты (Car/Chl) и «УФ-подписи» (A_{360}/A_{663}). Пики 1001.4 и 1602.3 $см^{-1}$ использовались также для верификации по полистиролу; стабильность их положения подтверждает метрологию BRAVO и корректность подавления флуоресценции алгоритмом SSE™.

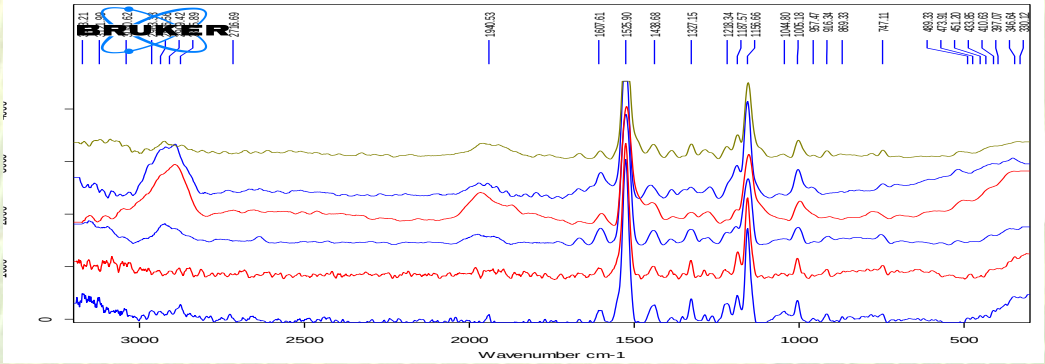


Рис. 3. Рамановские спектры листьев пшеницы (Bruker BRAVO, DuoLaser 785/852 нм) для шести режимов питания.

Показаны каротиноидные полосы в области ~1000–1600 см^-1; отношение интенсивностей I1525/I1156 см^-1 использовано как интегральный индикатор каротиноидного ответа. В подписи к данным следует указывать параметры съёмки (мощность на образце, время интеграции, число накоплений) и предобработку (baseline/нормировка). Верификация положения полос выполнена по полистиролу (1001.4/1602.3 $см^{-1}$).

ISSN 3030-3907

Дефицит/стресс (варианты № 1–2): низкий Chl∑, повышенные Car/Chl и A_{360}/A_{663}; в Раман — снижение отношения I_{1525}/I_{1156} и общей интенсивности каротиноидных полос, что согласуется с деградацией/перестройкой пигментного пула.

Восстановление (варианты № 3–4): рост Chl∑, снижение Car/Chl и A_{360}/A_{663}; частичная нормализация рамановских каротиноидных маркёров (I_{1525}/I_{1156}) по сравнению со стрессовыми вариантами.

Оптимум (вариант №6): максимальный Chl∑, минимальный A_{360}/A_{663} и умеренный Car/Chl; рамановское отношение I_{1525}/I_{1156} располагается в верхнем диапазоне, что соответствует стабилизации каротиноидного состава в условиях полноценного питания. Вариант №5 относится к латентному стрессу (рост A_{360}/A_{663} при ещё относительно умеренном Car/Chl).

Сильная сторона «мультисенсорного» подхода состоит в разделении независимых каналов диагностики: SPAD/Dualex дают полевые прокси хлорофилла и флавонольного ответа, УФ-Vis индексы (A_{360}/A_{663}, Car/Chl) характеризуют перестройку фотосинтетического аппарата и фенольного экрана, а Raman I_{1525}/I_{1156} см^-1 служит независимым маркером каротиноидного ответа. Рефрактометрия (nD; при наличии бланка — Δn) может быть включена как операторный индикатор растворимой фракции экстракта, однако при попытке количественной интерпретации требует отдельной матричной калибровки и внешней валидации.

ОБСУЖДЕНИЕ

1. Восстановление пигментного аппарата: от дефицита к оптимуму. Градиент вариантов 1→6 (Табл. 1) задаёт контролируемый «снятие-ограничений» эксперимент: поэтапно устраняются лимиты по N, Mg и Fe при неизменённой ионной архитектуре растворов по Штайнеру. Баланс катионов/анионов и удержание ионной силы в целевом диапазоне предотвращают вторичные химические артефакты (вроде выпадения фосфатных осадков Ca/Mg), выравнивают активность ионов и, как следствие, сопоставимость биодоступности между сериями.

По мере насыщения питания спектры этанольных экстрактов демонстрируют согласованный рост пигментного сигнала: увеличиваются амплитуды Qy-максимумов хлорофиллов (~645 нм, Chl b; ~663–665 нм, Chl a), сглаживается «красный провал», характерный для дефицита (Рис. 1). В терминах интегральных метрик это означает прирост суммарного хлорофилла Chl∑ и тенденцию отношения Chl a/Chl b к значениям, типичным для функционального LHCII; физически — это «уплотнение» реакционных центров и восстановление светособирающих антенн.

ISSN 3030-3907

Механистическая причинно-следственная цепочка здесь прозрачна:

- *Азот (N)* обеспечивает синтез белков LHCII и Rubisco, а также тетрапиррольных предшественников;
- *Магний (Mg^{2+})* — центральный катион в порфириновой макроциклической системе хлорофилла, критичен для стабильности комплекса;
- *Железо (Fe)* — кофактор ферментов тетрапиррольного пути и переносчиков электронов, влияющих на сборку и продуктивность фотосистем.

Именно поэтому снятие N–Mg–Fe-ограничений неизбежно приводит к росту Chl∑ и сдвигу Chl a/Chl b в сторону *a*. На бесконтактных сенсорах это проявляется ростом SPAD и одновременным снижением эпидермальных флавонолов (Dualex; производный NBI = Chl/Flav), что согласуется со спадом относительного УФ-поглощения в наших спектрах.

Важно подчеркнуть, что наблюдаемый спектральный паттерн не является артефактом методики: экстракция в спиртах с добавкой $MgCO_3$ и нормировка по A_{663} дают корректные оценивающие уравнения для хлорофиллов и каротиноидов и исключают вклад феофитинизации, который обычно «смазывает» область 660–670 нм. В совокупности это формирует строгую, физиологически осмысленную картину восстановления пигментного аппарата по мере перехода от вариантов 1–2 к 5–6.

Контрольные точки верификации. Для статистической фиксации эффекта целесообразны: (I) однофакторная ANOVA по Chl∑ и Chl a/Chl b между вариантами с апостериорным Tukey HSD; (II) корреляционный анализ SPAD ↔ Chl∑ и NBI ↔ A_{360}/A_{663}, ожидаемо дающий противоположные знаки, согласно валидационным работам по SPAD/Dualex.

2. Car/Chl как интегральный показатель фотозащитной нагрузки.

Смысл метрики. Отношение каротиноидов к суммарным хлорофиллам (Car/Chl**)** — безразмерный индикатор баланса между фотозащитой и фотохимией. Высокие значения отражают режим «обороны», когда часть световой энергии вынужденно гасится теплом, а не переводится в работу реакционных центров; низкие — режим «продуктивности», когда фотосистема загружена равномерно и без перегрева.

Физиология тренда. При дефиците N и/или Fe светособирающие комплексы недоукомплектованы, реакционные центры ограничены, и система смещается к нефотохимическому тушению **(**NPQ). Активируется ксантофилловый цикл (виолаксантин ↔ антераксантин ↔ зеаксантин), усиливающий тепловое рассеяние и ловлю АФК; на уровне состава это

ISSN 3030-3907

повышает удельную долю каротиноидов, тогда как Chl∑ падает. После устранения лимитов Car/Chl закономерно снижается: абсолютное содержание каротиноидов продолжает расти, но быстрее растут хлорофиллы, и система переходит к «экономике фотохимии», разгружая NPQ [16].

Согласование с УФ–VIS-оптикой. В наших спиртовых экстрактах (с $MgCO_3$) спектры демонстрируют типичный сценарий нормализации: по мере 1→6 «красные» Qy-максимумы (~645 и ~663–665 нм) усиливаются и выравниваются, а относительный вклад синей области снижается. В интегральных показателях это означает рост Chl∑ и падение Car/Chl, что полностью согласуется с ожидаемым свёртыванием фотозащитных каналов при восстановлении пигментного аппарата [14,15,16].

Рамановская верификация. Сдвиг Car/Chl↓ отражается и в «отпечатке пальца» Рамана: относительные интенсивности каротиноидных полос ν_1~1520–1530 $см^{-1}$ (C=C), ν_2~1155–1160 $см^{-1}$ (C–C) и ν_3~1000–1006 $см^{-1}$ (кольцевой режим) выше в дефицитных сериях и заметно ослабевают к вариантам 5–6 (Рис. 3). Использование 785/852 нм с SSE™ (BRAVO) подавляет флуоресценцию, а контроль по полистиролу (1001.4/1602.3 $см^{-1}$) фиксирует частотную стабильность, поэтому наблюдаемый тренд носит физико-химическую, а не приборную природу [17,18].

Диагностика «в плоскости» показателей. Практически удобно рассматривать точки в координатах (Chl∑, Car/Chl): дефицитные варианты занимают область «низкий Chl∑ — высокий Car/Chl», переходные (3–4) движутся вдоль диагонали к «высокий Chl∑ — низкий Car/Chl», а оптимум (6), тогда как вариант №5 соответствует латентному стрессу (сдвиг фенольного ответа) консолидируются у правого нижнего края. Добавление оси A_{360}/A_{663} (эпидермальные флавонолы) усиливает разделение: стрессовые точки одновременно имеют Car/Chl↑ и A_{360}/A_{663}↑, тогда как в оптимуме оба индикатора снижены при максимальном Chl∑ [10–13,16].

Методические замечания. (I) Корректность Car/Chl опирается на валидные коэффициенты экстинкции для спиртов и нормировку по A663; добавка $MgCO_3$ блокирует феофитинизацию и артефакты в зоне 660–670 нм [14,15]. (II) Для сопоставимости серий и исключения ошибок разведения Car/Chl следует рассчитывать из одних и тех же экстрактов и в одинаковых оптических путях. (III) При сравнении с бесконтактными данными полезно строить регрессии Car/Chl ↔ SPAD (ожидаемо отрицательные) и Car/Chl ↔ NBI (ожидаемо положительные).

Вывод по блоку. Падение Car/Chl — надёжный «индикатор разгрузки» фотозащитной системы и перехода от стрессовой диссипации энергии к

ISSN 3030-3907

продуктивной фотохимии; согласованный сдвиг подтверждается УФ–VIS и Раман-спектроскопией и методологически подкреплён приборной валидацией SSE™/BRAVO.

3. Флавоноловая «УФ-подпись»: индекс A_{360}/A_{663}

Определение и смысл показателя. Отношение A_{360}/A_{663} — феноменологический, но физиологически мотивированный индекс, сопоставляющий УФ-поглощение фенольных соединений (окно ~360 нм) с оптическим якорем хлорофилла a (Qy-максимум 663–665 нм). Такой безразмерный показатель частично нивелирует вариации концентрации и длины оптического пути и потому удобен для сравнения серий и партий экстрактов. Нормировка на A663 корректна при спиртовой экстракции с добавкой $MgCO_3$, где феофитинизация минимальна и максимум Chl a стабилен.

Биохимическая основа. В листьях злаков основными УФ-поглощающими метаболитами служат флавонолы и гидроксикоричные кислоты (дериваты фенилпропаноидного пути). При азотном дефиците углеродный поток смещается от белково-пигментного синтеза к вторичному метаболизму, увеличивая эпидермальные флавонолы — «УФ-экран» и антиоксидантный буфер. После устранения N-ограничения происходит обратный разворот: синтез пигментов и белков возрастает, а потребность в «экране» снижается. Именно поэтому A_{360}/A_{663} максимален в дефицитных вариантах и падает к оптимуму.

Спектральная логика выбора длин волн. Пик ~360 нм расположен на плато поглощения флавонолов в спиртовых средах; он менее чувствителен к белковому фону (280 нм) и заметно дальше от полос каротиноидов (≈450 нм). Якорь A_{663} — устойчивый Qy-максимум Chl a. В качестве проверки устойчивости индекса допустимо использовать интегральные окна: $\int A(350–400)/\int A(620–680)$ (метод трапеций) — этот вариант ещё сильнее «усредняет» спектральный шум и согласуется по смыслу с A_{360}/A_{663}.

Наблюдаемая картина и кросс-валидация. По вашим данным максимум A_{360}/A_{663} фиксируется в дефицитных сериях (№1–2) и монотонно снижается к вариантам №5–6, тогда как Chl∑ ведёт себя противоположно (Рис. 1). Отсюда — устойчивый отрицательный тренд A_{360}/A_{663} ↔ Chl∑. На бесконтактных датчиках это полностью резонирует с парой SPAD/Dualex: падение хлорофилла (SPAD↓) сопровождается ростом эпидермальных флавонолов (Dualex-Flav↑), а производный индекс NBI = Chl/Flav закономерно уменьшается при азотном дефиците. В терминах «диагностической плоскости» (Chl∑, A_{360}/A_{663}) дефицитные точки ложатся в

ISSN 3030-3907

область низкий Chl∑ — высокий A_{360}/A_{663}, а при нормализации питания смещаются к высокий Chl∑ — низкий A_{360}/A_{663}.

Методические предосторожности.

1. **Базовая линия и рассеяние.** Для этанольных экстрактов полезно вычитать «пустой» растворитель и контролировать остаточную линию на 700–750 нм; при необходимости применять сглаживание (например, Savitzky–Golay) одинакового порядка для всех серий.

2. **Спектральные перекрытия**. Вклад гидроксикоричных кислот (≈320–330 нм) вносит «плечо» в область 360 нм; это не мешает диагностике (они также фенилпропаноиды), но при валидации на HPLC/UPLC стоит учесть раздельные вклады классов.

3. **Матрикс-факторы.** Антоцианы у пшеницы в зелёных листьях минимальны и не искажают диапазон 350–400 нм; влияние белков/артефактов на 360 нм в спиртах невелико.

4. **Сопоставимость.** Индекс следует считать из спектров, нормированных по длине кюветы и разведению, при одинаковой температуре; это критично для корректных межсерийных сравнений [14,15].

Статистическая трактовка. Для строгой верификации трендов рекомендуем: (I) регрессию $A_{360}/A_{663} \leftrightarrow$ Chl∑ (ожидаемо $\beta < 0$) с оценкой R^2 и RMSE; (II) модель $A_{360}/A_{663} \leftrightarrow$ NBI ($\beta > 0$) как бесконтактную валидацию; (III) при множественных сравнениях между вариантами — ANOVA с апостериорным Tukey HSD и FDR-контроль по Бенджамини–Хохбергу.

Практическая интерпретация. Индекс A_{360}/A_{663} — «быстрый флаг»: высокий — сигнализирует о дефицитной оптике (фенилпропаноиды↑, хлорофиллы↓), низкий — об оптике оптимума (фенилпропаноиды↓, хлорофиллы↑). В связке с Car/Chl и Chl∑ он формирует надёжную карту статусов питания и помогает расставить приоритеты коррекции минерального режима.

4. Показатель преломления как экспресс-метрика углеродного статуса

Главный результат (рефрактометрия). Данные по nD(589 нм) демонстрируют воспроизводимые различия между режимами питания и могут использоваться как быстрый операторный индикатор интегральной растворимой фракции экстракта (в составе мультипараметрического скрининга). Ключевое методическое условие для сопоставимости — бланк-вычитание в той же матрице (Δn = nDэкстракта − nDбланка 80% EtOH) и строгий контроль температуры измерения.

ISSN 3030-3907

Физиологический смысл. Переход от дефицита к оптимальному питанию отражается комплексом признаков: рост ChlΣ, снижение относительной фотозащитной нагрузки (Car/Chl) и ослабление УФ-ответа фенольных метаболитов (A_{360}/A_{663}), а также стабилизация каротиноидной подписи по Raman. Показатель Δn (к бланку) (при корректной матричной поправке Δn) может дополнять этот набор как индикатор растворимой фракции экстракта, но не заменяет прямых химических измерений.

Методика и корректность измерений.

- **Бланк и матрица**. Для спиртовых экстрактов корректнее использовать Δn = nD(образец) − nD(растворитель), а калибровку строить в той же матрице, что и экстракция (например, 80% этанол): это устраняет систематические смещения растворителя и температурные артефакты.
- **Температура**. Требуется 20.0 ± 0.1 °C (Пельтье), т.к. dn/dT для органических сред ощутим; считывают медиану 3–5 повторов.
- Калибровка и интерпретация. Поскольку ΣTSS/Brix вычисляются из nD по встроенным шкалам прибора (водная калибровка), их нельзя рассматривать как независимую валидацию. Если требуется количественная интерпретация (например, оценка сахаров), необходимо (I) измерять бланк 80% EtOH, (II) строить калибровочную зависимость Δn от независимых химических определений в той же матрице и (III) указывать показатели качества (R^2, RMSE, доверительные интервалы). В настоящей работе эти шаги рассматриваются как рекомендованные для последующих исследований.
- **Интерференции**. В этанольных экстрактах вклад солей минимален, но фенольные/органические кислоты могут слегка завышать nD; это не критично для скрининга, однако при валидации полезна мультипараметрическая модель (например, PLS) с включением A_{360}/A_{663} как ковариаты.

Статистика и валидация.

- Сообщайте наклон, интерцепт, 95% CI, RMSE и R^2 для калибровки; добавляйте перекрёстную валидацию (5-кратная), а при множественных сравнениях между вариантами — ANOVA + Tukey HSD с FDR-контролем.

5. Ограничения и внешняя валидация

Ограничения и внешняя валидация. Рефрактометрия в 80% EtOH даёт операторный прокси интегральной растворимой фракции: шкалы Brix/ΣTSS являются вычисляемыми преобразованиями nD и не представляют независимого измерения сахаров. Для межсерийной сопоставимости требуется бланк-вычитание и использование Δn = nD(экстракт) − nD(80%

ISSN 3030-3907

EtOH, бланк), а для количественной интерпретации - внешняя валидация по химически измеренным сахарам/растворимым веществам. Диагностические пороги (Car/Chl≈0.30; A360/A663≈0.25) заданы эвристически по текущей выборке и должны быть подтверждены на независимых данных (другие сорта/фазы/условия). Для укрепления связи «питание - индексы» рекомендуется минимальная листовая валидация по N и Fe (Kjeldahl/Dumas; ICP-OES/ICP-MS) с расчётом корреляций с ChlΣ, Car/Chl и A_{360}/A_{663}. В перспективе планируется минимальная нутритивная валидация по листовым N и Fe (например, Кьельдаль/ICP-OES) с корреляцией с Chl∑ и индексами Car/Chl и A_{360}/A_{663}.

Validation plan (рефрактометрия). Для превращения Δn в количественную оценку интегральной растворимой фракции планируется внешняя химическая валидация в той же матрице (80% EtOH) и при строго 20 °C: (I) определение суммарных растворимых сахаров в экстрактах независимым методом (ВЭЖХ-RID или ферментные наборы глюкоза/фруктоза/сахароза после инвертазы) на подмножестве образцов; (II) построение калибровки Δn ↔ C_sugars (мг/мл) с отчётом R^2, RMSE, 95% ДИ коэффициентов и проверкой линейности; (III) оценка повторяемости (междневная/межсерийная) и чувствительности (LOD/LOQ). До завершения валидации Δn используется как сравнительный операторный индекс.

- Стресс (варианты № 1–2): ChlΣ↓, A_{360}/A_{663}↑, Car/Chl↑; спектральный профиль указывает на деградацию хлорофилла и усиление фотозащитных/антиоксидантных механизмов. Операторные показатели рефрактометрии (Δn (к бланку)) интерпретируются как отражение изменений растворимой фракции экстракта при обязательном учёте матричного вклада растворителя (Δn).

Восстановление (варианты № 3–4): Chl∑↑, Car/Chl↓, A_{360}/A_{663}↓; nD/ΣTSS смещается к значениям оптимальных вариантов при стабилизации метаболизма.

Оптимум (вариант №6): Chl∑↑ при низком A_{360}/A_{663} и умеренном Car/Chl; вариант №5 характеризует латентный стресс/сдвиг фенольного ответа (A_{360}/A_{663}↑ при ещё умеренном Car/Chl). Граница решения может задаваться по Z-оценкам или по логистической модели «стресс vs оптимум» при наличии обучающей выборки.

- Восстановление: nD↑, Chl∑↑, A_{360}/A_{663}↓, Car/Chl↓.
- Оптимум: nD↑ (верхний квартиль) при Chl∑↑, A_{360}/A_{663}↓, Car/Chl умеренный.

ISSN 3030-3907

Граница решения может задаваться по Z-оценкам (например, $Z(n_D) > 0.8$ и $Z(A_{360}/A_{663}) < -0.8$) либо по логистической модели «стресс vs оптимум» с предикторами *(n_D, A_{360}/A_{663}, Car/Chl, Chl∑)*.

Вывод (рефрактометрия). Показатель nD(589 нм) и производные операторные эквиваленты ΣTSSэкв пригодны как быстрый внутри-серийный индикатор растворимой фракции 80%-ных этанольных экстрактов. Для межсерийной сопоставимости требуется бланк-вычитание и использование Δn; количественные выводы о составе (включая сахара) возможны только при наличии независимой внешней валидации.

6. Интегративная диагностическая матрица (оптика + n + Раман)

Концепция и «якорные» признаки

Матрица объединяет три независимые оси:

Пигментная оптика: Chl∑, Chl a/Chl b, Car/Chl — отражают состояние антенн и фотозащиты.

«УФ-подпись» фенилпропаноидов: A_{360}/A_{663} — индекс эпидермальных флавонолов по отношению к «якорю» Chl a.

Растворённые вещества (интегральная растворимая фракция): nD(589 нм) и ΣTSSэкв как операторные прокси; для переносимости — Δn к бланку 80% EtOH.

Раман-маркёры: интенсивности каротиноидных полос ~1525/1156/1006 $см^{-1}$ и их отношения как индикаторы фотозащитной нагрузки.

Стрессовый квадрант (№ 1–2): низкий Chl∑, высокие Car/Chl и A360/A663; в Раман — снижение I1525/I1156 и ослабление каротиноидных полос вследствие деградации/перестройки пигментного пула; nD/ΣTSS интерпретируется как показатель углеродного ответа на стресс (см. Табл. 3).

Диагностические состояния (эмпирические паттерны)

Восстановление (№ 3–4): Chl∑ возрастает, Car/Chl и A360/A663 снижаются по сравнению со стрессовыми вариантами; nD/ΣTSS смещается к диапазону оптимальных вариантов, отражая стабилизацию углеродно-энергетического обмена.

Оптимум (вариант №6): максимальный Chl∑ при низком A360/A663 и умеренном Car/Chl, что соответствует устойчивому каротиноидному профилю и сбалансированной фотозащите в условиях полноценного питания. Вариант №5 классифицируется как латентный стресс (A_{360}/A_{663}↑ при ещё умеренном Car/Chl).

Инженерия признаков:

Нормированные оптические индексы:

$$z_{Chl}=Z(Chl\Sigma),\quad z_{Car/Chl}=Z(Car/Chl),\quad z_{A360}=Z(A_{360}/A_{663}),\quad z_n=Z(n_D)$$

ISSN 3030-3907

Раман-отношения, устойчивые к масштабу:

$$R_{car} = \frac{I_{1520}}{I_{1006}}, \quad R_{NPQ} = \frac{I_{1520}}{I_{1157}}, \quad R_{norm} = \frac{I_{1520}}{I_{1445}}$$

(нормировка на δ_{CH2}).

Интегральные окна спектров: $\int A(350-400)/\int A(620-680)$ — как «широкополосная» версия A_{360}/A_{663}.

Композитный индекс питания (CNI)

Для оперативного скрининга удобно сворачивать признаки в единый скор:

$$\mathbf{CNI = w_1 z_{Chl} - w_2 z_{A360} - w_3 z_{Car/Chl} + w_4 z_n - w_5 Z(R_{car})}$$

Знаки выбраны так, чтобы рост CNI соответствовал улучшению питания. Веса wiw_iwi берут из PCA/PLS-нагрузок или задают равными (если выборка мала). Пороговые значения для классов («стресс» / «восстановление» / «оптимум») определяют по ROC-критериям (максимум индекса Юдена) или через к-средних в пространстве (zChl, zn, zA_{360}, zCar/Chl, R_{car})

Алгоритм классификации.

Стандартизация: Z-оценки для всех индикаторов на обучающем наборе; проверка коллинеарности (VIF < 5).

Модель: LDA/логистическая регрессия или PLS-DA по признакам выше.

Валидация: 5-кратная кросс-валидация; отчёт Accuracy/Macro-F1, ROC-AUC (one-vs-rest). При множественных сравнениях — ANOVA + Tukey HSD и FDR-контроль.

Робастность: отбрасывание выбросов |Z|>3|Z|>3|Z|>3; бутстреп доверительных интервалов для весов и порогов.

Контроль приборной стабильности: проверка инвариантности частот раман-пиков по полистиролу (1001.4/1602.3 $см^{-1}$) и стабильности A_{663} (феофитинизация подавлена $MgCO_3$).

Визуальные представления (для статьи / отчёта)

Диаграмма состояния 2D: оси (Chl∑, A_{360}/A_{663}) с цветовой кодировкой Car/Chl — мгновенно показывает «стрессовый квадрант».

Треугольная карта (Chl∑, A_{360}/A_{663}, nD) — позиция образца в «углеродно-оптическом» пространстве.

Биплот PCA с нагрузками wiw_iwi — объясняет вклад каждого признака и визуально отделяет 1–2 от 5–6.

Короткий вывод. Система признаков (Chl∑, Chl a/b, Car/Chl, A360/A663, nD, Раман-отношения) обеспечивает устойчивое,

ISSN 3030-3907

воспроизводимое и физически обоснованное разделение «стресс → восстановление → оптимум». Консилиентность оптики, рефрактометрии и Рамана минимизирует риск ложной интерпретации и повышает диагностическую мощность панели, при этом статистическая верификация с контролем FDR закрепляет выводы на строгом уровне доказательности.

6. Методические соображения и границы применимости

Спектрофотометрия (УФ–VIS)

Выбор растворителя и коэффициентов. Расчёты пигментов чувствительны к среде: для спиртов (80% этанол) корректно использовать валидированные уравнения и коэффициенты экстинкции; нормировка по A663 стабилизирует сравнения между сериями.

Предотвращение артефактов. Добавка $MgCO_3$ и низкая температура экстракции минимизируют феофитинизацию; её отсутствие подтверждается чистым контуром в зоне 660–670 нм без «хвостов» (Рис. 1).

Линейность и оптика кювет. Соблюдайте диапазон закона Бугера–Ламберта–Бера (ориентир: $A \approx 0.1–1.0$); одинаковая длина оптического пути и идентичные условия разбавления — обязательны. Кюветы без царапин и помутнения, контроль «пустого» растворителя по всей области сканирования.

Обработка спектров. Базовая линия выровнена по 700–750 нм; разрешено единообразное сглаживание (например, Savitzky–Golay) при неизменных параметрах. Для устойчивости к шуму используйте интегральные окна $\int A(350–400)/\int A(620–680)$ как «широкополосный» аналог A_{360}/A_{663}.

Сравнимость серий. Расчёты Chl∑, Chl a/Chl b, Car/Chl, A_{360}/A_{663} должны выполняться из тех же экстрактов, в одинаковых оптических и темп.-условиях; это снижает межсерийный дрейф.

Раман-спектроскопия

Подавление флуоресценции и контроль частот. Использование SSE™ на BRAVO (785/852 нм) существенно уменьшает флуоресцентный фон зелёных матриц; регулярная верификация по полистиролу (1001.4/1602.3 $см^{-1}$) удерживает частотную точность и исключает приборный дрейф [17,18].

Ключевые маркёры. Для каротиноидов отслеживайте полосы ~1520–1530 (νC=C), ~1155–1160 (νC–C), ~1000–1006 $см^{-1}$; нормировка на ~1445 $см^{-1}$ (δCH_2) повышает сопоставимость.

Матрикс-эффекты. Водность и липидность образцов влияют на относительные интенсивности; чтобы исключить «масштабный» фактор, используйте отношенческие показатели (I_{1525}/I_{1006}, I_{1525}/I_{1156}).

ISSN 3030-3907

Повторяемость. Не менее 32 накоплений на образец, отбраковка всплесков; одинаковая геометрия облучения и фокус.

Полевые бесконтактные индикаторы (SPAD/Dualex)

Динамический диапазон и нелинейности. SPAD склонен к насыщению на «тёмно-зелёных» листьях; интерпретация требует калибровок «прибор ↔ биохимия» для конкретного сорта/фонового режима. Dualex добавляет независимую ось эпидермальных флавонолов; производный индекс NBI = Chl/Flav информативен именно в паре со SPAD.

Стандартизация отбора. Единая листовая позиция (2–3-й лист), одинаковое время суток (первая половина светового периода), контроль микроклимата во время измерений — снижают внутрисуточную вариабельность.

Рефрактометрия (Δn к бланку в 80% EtOH, 20 °C)

Температура и бланк. Поддерживайте 20.0 ± 0.1 °C (Пельтье) и обязательно регистрируйте бланк 80% EtOH в каждой серии. Рабочая метрика — Δn = nD(экстракт) − nD(80% EtOH, бланк), что снижает матричные и температурные смещения. Если требуется количественная интерпретация, Δn следует калибровать на независимых химических измерениях в той же матрице.

Интерференции. Фенольные и органические кислоты слегка повышают nD; для моделирования используйте мультипараметрический подход (например, включите A_{360}/A_{663} как ковариату).

Химическая среда и дизайн растворов

Ионный баланс и растворимость. Придерживайтесь катион-анионного баланса и расчётов по Штайнеру: это минимизирует осадки (например, Ca/Mg-фосфаты) и делает варианты сопоставимыми по активности ионов pH и EC. Поддержание pH 6.0–6.5 и стабильной EC (1.4–1.8 мСм·см$^{-1}$) исключает осмотические артефакты, не связанные с реальным дефицитом.

Биология объекта и факторы смешения

Возраст и анатомия листа. Толщина, водность и стадия развития влияют на амплитуды оптики/Рамана; унифицированный отбор (2–3-й лист, одинаковое время суток) и рандомизация серий снижают систематический сдвиг.

Абиотические факторы. Высокая освещённость/низкие температуры могут повышать Car/Chl и A_{360}/A_{663} даже без нутритивного дефицита; интерпретируйте маркёры в совокупности (добавляйте nD и «якорные» раман-отношения).

ISSN 3030-3907

Гено- и фенотипические различия. Сортовые различия в базовом уровне флавонолов/каротиноидов требуют собственных калибровок.

Границы применимости. Предложенные индикаторы валидны для молодых функционирующих листьев, стандартных спиртовых экстрактов и ионно сбалансированных сред. В условиях экстремального стресса (холод/жара, острый водный дефицит) и при резкой смене онтогенетической стадии приоритетно переснимать калибровки и усиливать панель газообменом/флуоресценцией, чтобы избежать ложной атрибуции причинно-следственных связей.

7. Импликации и следующий виток работ

Оперативная диагностика «в полях»

Цель: быстрое определение статуса питания без реактивов, на основе минимального набора измерений.

Минимальная панель: Chl∑, Car/Chl, A360/A663, nD(589 нм) + раман-маркёры каротиноидов (пики ~1525/1156/1006 $см^{-1}$).

Алгоритм triage (пошагово):

SPAD/Dualex на листе (2–3-й лист, первая половина светового периода) → ориентировочный статус Chl/Flav.

Быстрый УФ–VIS экстракта (80% этанол + $MgCO_3$) → Chl∑, Car/Chl, $A360/A_{663}$.

Рефрактометрия экстракта → nD и Δn (к бланку 80% EtOH) (приоритетно Δn к растворителю в той же матрице).

Раман (BRAVO, 785/852 нм, SSE™) → интенсивности I_{1525}, I_{1156}, I_{1006}; расчёт отношений I1520/I1006 и I1525/I1156 как устойчивых индикаторов фотозащитной нагрузки.

Быстрая интерпретация (матрица состояний):

Стресс (№1–2): ChlΣ↓, Car/Chl↑, A360/A663↑, Δn (к бланку) (операторно) нестабилен; каротиноидная подпись по Raman отражает напряжение фотозащиты.

Восстановление (№3–4): ChlΣ↑, Car/Chl↓, A360/A663↓, Δn (к бланку) (операторно) выравнивается; каротиноидные полосы по Raman ослабевают.

Латентный стресс (№5): A360/A663↑ при умеренном Car/Chl; фенольный ответ выражен, при этом изменения Δn (к бланку) трактуются осторожно и требуют Δn.

Интегральный индекс питания (CNI) и пороговая классификация

Для оперативного скрининга сворачиваем оси в единый скор:

$$\mathbf{CNI = w_1\, Z(Chl\Sigma) - w_2\, Z(A_{360}/A_{663}) - w_3\, Z(Car/Chl) + w_4\, Z(n_D) - w_5\, Z(I_{1520}/I_{1006}).}$$

ISSN 3030-3907

Знаки выбраны так, чтобы рост CNI соответствовал улучшению питания. Веса wiw_iwi берём из PCA/PLS-нагрузок или ставим равными при малой выборке. Пороговые зоны («стресс/восстановление/оптимум») определяем по ROC (индекс Юдена) или кластеризацией (k-means) в пространстве признаков.

Калибровочные и прогностические модели

Задача: связать полевые индикаторы (SPAD, Dualex, nD/Δn) с лабораторными концентрациями пигментов и растворимых веществ на независимой выборке.

Модели: множественная регрессия/PLS; для классификации — логистическая регрессия/LDA/PLS-DA.

Валидация: 5-кратная кросс-валидация; отчёт R^2, RMSE (регрессия) и ROC-AUC, Macro-F1 (классификация).

Гипотезы/тесты: однофакторная ANOVA по вариантам с апостериорным Tukey HSD; при множественных сравнениях — контроль FDR по Бенджамини–Хохбергу.

Стабильность: проверка коллинеарности (VIF < 5), межсерийная ре-калибровка (drift корректируется по контрольным образцам).

Расширение панели показателей (следующий виток)

P-дефицит и энергетика: добавить флуоресцентные параметры ΔF/Fm′, qP, NPQ — ранняя индикация «триозфосфатного ограничения» и дисбаланса световых/тёмных стадий.

K-чувствительные состояния: устьичная проводимость/водный статус в паре с n_D (углеродный пул) — замыкаем контур «оптика → углерод → газообмен».

Для повышения устойчивости оценки вместо точечного отношения A_{360}/A_{663} использовали широкополосный индекс:

$$I_{\mathrm{UV/Red}} = \frac{\int_{350}^{400} A(\lambda)\, d\lambda}{\int_{620}^{680} A(\lambda)\, d\lambda},$$

который служит робастной альтернативой одиночному значению A при 360 нм.

Раман-отношения: нормировка каротиноидных пиков на δCH_2 ~1445 $см^{-1}$ для межсерийной сопоставимости.

Дизайн следующей серии опытов

Схема: рандомизированный полный блок (RCBD), факторы: питание (3 уровня в пределах шкалы 1–6) × время отбора (2–3 точки).

Повторы: ≥3 биологических × ≥2 технических на показатель (минимум).

ISSN 3030-3907

Контроль качества: полистирол 1001.4/1602.3 $см^{-1}$ (Раман), «пустой» растворитель и температурный контроль (УФ–VIS, nD).

Эндпойнты: CNI, Chl∑, Car/Chl, A_{360}/A_{663}, nD, I_{1520}/I_{1006} ; вторично — ΔF/Fm′, NPQ.

Критерии успеха: разделимость «стресс/оптимум» по CNI (AUC ≥ 0.90), согласованность знаков эффектов с теоретическими ожиданиями.

Маршрут внедрения (SOP и QA/QC)

SOP-уровень: стандартизировать позиции листьев, время суток, экстракцию (80% этанол + $MgCO_3$), длину пути, температуру.

QA/QC: ежедневная проверка приборов, контрольные образцы, «слепые» повторы; еженедельно — межсерийная калибровка.

Отчётность: протокол ANOVA/Tukey, таблицы калибровок (наклон/сдвиг/CI), отчёты по FDR.

Короткий вывод

УФ–VIS, рефрактометрия и Раман консилиентно фиксируют переход листа от «защитной» стратегии (фенолы↑, фотозащита↑, Chl↓) к «продуктивной» (Chl↑, фенолы↓, фотозащита↓, сахара↑) при корректном ионном дизайне растворов по Штайнеру. Предложенная матрица признаков и интегральный индекс CNI дают практичный безреагентный инструмент диагностики, а статистический каркас (ANOVA/Tukey + FDR) обеспечивает строгую верификацию результатов.

ВЫВОДЫ

Оптимум питания — максимум фотохимии без перегрузки защитных контуров: при росте Chl∑ снижаются Car/Chl и A_{360}/A_{663}, а отношение I_{1525}/I_{1156} смещается к более высоким значениям, что согласуется с восстановлением каротиноидного профиля в условиях полноценного минерального питания.

Комплементарная тройка оптических маркёров — ChlΣ, Car/Chl, A_{360}/A_{663} — надёжно разделяет статусы питания. Рост ChlΣ фиксирует восстановление пигментного аппарата; снижение Car/Chl при переходе к оптимуму отражает разгрузку NPQ; падение A_{360}/A_{663} — сворачивание «УФ-экрана» эпидермальных флавонолов. Тройка воспроизводимо дифференцирует дефицитные и оптимальные режимы и методологически стыкуется с парами бесконтактных индикаторов SPAD/Dualex (и производным NBI).

Оптимум питания — максимум фотохимии без перегрузки защитных контуров. В режиме «нормы» одновременно наблюдаются: высокий ChlΣ, пониженные A_{360}/A_{663} и умеренный Car/Chl — то есть усиление

ISSN 3030-3907

продуктивной фотохимии при минимально необходимой фотозащите. Этот переход подтверждён и «отпечатками» Рамана: относительные интенсивности каротиноидных полос ~1525/1156/1006 $см^{-1}$ ослабевают по мере нормализации питания.

Показатель преломления nD(589 нм) и операторные эквиваленты ΣTSSэкв отражают изменения интегральной растворимой фракции 80%-ных этанольных экстрактов и могут использоваться как дополнительный признак «углеродного сдвига» в условиях стресса. В спиртовой матрице методологически корректной метрикой является Δn к бланку 80% EtOH; без бланк-вычитания и внешней калибровки количественная интерпретация этих показателей ограничена.

Интегративная матрица (оптика + nD/Δn + Raman) повышает устойчивость диагностики к частным источникам вариабельности и снижает риск ложной интерпретации: оптические индексы отражают состояние пигментного аппарата и фенольного ответа, Raman — каротиноидную подпись, а рефрактометрия (nD/Δn, ΣTSSэкв) — изменения растворимой фракции экстракта. Комбинирование каналов особенно полезно при неоднородности листа, фоновой флуоресценции и вариациях процедуры экстракции.

Практическая пригодность для точного земледелия. Комбинация полевых прокси (SPAD/Dualex) и лабораторной УФ–VIS/рефрактометрии обеспечивает быстрый, безреагентный скрининг статуса питания до появления визуальных симптомов и легко калибруется под сорт и агрофон. Раман-подписи каротиноидов добавляют независимую ось верификации фотозащитной нагрузки.

Статистическая верификация и воспроизводимость. Эффекты по вариантам питания следует оценивать с учётом дисперсии и множественных сравнений (ANOVA/GLM + Tukey HSD либо контрастные тесты), а для каждого канала диагностики (SPAD→Chl, Dualex→Flav, nD/Δn→ΣTSSэкв, Raman→I_{1525}/I_{1156}) сообщать величины эффекта, p-значения и доверительные интервалы. При построении прогностических моделей уместно приводить R^2/RMSE и проводить кросс-валидацию (≥5-кратную).

В сумме: консилиентность УФ–VIS, рефрактометрии и Раман-спектроскопии подтверждает физиологически ожидаемый переход листа от «защитной» стратегии (фенолы↑, фотозащита↑, Chl↓) к «продуктивной» (Chl↑, фенолы↓, фотозащита↓, сахара↑) при корректном ионном дизайне растворов по Штайнеру. Статистический каркас с FDR-контролем закрепляет выводы на строгом уровне доказательности.

ISSN 3030-3907

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Agati G, Tattini M. Multiple functional roles of flavonoids in photoprotection. Plant Cell Environ. 2010;33(2):286-301. doi:10.1111/j.1365-3040.2009.02041.x.
2. AOAC International. Official Method 921.08: Refractive Index of Edible Oils and Fats. In: Official Methods of Analysis of AOAC International. 18th ed. Gaithersburg (MD): AOAC International; 2005.
3. AOAC International. Official Method 932.12: Solids (Soluble) in Fruits and Fruit Products—Refractometer Method. In: Official Methods of Analysis of AOAC International. Gaithersburg (MD): AOAC International; 2000.
4. Barański R, Barańska M, Schulz H. Changes in carotenoid content and distribution in living plant tissue can be observed and mapped in situ using NIR-FT-Raman spectroscopy. Planta. 2005;222(6):977-986.
5. Benjamini Y, Hochberg Y. Controlling the false discovery rate: a practical and powerful approach to multiple testing. J R Stat Soc Series B Stat Methodol. 1995;57(1):289-300.
6. Brown LA, Lemaire G, Smith CL, et al. Calibration and characterisation of four chlorophyll meters and transmittance spectroscopy for non-destructive estimation of forest leaf chlorophyll concentration. Agric For Meteorol. 2022;323:109059. doi:10.1016/j.agrformet.2022.109059.
7. Cartelat A, Cerovic ZG, Goulas Y, et al. Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (Triticum aestivum L.). Field Crops Res. 2005;91:35-49. doi:10.1016/j.fcr.2004.05.002.
8. Cetner MD, Karcz D, Serca M, et al. Effects of nitrogen deficiency on efficiency of light-harvesting apparatus in radish. Plant Physiol Biochem. 2017;118:400-413.
9. Cerovic ZG, Ounis A, Cartelat A, et al. The use of chlorophyll fluorescence excitation spectra for the non-destructive assessment of UV-screening by epidermal phenolics in leaves. Plant Cell Environ. 2002;25(12):1663-1676.
10. Cerovic ZG, Masdoumier G, Ben Ghozlen N, Latouche G. A new optical leaf-clip meter for simultaneous non-destructive assessment of leaf chlorophyll and epidermal flavonoids. Physiol Plant. 2012;146(3):251-260.
11. Cooper JB, Abdelkader M, Wise KL. Sequentially shifted excitation Raman spectroscopy: algorithm and instrumentation for fluorescence-free Raman in spectral space. Appl Spectrosc. 2013;67(8):973-984.
12. Demmig-Adams B, Adams WW 3rd. Photoprotection in an ecological context: the remarkable complexity of thermal energy dissipation in the light-harvesting antenna. New Phytol. 2006;172(1):11-21.

ISSN 3030-3907

13. Dhanani T, Subramanian RB, Kurouski D. Raman spectroscopy detects changes in carotenoids on the surface of photosynthetic organisms during stress exposure. Front Plant Sci. 2022;13:832522. doi:10.3389/fpls.2022.832522.
14. Gitelson AA. Towards a generic approach to non-invasive quantification of chlorophyll and other pigments in leaves. J Plant Physiol. 2020;252:153227. doi:10.1016/j.jplph.2020.153227.
15. Goulas Y, Cerovic ZG, Prodanovic S, et al. Dualex: a new instrument for field measurements of epidermal UV-absorbance by flavonoids. Appl Opt. 2004;43(28):4488-4496.
16. Goulas Y, Cerovic ZG, Cartelat A, Moya I. Dualex: a new instrument for non-destructive assessment of chlorophyll and epidermal flavonoids. New Phytol. 2004;160(3):677-684. doi:10.1111/j.1469-8137.2004.00989.x.
17. International Seed Testing Association (ISTA). International Rules for Seed Testing. Bassersdorf (Switzerland): ISTA; 2025.
18. Kitajima K, Hogan KP. Increases of chlorophyll a/b ratios during acclimation of tropical woody seedlings to sun and shade. Plant Cell Environ. 2003;26(6):857-865.
19. Mu X, Chen Y. Within-leaf nitrogen allocation in adaptation to low nitrogen supply in Arabidopsis thaliana. Front Plant Sci. 2016;7:699.
20. Papoutsoglou EA, Faria D, Arend D, et al. Enabling reusability of plant phenomic datasets with MIAPPE 1.1. New Phytol. 2020;227(1):260-273. doi:10.1111/nph.16544.
21. Papoutsoglou EA, Athanasiadis IN, Visser RGF, Finkers R. The case of reusing plant phenotyping data—improving FAIRness with MIAPPE. Sci Data. 2023;10(1):457. doi:10.1038/s41597-023-02364-z.
22. Payne WZ, Farber C, Kurouski D. Raman-based diagnostics of biotic and abiotic stresses in plants: a review. Front Plant Sci. 2021;11:616672.
23. Pescador-Dionisio S, Gamon JA, Serrano L, et al. In vivo detection of spectral reflectance changes associated with regulated heat dissipation mechanisms complements fluorescence quantum efficiency in early stress diagnosis. New Phytol. 2025;245(2):559-576. doi:10.1111/nph.20253.
24. Poorter H, Fiorani F, Stitt M, et al. The art of growing plants for experimental purposes: a practical guide for the plant biologist. Funct Plant Biol. 2012;39(11):821-838. doi:10.1071/FP12028.
25. Poorter H, Jagodzinski AM, Ruiz-Peinado R, et al. Pampered inside, pestered outside? Differences and similarities between plants growing in controlled conditions and in the field. New Phytol. 2016;212(4):838-855. doi:10.1111/nph.14243.

ISSN 3030-3907

26. Porra RJ, Thompson WA, Kriedemann PE. Determination of accurate extinction coefficients and simultaneous equations for assaying chlorophylls a and b extracted with four different solvents. Biochim Biophys Acta. 1989;975(3):384-394. doi:10.1016/S0005-2728(89)80347-0.
27. Ritchie RJ. Consistent sets of spectrophotometric chlorophyll equations for acetone, methanol and ethanol solvents. Photosynth Res. 2006;89(1):27-41. doi:10.1007/s11120-006-9065-9.
28. Ruban AV. Nonphotochemical chlorophyll fluorescence quenching (NPQ): mechanism and effectiveness in protecting plants from photodamage. Annu Rev Plant Biol. 2016;67:501-528.
29. Shapiro SS, Wilk MB. An analysis of variance test for normality (complete samples). Biometrika. 1965;52(3-4):591-611.
30. Stawoska I, Gołębiowska-Paluch G, Wesełucha-Birczyńska A, et al. Temperature-caused changes in Raman pattern and protein profiles of winter triticale field-grown seedlings. Molecules. 2024;29(9):1933.
31. Steiner AA. A universal method for preparing nutrient solutions of a certain desired composition. Plant Soil. 1961;15(2):134-154.
32. Uddling J, Gelang-Alfredsson J, Piikki K, Pleijel H. Evaluating the relationship between leaf chlorophyll concentration and SPAD-502 chlorophyll meter readings. Photosynth Res. 2007;91(1):37-46. doi:10.1007/s11120-006-9077-5.
33. Walters RG. Towards an understanding of photosynthetic acclimation. J Exp Bot. 2005;56(411):435-447.
34. Wellburn AR. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents. J Plant Physiol. 1994;144(3):307-313.
35. Wong CYS, D'Odorico P, Arain MA, Ensminger I. Tracking the phenology of photosynthesis using carotenoid-based vegetation indices. New Phytol. 2020;226(6):1729-1741.
36. Živčák M, Brestič M, Balatová Z, et al. Photosynthetic responses of sun- and shade-grown barley leaves to high light. Photosynth Res. 2014;119(1-3):339-354.

ISSN 3030-3907

ОБЗОР ПОЛУЧЕНИЯ, СВОЙСТВ И ХАРАКТЕРИСТИК КЛЕЕВ НА ОСНОВЕ АКРИЛАТОВ

Нарзуллаева Азиза Муродиллаевна
Д-р филос. тех. наук(PhD), доц, Бухарский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: narzullaeva.aziza@yandex.ru
Холова Шарифа Фарходовна
Докторант Бухарский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Бухара
E-mail: farxodovnasharifa@gmail.com
Ахмедов Вохид Низомович
Д-р. техн. наук, проф, Бухарский государственный технический университет,
Республика Узбекистан, г. Бухара

Аннотация. В статье приведён обзор получения клеев на основе акрилатов с улучшенными характеристиками, такими как вязкоупругие свойства, чувствительность к давлению, прочность на отслаивание, устойчивость к атмосферным воздействиям и термостойкость. Такие адгезивные материалы могут широко применяться в производстве различных товаров, таких как ленты, этикетки, медицинские пластыри, а также в качестве защитных и декоративных пленок, а также в высокотехнологичных отраслях, таких как производство дисплеев, автомобилей, электроники, авиационной и аэрокосмической промышленности. Из способов получения описаны такие как фотополимеризация, синтез олигомеров полиуретанового акрилата и т.д.

Ключевые слова: полимер, акрилат, самоклеющийся материал, плёнки, эластомер, прочность, фотополимеризация, термостойкость, вязкость, атмосферное воздействие, оптические совйства, напряжение сдвига, деформация.

Annotatsiya. Ushbu maqolada viskoelastik xususiyatlar, bosimga sezgirlik, qobiqning mustahkamligi, ob-havoga chidamlilik va issiqlikka chidamlilik kabi yaxshilangan xususiyatlarga ega akrilat asosidagi yopishtiruvchi moddalarni ishlab chiqarishga umumiy nuqtai nazar berilgan. Ushbu yopishtiruvchi moddalar lentalar, yorliqlar va tibbiy yamalar, shuningdek, himoya va dekorativ plyonkalar kabi turli xil mahsulotlarni ishlab chiqarishda, shuningdek, displey ishlab chiqarish, avtomobilsozlik, elektronika, aviatsiya va aerokosmik sanoat kabi yuqori texnologiyali sohalarda keng qo‘llanilishi mumkin. Ishlab chiqarish

ISSN 3030-3907

usullari, jumladan, fotopolimerizatsiya va poliuretan akrilat oligomerlarini sintez qilish tasvirlangan.

Kalit so‘zlar: polimer, akrilat, o‘z-o‘zidan yopishqoq material, plyonkalar, elastomer, mustahkamlik, fotopolimerizatsiya, issiqlikka chidamlilik, yopishqoqlik, ob-havoga chidamlilik, optik xususiyatlar, siljish kuchlanishi, deformatsiya.

Annotatsion. This article provides an overview of the production of acrylate-based adhesives with improved characteristics, such as viscoelastic properties, pressure sensitivity, peel strength, weather resistance, and heat resistance. These adhesives can be widely used in the production of various products, such as tapes, labels, and medical patches, as well as protective and decorative films, and in high-tech industries such as display manufacturing, automotive, electronics, and the aviation and aerospace industries. Methods of production are described, including photopolymerization and the synthesis of polyurethane acrylate oligomers.

Keywords: polymer, acrylate, self-adhesive material, films, elastomer, strength, photopolymerization, heat resistance, viscosity, weather resistance, optical properties, shear stress, deformation.

ВВЕДЕНИЕ

В зависимости от используемого полимера самоклеящиеся пленки делятся на акриловые, резиновые, силиконовые и полиуретановые. Среди этих материалов значительно возросла популярность акриловых самоклеящихся материалов, которые активно используются в промышленности и считаются передовым научным достижением [1] Самоклеящиеся материалы (СММ) — это вязкоупругие материалы, которые могут за короткое время приклеиться к различным твердым поверхностям, как металлическим, так и неметаллическим [2].

Для крепления слоев в гибких дисплеях требуются акриловые клеи, чувствительные к давлению (PSA), которые выдерживают деформацию и напряжение при сгибании. В исследовании J.-H. Lee, G.-S. Shim, J.-W. Park было исследовано влияние эластомера стирол–изопрен–стирол (SIS) на характеристики адгезии и восстановление акрилового PSA. В простых смесях прочность на отслаивание и липкость листа PSA немного снижались по мере увеличения содержания SIS из-за мягкой природы эластомера. Напротив, напряжение сдвига внахлестку немного увеличилось из-за запутывания полимерных цепей SIS. В тестах на релаксацию напряжений влияние SIS на восстановление PSA было ограничено слабым связыванием. В работе J.-H. Lee, G.-S. Shim, J.-W. Park было изучено использование термического сшивания для улучшения сцепления в смесях PSA / SIS. Хотя повышенная

ISSN 3030-3907

сшивка снижала прочность на отслаивание и прилипание зонда, адгезионные свойства сохранялись, а напряжение сдвига внахлестку и деформация увеличивались. Кроме того, в тестах на релаксацию напряжений улучшились показатели восстановления акриловых полисульфонатов, но при использовании сшивающего агента в количестве более 1 ч. на 100 ч. полисульфоната не удалось добиться восстановления. Таким образом, сшивка с эластомером играет важную роль в адгезии и восстановлении акриловых полисульфонатов. Однако из-за того, что в присутствии SIS лист PSA становится непрозрачным, возможности применения этой системы в дисплеях ограничены, и необходимы дальнейшие усовершенствования [3]. Акриловые полисульфонаты обладают превосходной прозрачностью, оптическими свойствами, устойчивостью к атмосферным воздействиям и термостойкостью, а также могут приобретать различные свойства в зависимости от состава мономера, например мягкие сегменты, жесткие сегменты и функциональные группы [4]. Акриловые полисульфонаты с различными характеристиками могут широко применяться в производстве различных товаров, таких как ленты, этикетки, медицинские пластыри, а также в качестве защитных и декоративных пленок, а также в высокотехнологичных отраслях, таких как производство дисплеев, автомобилей, электроники, авиационной и аэрокосмической промышленности [5].

В зависимости от условий реакции синтез акриловых сополимеров можно разделить на полимеризацию с использованием растворителя и без него. Поскольку при полимеризации с использованием растворителя используется органический растворитель, легко контролировать вязкость и температуру реакции, однако недостатком является наличие остаточных мономеров, поскольку степень конверсии реакции составляет менее 100 %. Кроме того, перед использованием акрилового сополимера необходимо удалить органический растворитель [6,7]. С другой стороны, при полимеризации без использования растворителей не применяются органические растворители. К таким методам относятся полимеризация в расплаве, фотополимеризация и водная эмульсионная полимеризация. Среди них фотополимеризация — это метод полимеризации полимеров под воздействием ультрафиолета, который применяется при различных видах полимеризации, таких как полимеризация в растворителе, эмульсионная и суспензионная полимеризация, а также при термической полимеризации [2] Кроме того, поскольку возможна объемная полимеризация с использованием только мономера и инициатора без применения растворителя, загрязнение

ISSN 3030-3907

окружающей среды минимально, скорость отверждения высокая, а сам процесс очень прост. Таким образом, этот метод более выгоден, чем традиционная термическая полимеризация, с точки зрения технологичности, производительности и снижения энергозатрат. Кроме того, благодаря УФ-отверждению возможен процесс низкотемпературного отверждения, а поскольку после реакции не остается непрореагировавшего мономера, этот метод можно применять в промышленности шире, чем полимеризацию с использованием растворителя [8], [9].

В работе J. H. Lee, M. H. Myung, M. J. Baek указывается, что в сфере производства дисплеев фотоотверждаемые акриловые полисульфидные адгезивы широко используются в качестве оптически прозрачного клея (ОСА) и служат для соединения всех слоев дисплея, таких как защитное стекло, сенсорная панель, поляризаторы и светоизлучающий слой. В последнее время на смену плоским дисплеям пришли гибкие, и от ОСА требуются не только способность фиксировать детали [11]. При использовании акриловых чувствительных к давлению клеев (СДК) в гибких дисплеях их прикрепляют к каждому слою устройства. Из-за высокого спроса на гибкие дисплеи в промышленности акриловые СДК должны обладать высокой гибкостью. В этом исследовании изучалось влияние плотности сшивки акриловых СДК на их адгезию и гибкость за счет добавления в структуру СДК диизоцианатного сшивающего агента. По мере увеличения содержания сшивающего агента измеренная прочность на отслаивание и липкость синтезированных полисульфонатов снижались, а максимальное значение напряжения сдвига при сдвиге внахлест увеличивалось. Кроме того, максимальное напряжение и деформация сдвига, определенные для сшитых полисульфонатов, снижались с увеличением концентрации сшивающего агента (хотя напряжение, измеренное при низких значениях деформации, сначала увеличивалось, пока содержание сшивающего агента не достигло 1 % по массе). Результаты испытаний на релаксацию напряжений показали, что при увеличении содержания сшивающего агента до 0,5 % по массе напряжение при заданных уровнях деформации возрастает, в то время как результаты испытаний на ползучестьвыяснилось, что измеренная деформация обратно пропорциональна степени упругого восстановления. Полученные данные свидетельствуют о том, что сшивка в целом улучшает свойства полисульфона для использования в гибких дисплеях, однако очень высокая плотность сшивки в основном негативно влияет на гибкость и адгезию полисульфона. [12]. Характеристики восстановления ОСА определяют его способность возвращаться в исходное состояние после

ISSN 3030-3907

снятия приложенного напряжения. Высокие характеристики восстановления играют важную роль в предотвращении провисания ОСА даже в условиях повторяющейся деформации, характерных для гибких дисплеев. Кроме того, свойства ОСА, связанные с релаксацией напряжений, помогают снизить нагрузку на дисплей. Релаксация напряжений происходит за счет движения молекул, разрыва и обмена связей. Низкие показатели релаксации не позволяют в достаточной мере снизить приложенное напряжение, а остаточное напряжение, которое не удается снять, приводит к таким дефектам собранного дисплея, как расслоение, коррозионное растрескивание под напряжением, растрескивание и снижение усталостной прочности. Таким образом, несмотря на важность улучшения характеристик контроля модуля упругости, восстановления и релаксации органических кремниевых соединений, используемых в гибких дисплеях, исследования в этой области не проводились.

В последнее время проводятся исследования, направленные на улучшение восстановительных свойств органических соединений кремния. Предполагается, что контроль над высокой молекулярной массой и плотностью сшивки улучшает восстановительные и адгезионные свойства органических соединений кремния [13]. Кроме того, в научном исследовании C. Piedrahita, V. Kusuma, H. B. Nulwala предпринимаются попытки контролировать восстановительные и релаксационные свойства органических соединений кремния путем смешивания и структурирования с эластомерами, которые обладают превосходной эластичностью. Однако эти исследования были сосредоточены только на свойствах восстановления или релаксации клея. Для определения взаимосвязи между модулем упругости и эластичностью клея необходимы дальнейшие исследования.

Акрилаты на основе этиленгликоля широко применяются в различных областях, где требуются улучшенные эластичные свойства, например в производстве электролитных мембран, нанотруб и гидрогелей, а также в медицине [14]. Однако об исследованиях применения полисульфонатов на основе этиленгликоля в производстве складных/гибких дисплеев ничего не известно.

В современных промышленных технологиях обеспечение прочной адгезии с материалами с низкой поверхностной энергией, такими как полиэтилен, полипропилен и политетрафторэтилен, является сложной задачей. В первую очередь это связано с присущей им химической инертностью и слабыми межфазными взаимодействиями. Чтобы решить эту проблему, в ходе исследования, учёными Y. Han, Z. Gong, R. Zhou был

ISSN 3030-3907

разработан новый чувствительный к давлению клей с взаимопроникающей сетчатой структурой (ВПС). Это было достигнуто путем синтеза олигомеров полиуретанового акрилата (ПУА) на основе линейного полиэтиленгликоля и их объединения с полиакрилатными чувствительными к давлению клеями (ПСК) для формирования структуры IPN. Путем регулирования содержания ПУА удалось оптимизировать вязкоупругие, механические, термические и адгезионные свойства системы ПСК-ПУА. Результаты показывают, что PSA-PUA20 обладает превосходными адгезионными свойствами при работе с полиэтиленовыми (ПЭ) подложками: прочность на отслаивание составляет 364,75 Н/м, а сила отрыва — 4,03 Н. По сравнению с полиакрилатными клеями, чувствительными к давлению (PSA), эти показатели выше на 240,25 % и 46,58 % соответственно. Дополнительные испытания на сдвиг подтвердили, что PSA-PUA20 обеспечивает циклическую адгезию к подложкам из политетрафторэтилена (ПТФЭ). Механистический анализ показал, что добавление полиуксусной кислоты изменяет поверхностную энергию клея, улучшая его способность растекаться по материалам с низкой поверхностной энергией. Кроме того, она усиливает водородные связи и ван-дер-ваальсовы силы между молекулярными цепочками, значительно повышая устойчивость к циклическому сдвигу и адгезию к подложкам с низкой поверхностной энергией. Кроме того, клей PSA-PUA обладает превосходной антиоксидантной и термической стабильностью, что делает его перспективным решением для создания высокоэффективных фотоэлектрических систем [15].

В ещё одной работе авторов I. Razquin, I. Hidalgo-Gallardo, H. Balda-Intxaurraga полиуретаны на основе неизоцианата с концевыми группами (метакрилата)акрила (NIPUA) были синтезированы методом трансуретанизации. Полученные преполимеры затем смешивали с акриловыми мономерами для получения УФ-отверждаемых гибридных уретановых/акриловых покрытий. Структурную характеристику преполимеров до отверждения проводили с использованием Фурье-преобразовательной инфракрасной спектроскопии (FTIR), протонного ядерного магнитного резонанса (1H NMR) и углеродного ядерного магнитного резонанса (13C NMR). Термические свойства оценивали с помощью дифференциальной сканирующей калориметрии (DSC) и термогравиметрического анализа (TGA). Реакцию отверждения анализировали с помощью фото-FTIR и фотокалориметрии «in situ», достигая высокой степени превращения в течение нескольких секунд. В отвержденных образцах включение NIPUA в акрилатную матрицу приводило к снижению

ISSN 3030-3907

температуры стеклования (Tg), обеспечивая повышенную гибкость. Все покрытия демонстрировали хорошую водо- и растворительную стойкость, а также хорошую адгезию к сосновой древесине. Твердость увеличивалась с увеличением содержания акрила в покрытиях. Результаты показывают, что смеси NIPUA/акрилата могут быть адаптированы в соответствии с требованиями конкретных областей применения покрытий, подчеркивая их потенциал в качестве более безопасных и экологически чистых альтернатив полиуретановым покрытиям на основе изоцианата.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Beili Pang, Chong-Min Ryu, Hyung-Il Kim, Effect of naphthyl curing agent having thermally stable structure on properties of UV-cured pressure sensitive adhesive, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Volume 20, Issue 5, 2014, Pages 3195-3200, ISSN 1226-086X, https://doi.org/10.1016/j.jiec.2013.11.065 .

2. S.-S. Baek, Seok-H. Hwang, Preparation of biomass-based transparent pressure sensitive adhesives for optically clear adhesive and their adhesion performance, European Polymer Journal, Volume 92, 2017, Pages 97-104, ISSN 0014-3057, https://doi.org/10.1016/j.eurpolymj.2017.04.039.

3. J.-H. Lee, G.-S. Shim, J.-W. Park, H.-J. Kim, Y. Kim, Adhesion performance and recovery of acrylic pressure-sensitive adhesives thermally crosslinked with styrene–isoprene–styrene elastomer blends for flexible display applications, Journal of Industrial and Engineering Chemistry, Volume 78, 2019, Pages 461-467, ISSN 1226-086X, https://doi.org/10.1016/j.jiec.2019.05.019.

4. Seung-Suk Baek, Se-Jung Jang, Seok-Ho Hwang, Preparation and adhesion performance of transparent acrylic pressure sensitive adhesives: effects of substituent structure of acrylate monomer, International Journal of Adhesion and Adhesives, Volume 64, 2016, Pages 72-77, ISSN 0143-7496, https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2015.10.005.

5. Ch. Fang, Zh. Lin, Effect of propyleneimine external cross-linker on the properties of acrylate latex pressure sensitive adhesives, International Journal of Adhesion and Adhesives, Volume 61, 2015, Pages 1-7, ISSN 0143-7496, https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2015.04.009.

6. J. Zhong, H. J., Jiang Duan, H. Tu, A. Zhang, Coating morphology and surface composition of acrylic terpolymers with pendant catechol, OEG and perfluoroalkyl groups in varying ratio and the effect on protein adsorption, Colloids and Surfaces B: Biointerfaces, Volume 140, 2016, Pages 254-261, ISSN 0927-7765, https://doi.org/10.1016/j.colsurfb.2015.12.051

ISSN 3030-3907

7. Ю. Ван, Ф. Вэн, Дж. Ли, Л. Лай, В. Ю, С.Дж. Севертсон, В.Дж. Ван Влияние фазового разделения на свойства привитых акриловых клеев, чувствительных к давлению, с различными боковыми цепями из сополиэфиров ACS Omega, 3 (2018), стр. 6945-6954, 10.1021/acsomega.8b00737

8. Seung-Woo Lee, Ji-Won Park, Young-Eun Kwon, Soyon Kim, Hyun-Joong Kim, Eon-Ah Kim, Hang-Soo Woo, Jolanta Swiderska, Optical properties and UV-curing behaviors of optically clear semi-interpenetrated structured acrylic pressure sensitive adhesives, International Journal of Adhesion and Adhesives, Volume 38, 2012, Pages 5-10, ISSN 0143-7496, https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2012.04.002.

9. Cho-Hee Park, Seong-Ju Lee, Tae-Hyung Lee, Hyun-Joong Kim, Characterization of an acrylic polymer under hygrothermal aging as an optically clear adhesive for touch screen panels, International Journal of Adhesion and Adhesives, Volume 63, 2015, Pages 137-144, ISSN 0143-7496, https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2015.08.012

10. J. H. Lee, M. H. Myung, M. J. Baek, H.-S. Kim, D. W. Lee, Effects of monomer functionality on physical properties of 2-ethylhexyl acrylate based stretchable pressure sensitive adhesives, Polymer Testing, Volume 76, 2019, Pages 305-311, ISSN 0142-9418, https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2019.03.033.

11. S. Siengchin, J. Karger-Kocsis, Mechanical and stress relaxation behavior of Santoprene® thermoplastic elastomer/boehmite alumina nanocomposites produced by water-mediated and direct melt compounding, Composites Part A: Applied Science and Manufacturing, Volume 41, Issue 6, 2010, Pages 768-773, ISSN 1359-835X, https://doi.org/10.1016/j.compositesa.2010.02.009.

12. Jung-Hun Lee, Tae-Hyung Lee, Kyu-Sung Shim, Ji-Won Park, Hyun-Joong Kim, Youngdo Kim, Soyoun Jung, Effect of crosslinking density on adhesion performance and flexibility properties of acrylic pressure sensitive adhesives for flexible display applications, International Journal of Adhesion and Adhesives, Volume 74, 2017, Pages 137-143, ISSN 0143-7496, https://doi.org/10.1016/j.ijadhadh.2017.01.005.

13. Дж. Ли, Т. Ли, К. Шим, Дж. Пак, Х. Ким, Ю. Ким Характеристики адгезии и восстановления силиконовых ПСА с платиновым катализатором при различных температурных условиях для гибких дисплеев Mater. Lett., 208 (2017), стр. 86-88, 10.1016/j.matlet.2017.05.042

14. C. Piedrahita, V. Kusuma, H. B. Nulwala, Th. Kyu, Highly conductive, flexible polymer electrolyte membrane based on poly(ethylene glycol) diacrylate-co-

ISSN 3030-3907

thiosiloxane network, Solid State Ionics, Volume 322, 2018, Pages 61-68, ISSN 0167-2738, https://doi.org/10.1016/j.ssi.2018.05.006.

15. Y. Han, Z. Gong, R. Zhou, W. Li, J. Shi, J. Hu, Enhanced adhesion to low-surface-energy substrates using polyurethane acrylate/polyacrylate interpenetrating network pressure-sensitive adhesives, Progress in Organic Coatings, Volume 206, 2025, 109376, ISSN 0300-9440, https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2025.109376.

16. I. Razquin, I. Hidalgo-Gallardo, H. Balda-Intxaurraga, L. Martin, I. Otaegi, L. Irusta, A. Gonzalez UV-curable non-isocyanate polyurethane/acrylate (NIPUA) hybrid coatings via transurethanization: A sustainable approach, Progress in Organic Coatings, Volume 214, 2026, 109989, ISSN 0300-9440, https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2026.109989.

ISSN 3030-3907

POLIMERLARNI QAYTA ISHLAShDA ULARNING TEXNOLOGIK XOSSALARINI TADQIQ QILISH

Beknazarov Elyor Murodovich
Iqtisodiyot va pedagogika universiteti dotsent
E-mail:beknazarovelyor1402@gmail.com

Annotatsiya. Turli xil kimyoviy tarkib va tabiatga ega bo‘lgan polimer chiqindilarini polivinilxlorid (PVX) kompozitsiyasi bilan aralashtirib, plastifitsirlangan ikkilamchi mahsulotlar ishlab chiqarish jarayonida erigan polimer aralashmalarini qayta ishlash vaqtida polimer kompozitsion materiallarning fizik-kimyoviy, texnologik va ekspluatatsion xossalariga qanday ta’sir etish mexanizmi bugungi kunda juda kam o‘rganilgan. Ushbu maqolada ikkilamchi polietilen (PE), polipropilen (PP) va polivinilxlorid (PVX) asosidagi aralash holdagi texnologik chiqindilardan texnik maqsadlar uchun ishlatiladigan mahsulotlar olishda kompozitsiya tarkibiga maqsadli qo‘shimchalar qo‘shib, qayta ishlashning optimal sharoitlarida kerakli xossalarga ega bo‘lgan materiallar olishda texnologik ko‘rsatkichlarni o‘rganish bilan bog‘liq tadqiqot natijalari bayon qilingan. Shuningdek olingan namunalarning texnologik xossalari zamonaviy tekshirish usullari bilan aniqlangan va muhim xulosalar berilgan.

Kalit so‘zlar: plastifikator, stabilizator, qovushoq-oquvchanlik ko‘rsatkich, termik barqarorlik, plastikatsiyalanish vaqti, soapstok, dioktilftalat.

Abstract. The mechanism of influence on the physicochemical, technological and operational properties of polymer composite materials during the processing of molten polymer mixtures during the production of plasticized secondary products by mixing polymer wastes of different chemical composition and nature with polyvinyl chloride (PVC) composition has been studied very little today. This article presents the results of research on the study of technological indicators in obtaining products used for technical purposes from mixed technological wastes based on secondary polyethylene (PE), polypropylene (PP) and polyvinyl chloride (PVC) by adding targeted additives to the composition and obtaining materials with the required properties under optimal processing conditions. Also, the technological properties of the obtained samples were determined by modern testing methods and important conclusions were given.

Keywords: plasticizer, stabilizer, viscosity-flow index, thermal stability, plasticization time, soapstock, dioctylphthalate.

Аннотация. Механизм влияния на физико-химические, технологические и эксплуатационные свойства полимерных композитных материалов при переработке расплавленных полимерных смесей в процессе производства пластифицированных вторичных продуктов путем смешивания полимерных

ISSN 3030-3907

отходов различного химического состава и природы с составом поливинилхлорида (ПВХ) до настоящего времени изучен крайне мало. В данной статье представлены результаты исследования технологических показателей получения изделий технического назначения из смешанных технологических отходов на основе вторичного полиэтилена (ПЭ), полипропилена (ПП) и поливинилхлорида (ПВХ) с добавлением целевых добавок в состав и получением материалов с требуемыми свойствами в оптимальных условиях переработки. Также были определены технологические свойства полученных образцов с помощью современных методов испытаний и сделаны важные выводы.

Ключевые слова: пластификатор, стабилизатор, вязкость-текучесть, термическая стабильность, время пластификации, мыльный осадок, диоктилфталат.

KIRISH.

PVX xom-ashyosini aralash holdagi polimer chiqindilari bilan har xil miqdoriy nisbatlarda modifikatsiyalab, plastifitsirlangan ikkilamchi polimer kompozitsion materiallar ishlab chiqarish texnologiyasi hamda ularni qayta ishlash davrida polimer materiallarida kechadigan fizik-kimyoviy qonuniyatlar, materiallarning fizik-mexanik, ekspluatatsion xossalarini tadqiq qilish bo‘yicha Minsker K.S., Marin A.P., Fatxullaev E., Djalilov A.T., La Mantia F.P., Kirsh I.A., Chalых T.I., Aliev A.D., Pomogova D.A., V.N. Kuleznev, Kerber M. L., Vinogradov V. M., Golovkin G. S., Выstrov G.A., Buryak V.P., V.V.Ananev, Krыjanovskiy V. K., Kuperman A. M., Xans svayfel, Rolf Do Maer, Mixael Shiller kabi olimlar tomonidan anchagina ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilgan.

Ilmiy izlanishlari natijasida ushbu olimlar tomonidan PVX xom-ashyosini aralash polimer chiqindilari bilan har xil miqdoriy nisbatlarda modifikatsiyalab, plastifitsirlangan ikkilamchi polimer kompozitsion materiallar olishning turli texnologik usullari, olish jarayonlariga turli xil texnologik omillarning ta’siri shuningdek, olingan polimer kompozitsion materiallarni qurilish materiallari sanoatida va boshqa ko‘pgina sohalarda ishlatishni tavsiya etishgan.

Ayni paytda, mahalliy ikkilamchi polimer xomashyo chiqindilari va sanoat mahsulotlari asosida plastifitsirlangan polimer kompozitsion materiallarning turlarini yanada kengaytirish maqsadida 2019 yil dekabr oyidan boshlab Navoiy shahrida ishlab chiqarilayotgan mahalliy xom-ashyo PVX ni boshqa turdagi ikkilamchi chiqindilar bilan modifikatsiyalab, plastifitsirlangan polimer kompozitsion materiallar ishlab chiqarishning samarali texnologiyalarini yaratish va amaliyotda qo‘llash bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda.

ISSN 3030-3907

Turli xil kimyoviy tarkib va tabiatga ega bo‘lgan polimer chiqindilarini PVX kompozitsiyasi bilan aralashtirib, plastifitsirlangan ikkilamchi mahsulotlar ishlab chiqarish jarayonida erigan polimer aralashmalarini qayta ishlash vaqtida polimer kompozitsion materiallarning fizik-kimyoviy, texnologik va ekspluatatsion xossalariga qanday ta’sir etish mexanizmi bugungi kunda juda kam o‘rganilgan.

Eksperimental qism. Ikkilamchi polimerlarning texnologik xossalari. Ushbu maqolada ikkilamchi polietilen (PE), polipropilen (PP) va polivinilxlorid (PVX) asosidagi aralash holdagi texnologik chiqindilardan texnik maqsadlar uchun ishlatiladigan mahsulotlar olishda kompozitsiya tarkibiga maqsadli qo‘shimchalar qo‘shib, qayta ishlashning optimal sharoitlarida kerakli xossalarga ega bo‘lgan materiallar olishda texnologik ko‘rsatkichlarni o‘rganish bilan bog‘liq tadqiqot natijalari bayon qilingan.

Ikkilamchi PE, PP va PVX asosidagi materiallarning texnologik xossalari qo‘llanilayotgan plastifikatorlarning tabiatiga sezilarli darajada bog‘liq bo‘ladi. Plastifikatsiya qilinmagan polimer materiali bilan taqqoslab ko‘rilganda, plastifikatsiya jarayoni materialni yetarli darajada yumshatib, uning absolyut qoldiq deformatsiyasini oshiradi. Plastifitsirlanmagan va soapstok yoki ftalatli plastifikatorlar bilan plastifikatsiya qilingan ikkilamchi polimer materialini bir-biri bilan taqqoslaganda ularning suv shimuvchanligi, mustahkamligi va cho‘zilishdagi nisbiy uzayishi bir-biridan keskin farq qiladi. Shuning uchun ham ftalatli plastifikatorlar, jumladan dioktilftalat (DOF) va soapstok aralash holdagi ikkilamchi PE, PP va PVX asosidagi materiallar uchun juda yaxshi texnologik, fizik-mexanik ko‘rsatkichlarni namoyon qiladi [1-4].

Tadqiqot natijalari shu narsani ko‘rsatdiki, ikkilamchi PE, PP va PVX asosidagi materiallarni qayta ishlashda DOF va soapstok eng samarali plastifikator hisoblanib, uning miqdori (massa ulushi) 10-13% gacha qo‘shilganda boshqa plastifikatorlarga nisbatan eng yuqori ko‘rsatkichlarni namoyon qiladi.

Quyidagi 1-jadvalda taqqoslash uchun birlamchi va ikkilamchi hamda aralash polimerlarning termik barqarorligi, oquvchanlik (PTR) ko‘rsatkichi va plastikatsiyalanish vaqtlari keltirilgan:

1-Jadval

Ikkilamchi aralash polimerlarni qayta ishlash davrida texnologik xossalarining o‘zgarishi

№	Ikkilamchi aralash polimerlarning nomlari va plastifikatorning nisbatlari	Termik barqarorlik, minut	Oquvchanlik ko‘rsatkichi, g/10 min.	Plastikatsiya-lanish vaqti, min.

ISSN 3030-3907

1	Ikkilamchi PE	182^0S da 60 min.	6-7	6
2	Ikkilamchi PVX	185^0S da 80 min.	3	12
3	Ikkilamchi PP	218^0S da 70 min.	6	7
4	PE, PP, PVX aralashmalari	185^0S da 72 min	3,2	9
5	PE, PVX, PP+soapstok, DOF, 1:0,1	180^0S da 70 min	3,4	7
6	PE, PVX, PP+soapstok, DOF, 1:0,3	178^0S da 69 min	4,8	6
7	PE, PVX, PP+soapstok, DOF, 1:0,5	176^0S da 67 min	5,6	5

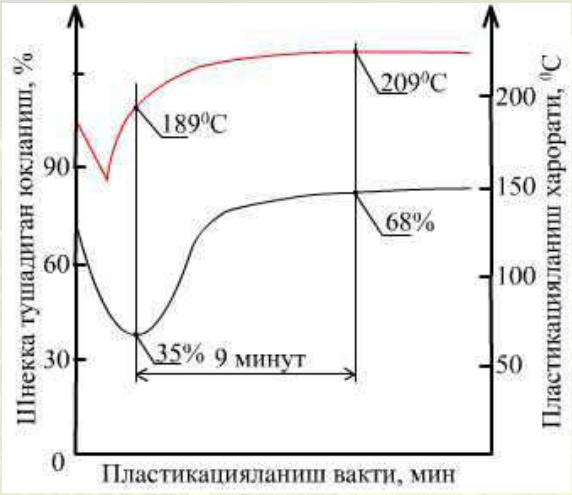
Izoh. Polimerlarning oquvchanlik (PTR) ko‘rsatkichlari Vengriyaning KEMCSÖTERMOSZTAT markali laboratoriya qurilmasida GOST-14041-68 bo‘yicha tadqiq qilindi. Termik barqarorlik va plastikatsiyalanish vaqtlari Brabender-plastograf qurilmasida aniqlandi.

Olib borilgan tadqiqotlar natijasiga ko‘ra (1-jadval) ikkilamchi PE ning qovushoq-oquvchanlik ko‘rsatkichi 182°S haroratda o‘rtacha 6-7 g/10 min. ni tashkil qilgan bo‘lsa, termik barqarorlik 60 minutni, plastikatsiyalanish vaqti esa 6 minutni tashkil qildi. Bundan ko‘rinib turibdiki, ikkilamchi PE ni qayta ishlab mahsulot olishda PE ning fizik-mexanik xossalarida o‘zgarishlar sodir bo‘ldi: mexanik mustahkamlik ma’lum darajada kamaydi, mahsulotning tashqi ko‘rinishi xiralashib, yuzasi dag‘allashdi va shularning natijasida qovushoq-oquvchan holatga 190°S haroratda emas, balki 182°S haroratda yetganda erishdi, oquvchanlik ko‘rsatkichi esa 6-7 g/10 min. ni tashkil qildi. Xuddi shuningdek, qolgan ikkilamchi polimerlar: PP va PVX larda ham xuddi shunday holatlarni ko‘zatish mumkin. Demak, polimer chiqindilarini har takror qayta ishlaganda ikkilamchi materialning xossalariga salbiy ta’sir qilib, texnologik va fizik-mexanik xossalari shuncha yomonlashib boraveradi.

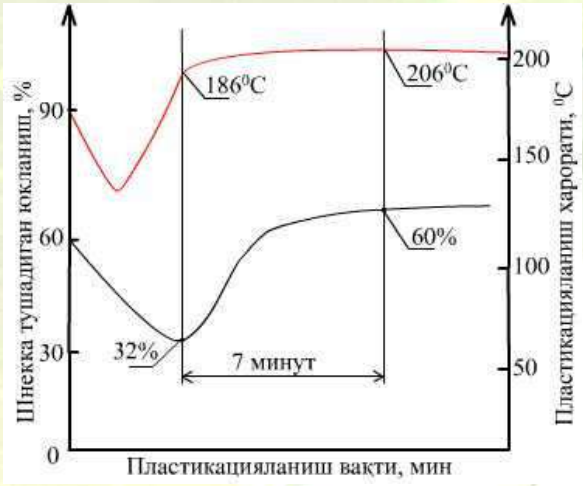
Ikkilamchi polimer materiallarining fizik-mexanik xossalarini oshirish maqsadida ularning tarkibiga turli xildagi modifikatorlar qo‘shiladi. Samarali qo‘shimcha modifikatorlar sifatida kimyoviy tabiati boshqacha bo‘lgan modifitsirlovchi qo‘shimchalardan foydalaniladi. Bular ikkilamchi materiallarni olishda qayta ishlashni osonlashtirib, kompozitsiyaning tannarxini kamaytiradi [5].

Quyidagi 1,2-rasmlarda ikkilamchi PE, PP va PVX asosidagi materiallarning Brabender-plastograf qurilmasida olingan natijalari keltirilgan:

ISSN 3030-3907



1-rasm. Ikkilamchi PE, PP, PVX aralashmalarining plastogrammasi



2-rasm. Ikkilamchi PE, PVX, PP+soapstok, DOF (1:0,1) aralashmalarining plastogrammasi

1-rasmdagi plastogrammada ikkilamchi PE, PP, PVX aralashmalarining to‘liq qovushoq-oquvchan holatga erishguncha ketgan vaqt 9 minutni tashkil qilgan bo‘lsa, Brabender shnekiga tushadigan yuklanish (nagruzka) plastikatsiya boshlanish vaqtida 35% va to‘liq plastikatsiya vaqtida esa 68% ni tashkil etadi. Kompozitsiyaning 189^0S dagi termik barqarorligi 72 minutni, qovushoq oquvchanlik ko‘rsatkichi esa (PTR) 3,2 g/10 min. ni tashkil etdi.

2-rasmdagi plastogrammada ikkilamchi PE, PP, PVX + soapstok, DOF (1:0,1) aralashmalarining to‘liq qovushoq-oquvchan holatga erishguncha ketgan vaqt 7 minutni tashkil qilgan bo‘lsa, Brabender shnekiga tushadigan yuklanish (nagruzka) plastikatsiya boshlanish vaqtida 32% va to‘liq plastikatsiya vaqtida esa 60% ni tashkil etadi. Kompozitsiyaning 186^0S dagi termik barqarorligi 70 minutni, qovushoq oquvchanlik ko‘rsatkichi esa (PTR) 3,4 g/10 min. ni tashkil etdi.

Quyidagi 3, 4-rasmlarda ikkilamchi PE, PP, PVX + soapstok, DOF asosidagi materiallarning Brabender-plastograf qurilmasida olingan natijalari keltirilgan:

3-rasmdagi plastogrammada ikkilamchi PE, PP, PVX + soapstok, DOF (1:0,3) aralashmalarining to‘liq qovushoq-oquvchan holatga erishguncha ketgan vaqt 6 minutni tashkil qilgan bo‘lsa, Brabender shnekiga tushadigan yuklanish (nagruzka) plastikatsiya boshlanish vaqtida 28% va to‘liq plastikatsiya vaqtida esa 57% ni tashkil etadi. Kompozitsiyaning 186^0S dagi termik barqarorligi 69 minutni, qovushoq oquvchanlik ko‘rsatkichi esa (PTR) 4,8 g/10 min. ni tashkil etdi.

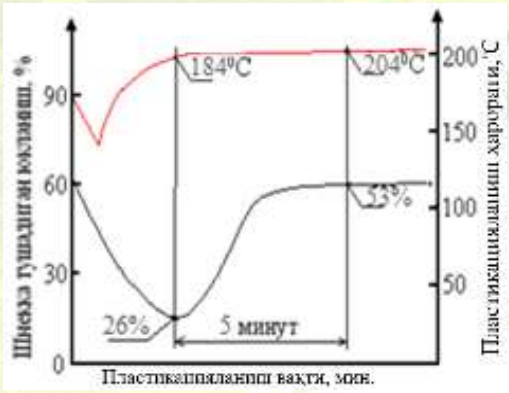
4-rasmdagi plastogrammada ikkilamchi PE, PP, PVX + soapstok, DOF (1:0,5) aralashmalarining to‘liq qovushoq-oquvchan holatga erishguncha ketgan vaqt 5 minutni tashkil qilgan bo‘lsa, Brabender shnekiga tushadigan yuklanish (nagruzka) plastikatsiya boshlanish vaqtida 26% va to‘liq plastikatsiya vaqtida esa

ISSN 3030-3907

53% ni tashkil etadi. Kompozitsiyaning 184^0S dagi termik barqarorligi 67 minutni, qovushoq oquvchanlik ko‘rsatkichi esa (PTR) 5,6 g/10 min. ni tashkil etdi.



3-rasm. Ikkilamchi PE, PVX, PP+soapstok, DOF (1:0,3) aralashmalarining plastogrammasi



4-rasm. Ikkilamchi PE, PVX, PP+soapstok, DOF (1:0,5) aralashmalarining plastogrammasi

Bundan shunday xulosaga kelish mumkinki, yuqoridagi ikkilamchi PE, PP, PVX + soapstok, DOF (1:0,3) aralashmalari plastifitsirlangan kompozitsion polimer materiallari olish uchun eng optimal variant hisoblanadi. Chunki ushbu retseptura bo‘yicha olingan kompozitsion polimer materiali namunalarining fizik-mexanik va texnologik ko‘rsatkichlari ham talablarga to‘liq javob beradi.

XULOSA. Demak, soapstok bilan dioktilftalat (DOF) bilan plastifitsirlangan ikkilamchi xom-ashyo: polietilen, polipropilen va PVX aralashmalaridan texnik maqsadlar uchun turli xildagi mahsulotlar ishlab chiqarish va foydalanish mumkin.

Ikkilamchi PE, PP va PVX chiqindilarini qayta ishlash texnologik ko‘rsatkichlarini tadqiq qilish natijasida shunday xulosaga kelish mumkin: PE va PP uchun oquvchanlik ko‘rsatkichi 1 g/10 min. dan katta bo‘lsa ekstruziya usuli bilan qayta ishlanadi, oquvchanlik ko‘rsatkichi 2,5 g/10 min. dan 4 g/10 min. gacha bo‘lsa puflash usuli bilan va 3 g/10 min. hamda undan katta qiymatga ega bo‘lsa bosim ostida quyish usuli bilan qayta ishlanadi.

PVX uchun esa oquvchanlik ko‘rsatkichi 0,5 g/10 min. dan katta bo‘lsa ekstruziya usuli bilan qayta ishlanadi, oquvchanlik ko‘rsatkichi 3 g/10 min. dan 5 g/10 min. gacha bo‘lsa puflash usuli bilan va 5 g/10 min. hamda undan katta qiymatga ega bo‘lsa bosim ostida quyish usuli bilan qayta ishlanadi.

Shunday qilib, ikkilamchi poliolefin va PVX dan polimer materiallari olish maqsadga muvofiq bo‘lib, ular ba’zi bir ko‘rsatkichlari (mustahkamlik, elastiklik moduli, qattiqlik) bo‘yicha birlamchi materiallardan farq qilmaydi, hatto ulardan ustun turadi. Shuningdek, bu iqtisodiy jihatdan ham foydalidir.

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR

1. С. Ш. Лутфуллаев, Э. М. Бекназаров. Исследование физико-химических и механических свойств полимеров из промышленных отходов при их вторичной переработке. Universum: технические науки. 2021. 12-4 (93). 80-83.
2. Э. М. Бекназаров, С. Ш. Лутфуллаев, Ф. М. Сайдалов. Исследование ик-спектры при переработке вторичных полимеров. Universum: технические науки. 2021. 5-4 (86). 24-29.
3. Э.М.Бекназаров, С.Ш.Лутфуллаев. Пластифицирланган полимер материаллари. Инновационное развитие нефтегазовой отрасли, современная энергетика и их актуальные проблем. Материалы международной конференции. 26 май, 2020 г. Ташкент, Узбекистан. стр.330-332.
5. Э.М.Бекназаров. Этеленхлоргидрин ва монохлорсирка кислотасининг этил эфирини баъзи учламчи аминлар билан реакцияларини ўрганиш. Научный Фокус. 2024. 1 (11), 319-324.
6. Э.М.Бекназаров. Натрий карбоксиметилцеллюлозадан рудани бойтишда фойдаланиш. Научный Фокус. 2024. 1 (11), 308-318.
7. Э.М.Бекназаров. Изучение механических свойств при переработке вторичных полимеров. Научный Фокус. 2024. 1 (10), 11-16.
8. ЭМ Бекназаров, СШ Лутфуллаев, ФМ Сайдалов. Иккиламчи полимерларни қайта ишлашда уларнинг технологик хоссаларини тадқиқ қилиш. Инновацион технологиялар. 2021. 3(43). 38-41.

ISSN 3030-3907

УДК 664.661:633.821

БИОСИНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СИСТЕМА «ФЕНХЕЛЬ–БАЗИЛИК» КАК АКТИВНЫЙ МОДУЛЯТОР КАЧЕСТВА И БИОКОНСЕРВАНТ В ПРОИЗВОДСТВЕ ПШЕНИЧНОГО ХЛЕБА

Рахмонов К.С.
Бухарский государственный технический университет
E-mail: qaxa8004@mail.ru
Баракаев Н.Р.
Бухарский государственный технический университет
Хомидова Л.М.
Бухарский государственный технический университет

Аннотация. В статье рассматривается концептуальный подход к замене химических консервантов в хлебопекарной промышленности биосинергетическими растительными системами. Научно обосновано использование композиции фенхеля (*Foeniculum vulgare*) и базилика (*Ocimum basilicum*) в соотношении 5:1. Установлено, что данная бинарная смесь выступает активным модулятором биохимических процессов в тесте и готовом изделии. Синергетическое взаимодействие терпенов фенхеля и фенольных соединений базилика обеспечивает выраженное антимикробное и фунгистатическое действие. Применение композиции способствует подавлению развития *Bacillus subtilis* и плесневых грибов, увеличивая латентный период микробиологической порчи хлеба до 96–120 часов. Использование растительной системы «фенхель–базилик» позволяет повысить микробиологическую стабильность, продлить сроки хранения и сохранить органолептические характеристики пшеничного хлеба.

Ключевые слова: биосинергетическая система, фенхель, базилик, антимикробное действие, антиоксидант, ФИЦ-индекс, гликемический индекс, пшеничный хлеб, срок хранения.

Annotation. The article examines the conceptual approach to replacing chemical preservatives in the baking industry with biosynergetic plant systems. The use of a composition of fennel (Foeniculum vulgare) and basil (Ocimum basilicum) in a 5:1 ratio is scientifically substantiated. It was established that this binary mixture acts as an active modulator of biochemical processes in the dough and finished product. The synergistic interaction of fennel terpenes and basil phenolic compounds provides a pronounced antimicrobial and fungostatic effect. The use of the composition contributes to the suppression of the development of Bacillus subtilis and mold fungi, increasing the latent period of microbiological spoilage of bread to 96-120 hours. Using the "fennel-basil" plant system allows for increased

ISSN 3030-3907

microbiological stability, extended shelf life, and preserved organoleptic characteristics of wheat bread.

Keywords: biosynergetic system, fennel, basil, antimicrobial action, antioxidant, FIC index, glycemic index, wheat bread, shelf life.

Annotatsiya. Maqolada novvoylik sanoatida kimyoviy konservantlarni biosinergetik o‘simlik tizimlari bilan almashtirishning konseptual yondashuvi ko‘rib chiqilgan. Fenxel (Foeniculum vulgare) va rayhon (Ocimum basilicum) kompozitsiyalarini 5:1 nisbatda qo‘llash ilmiy asoslandi. Ushbu binar aralashma xamir va tayyor mahsulotdagi biokimyoviy jarayonlarning faol modulyatori ekanligi aniqlandi. Fenxel terpenlari va rayhon fenol birikmalarining sinergik o‘zaro ta’siri yaqqol antimikrob va fungistatik ta’sirni ta’minlaydi. Kompozitsiyani qo‘llash Bacillus subtilis va mog‘or zamburug‘larining rivojlanishini to‘xtatishga yordam beradi, nonning mikrobiologik buzilishining yashirin davrini 96-120 soatgacha oshiradi. “Fenxel-rayhon” o‘simlik tizimidan foydalanish bug‘doy nonining mikrobiologik barqarorligini oshirish, saqlash muddatini uzaytirish va organoleptik xususiyatlarini saqlab qolish imkonini beradi.

Kalit so`zlar: biosinergetik tizim, fenxel, rayhon, antimikrob ta’sir, antioksidant, FIS indeksi, glikemik indeks, bug‘doy noni, saqlash muddati.

ВВЕДЕНИЕ

Современные тенденции развития хлебопекарной промышленности направлены на снижение использования синтетических консервантов и внедрение природных биоконсервационных систем. Одним из перспективных направлений является применение биологически активных веществ растительного происхождения, обладающих антимикробной и антиоксидантной активностью.

Пряно-ароматические растения являются важным источником вторичных метаболитов - терпеноидов, фенольных соединений и флавоноидов, способных подавлять рост патогенных микроорганизмов и микроскопических грибов, вызывающих порчу пищевых продуктов [1, с. 224-230].

Фенхель (Foeniculum vulgare) содержит значительное количество эфирных масел, основными компонентами которых являются анетол, лимонен и фенхон. Данные соединения обладают выраженной антимикробной и фунгистатической активностью и способны ингибировать развитие различных бактерий и микроскопических грибов [2, с. 1574-1583].

Базилик (Ocimum basilicum) характеризуется высоким содержанием фенольных соединений и эфирных масел, включая линалоол, эвгенол и 1,8-цинеол, проявляющих выраженные антибактериальные свойства и

ISSN 3030-3907

способных ингибировать рост патогенной микрофлоры в пищевых системах [3, с. 1200-1204].

В хлебопекарной промышленности особую проблему представляет развитие картофельной болезни хлеба, вызываемой бактериями рода *Bacillus*, прежде всего *Bacillus subtilis*. Данные микроорганизмы способны сохраняться в муке в форме спор и активироваться в процессе хранения хлебобулочных изделий, вызывая их микробиологическую порчу [4, с. 109-116].

Объектом исследования являлся хлеб из пшеничной муки первого сорта. В качестве биорегуляторов применялась композитная смесь порошков фенхеля (*Foeniculum vulgare*) и базилика (*Ocimum basilicum*). Контрольным образцом служил пшеничный хлеб первого сорта без добавок.

Для определения оптимального соотношения компонентов были исследованы различные модели бинарных смесей растительных антимикробных регуляторов.

Анализ вариативности соотношений компонентов проводился на трех основных моделях бинарных смесей фенхеля и базилика (табл.).

Таблица 1

Влияние соотношения фенхеля и базилика на биохимическую направленность и качество хлеба

Соотношение Ф : Б	*Биохимическая направленность*	*Результат воздействия на хлеб*
1 : 1	Равновесная концентрация анетола и эвгенола	Избыточно выраженный аромат базилика; частичное подавление активности дрожжей, снижение объёма хлеба
1 : 5	Доминирование базилика (эвгенол, линалоол)	Высокая антибактериальная активность, но слабый фунгистатический эффект; быстрое появление плесени
5 : 1	Доминирование фенхеля (терпены) при поддержке флавоноидов базилика	***Оптимальный синергизм***: высокая защита от картофельной болезни и плесени при сохранении органолептики

Синергетическое взаимодействие фенхеля и базилика обусловлено комплементарным механизмом действия их биологически активных

ISSN 3030-3907

компонентов. Терпеноидные соединения фенхеля способны нарушать структурную целостность клеточных мембран микроорганизмов, увеличивая их проницаемость и вызывая утечку внутриклеточных компонентов. Это повышает чувствительность микроорганизмов к другим антимикробным соединениям [5,с.1283].

Фенхель характеризуется высоким содержанием ароматических терпенов, обладающих выраженной фунгистатической активностью. Исследования показывают, что эфирное масло фенхеля эффективно ингибирует развитие Bacillus subtilis и микроскопических грибов родов Aspergillus и Penicillium, являющихся основными возбудителями плесневения хлебобулочных изделий [6,с.832-836].

Фенольные соединения базилика, прежде всего эвгенол, обладают способностью проникать через клеточные мембраны микроорганизмов и ингибировать ферментные системы, участвующие в энергетическом обмене и синтезе клеточных структур [3,с.1200-1204].

Сочетание указанных механизмов приводит к формированию синергетического антимикробного эффекта, значительно превышающего суммарное действие отдельных компонентов [1,с.227]. Высокая концентрация фенхеля формирует основной антимикробный барьер, тогда как фенольные соединения базилика усиливают антибактериальное действие в отношении спорообразующих бактерий [2,с.1581].

Помимо антимикробного действия, растительные метаболиты оказывают выраженное антиоксидантное влияние на пищевые системы. Фенольные соединения способны связывать свободные радикалы и замедлять процессы окислительной порчи липидов, что способствует стабилизации цвета и структуры мякиша хлеба при хранении [5,с.1288]. Кроме того, биологически активные вещества ПАР могут влиять на ферментативную активность микрофлоры теста, способствуя накоплению органических кислот и улучшению структурно-механических свойств хлеба [4,с.114-115].

Для количественной оценки взаимодействия фенхеля и базилика использован расчет индекса фракционной ингибирующей концентрации (FIC index) [7,с.1-10].

Индекс ФИК (FIC_{index}) рассчитывается по формуле 1:

$$FIC_{index} = \frac{MIC_{A(B)}}{MIC_A} + \frac{MIC_{B(A)}}{MIC_B} \quad (1)$$

ISSN 3030-3907

где: MIC_A и MIC_B - минимальные ингибирующие концентрации фенхеля и базилика по отдельности; $MIC_{A(B)}$ и $MIC_{B(A)}$ — концентрации компонентов в их совместной смеси, обеспечивающие тот же антимикробный эффект.

Интерпретация результатов:

- $FIC_{index} \leq 0,5$ - ***синергизм*** (взаимное усиление);
- $0,5 < FIC_{index} \leq 1,0$ - аддитивный эффект (простое сложение);
- $FIC_{index} > 4,0$ - антагонизм (подавление действия друг друга).

При экспериментальном анализе композиции 5:1 значение FIC_{index} составило 0,42, что математически доказывает наличие синергического взаимодействия между терпенами фенхеля и фенолами базилика в отношении *Bacillus subtilis*.

Влияние композиции на сохранность хлеба описывается логистическим уравнением (2) роста микроорганизмов, где время задержки (латентная фаза) λ увеличивается при введении ПАР:

$$N(t) = \frac{N_{max}}{1 + \left(\frac{N_{max} - N_0}{N_0}\right) \cdot e^{-\mu(t-\lambda)}} \quad (2)$$

где: N(t) - количество микроорганизмов в момент времени t;

λ - латентный период (время до появления признаков болезни или плесени);

μ - удельная скорость роста популяции.

При использовании композиции фенхель : базилик (5:1) латентный период λ увеличивается до 96-120 ч, что математически обосновывает продление свежести изделия в 4-5 раз. В контрольном образце (без добавок) λ=24 ч.

Фенхель и базилик оказывают комплексное воздействие на технологические и биохимические процессы производства хлеба (рис.):

Антимикробное действие:

➢ ингибирование развитие спор Bacillus subtilis и плесневых грибов;

➢ синергетическая комбинация 5:1 расширяет спектр антимикробной активности за счет комплементарного действия различных классов соединений.

Антиоксидантная стабилизация:

➢ фенольные соединения связывают свободные радикалы и замедляют процессы окислительной порчи липидов;

➢ предотвращается ухудшение органолептических свойств при хранении [5, с. 208-212].

Биохимическая регуляция:

ISSN 3030-3907

➢ растительные метаболиты выступают модуляторами ферментативной активности микрофлоры мучных полуфабрикатов;

➢ усиливается образование органических кислот и бактериоцинов;

➢ стабилизируются структурно-механические свойства мякиша, повышаются пористость и удельный объем [6, с.109-116].



Рисунок-1 Механизмы действия композиции фенхеля и базилика (5:1) при биологической стабилизации пшеничного хлеба.

Соотношение 5 : 1 позволяет избежать избыточного аромата пряностей. Фенхель придаёт изделию мягкий сладковато-пряный оттенок, а небольшая доля базилика гармонизирует ароматический профиль без негативного влияния на органолептические характеристики хлеба.

Математическое моделирование подтверждает, что данное соотношение обеспечивает минимальное значение индекса FIC и максимальный синергетический эффект при минимальной общей концентрации добавок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Полученные результаты позволяют рассматривать композицию «фенхель-базилик» как перспективную *биосинергетическую систему* для хлебопекарной промышленности.

ISSN 3030-3907

Установлено, что оптимальное соотношение компонентов **5:1** обеспечивает выраженный синергетический антимикробный эффект при сохранении технологических и органолептических характеристик пшеничного хлеба.

Введение данной композиции способствует подавлению развития спорообразующих бактерий рода Bacillus и микроскопических грибов, увеличивая латентный период микробиологической порчи хлеба до 96–120 часов**.** Растительные метаболиты выполняют не только антимикробную функцию, но и выступают регуляторами биохимических процессов теста, влияя на ферментативную активность микрофлоры и структурно-механические свойства мякиша.

Таким образом, использование биосинергетической системы «фенхель-базилик» может рассматриваться как эффективная стратегия разработки функциональных хлебобулочных изделий с повышенной микробиологической стабильностью и сниженным использованием химических консервантов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Lixandru B.E. Antimicrobial activity of plant essential oils against bacterial and fungal species involved in food poisoning and food decay/ B.E.Lixandru, N.O.Drăcea, C.C. Dragomirescu [et al.]// Roumanian Archives of Microbiology and Immunology. - 2010. - Vol. 69, № 4. - Pp. 224–230.
2. Rather M.A. Foeniculum vulgare: A comprehensive review of its traditional use, phytochemistry, pharmacology and safety/ M.A.Rather, B.A. Dar, S.N. Sofi [et al.]// Arabian Journal of Chemistry**.** - 2016. - Vol. 9. - Pp. 1574–1583.
3. Rattanachaikunsopon P. Antimicrobial activity of basil (*Ocimum basilicum*) oil against Salmonella enteritidis in vitro and in food/ P. Rattanachaikunsopon, P. Phumkhachorn// Bioscience, Biotechnology and Biochemistry. - 2010. - Vol. 74, № 6. - P. 1200–1204.
4. Díaz-Maroto M.C. Chemical composition and antimicrobial activity of essential oils from fennel (*Foeniculum vulgare*)/ M.C. Díaz-Maroto, M.S. Pérez-Coello, M.D. Cabezudo // Food Control. - 2014. - Vol. 35. - P.109–116.
5. Roby M.H.H. Evaluation of antioxidant and antimicrobial activities of essential oils from spices/ M.H.H. Roby, M.A. Sarhan, K.A.H. Selim, K.I. Khalel // International Journal of Molecular Sciences**.** - 2017. - Vol.18, № 6.- Pp. 1283.
6. Aprotosoaie A.C. In vitro antimicrobial activity and chemical composition of the essential oil of Foeniculum vulgare/ A.C.Aprotosoaie, M. Hăncianu, A. Poiată [et al.]// Revista Medico-Chirurgicala a Societatii de Medici si Naturalisti din Iasi. - 2008. - Vol. 112, № 3. - Pp. 832–836.

ISSN 3030-3907

7. Elkiran O. Chemical profiles and antimicrobial activities of essential oil from different plant parts of Foeniculum vulgare/ O. Elkiran, O. Telhuner// Food Science & Nutrition. - 2025. - Vol.13. - Pp. 1–10.

ISSN 3030-3907

NEYRON TARMOQLARIGA ASOSLANGAN PAKETLARNI DINAMIK FILTRLASH USULI VA ALGORITMI

Tashev Sarvar Norboboyevich
Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti katta o‘qituvchi, Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: sarvar.tashev@gmail.com

Annotatsiya. Mazkur maqolada tarmoq trafigini aniqlash va filtrlash uchun neyron tarmoqlariga asoslangan paketlarni dinamik filtrlash usuli taklif etilgan. Tadqiqotda CNN, Deep Autoencoder va DNN elementlarini birlashtirgan CAPC modeli ishlab chiqilgan. Model paketlarning bayt darajasidagi xususiyatlarini tahlil qilib, xizmat trafigini tasniflaydi hamda zararli va foydali trafikni aniqlaydi. Trafik ma’lumotlari Wireshark orqali yig‘ilib, oldindan qayta ishlanadi va normallashtiriladi. Tajribalar natijasida taklif etilgan model mavjud modellarga nisbatan yuqori samaradorlikni ko‘rsatgan.

Kalit so‘zlar: Neyron tarmoqlar, mashinali o‘qitish, paketlarni filtrlash, CAPC modeli, tarmoq trafigi, trafik tasnifi, SDN, tarmoq xavfsizligi.

Abstract. This paper proposes a neural network-based dynamic packet filtering method for network traffic detection and filtering. In this study, a CAPC model combining CNN, Deep Autoencoder, and DNN elements is developed. The model analyzes byte-level characteristics of packets to classify service traffic and detect both malicious and legitimate traffic. Network traffic data are collected using Wireshark and then undergo preprocessing and normalization. Experimental results show that the proposed model demonstrates higher efficiency compared to existing models.

Keywords: neural networks, machine learning, packet filtering, CAPC model, network traffic, traffic classification, SDN, network security.

Аннотация. В данной статье предложен метод динамической фильтрации пакетов на основе нейронных сетей для обнаружения и фильтрации сетевого трафика. В исследовании разработана модель CAPC, объединяющая элементы CNN, Deep Autoencoder и DNN. Модель анализирует байтовые характеристики пакетов и выполняет классификацию сервисного трафика, а также выявляет вредоносный и легитимный трафик. Данные сетевого трафика собираются с помощью Wireshark, после чего проходят этапы предварительной обработки и нормализации. Результаты экспериментов показали, что предложенная модель демонстрирует более высокую эффективность по сравнению с существующими моделями.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: нейронные сети, машинное обучение, фильтрация пакетов, модель CAPC, сетевой трафик, классификация трафика, SDN, информационная безопасность сети.

KIRISH.

So‘ngi yillarda mashinali o‘qitish (MO‘) usullari tarmoq xavfsizligini ta’minlash masalalarini hal qilishda keng qo‘llanila boshladi. Mashinali o‘qitish tarmoq trafigini tahlillash va tasniflash uchun istiqbolli texnika sifatida qaralmoqda[1].

Mashinali o‘qitishga asoslangan usullar oldindan belgilangan qoidalar asosida tarmoq trafigini tahlillaydigan paketlarni teran tekshiruviga (DPI) qaraganda ilovalar paketlari yoki trafik oqimlaridagi yashirin xususiyatlarni tahlil qila oladi. Mashinali o‘qitishdagi neyron tarmoq modellarining konvergensiya (yaqinlashish) vaqti grafik protsessor (GPU) texnologiyasining tez rivojlanishi tufayli sezilarli darajada qisqardi va bu esa parallel hisoblash jarayonini ancha tezlashtirdi [2].

Xususan, teran o‘qitish paradigmasi neyron tarmoqlar turli sohalarda keng qo‘llanilmoqda. Ko‘plab teran o‘qitish modellari taklif etilgan bo‘lib, ularga trafikni qayta ishlashda ishlatiladigan konvolyutsiyon neyron tarmoqlar (CNN) va semantik tahlilda qo‘llaniladigan rekurrent neyron tarmoqlar (RNN) kiradi.

ADABIYOTLAR TAHLILI.

Teran o‘qitishning muhim tarkibiy qismi sifatida konvolyutsiyali neyron tarmoqlar ayniqsa tasvirni tanib olishda keng qo‘llanilib, ba’zida inson salohiyatidan ham ustun natijalarga erishmoqda. Konvolyutsiyali neyron tarmoqlarning tasvirni aniqlashdagi muvaffaqiyati tarmoq trafigini tasniflashda konvolyutsiyali neyron tarmoqlarining xususiyatlaridan foydalanish imkonini beradi.

Ixtiyoriy teran o‘qitish modelining qo‘llanilishi senariyga va kiritilayotgan ma’lumotlarga bog‘liq. Shu nuqtai nazardan, tarmoq paketlarining ma’lumot turi tasvirning ma’lumot turiga juda o‘xshashdir. Paketlar va tasvirlar 0 dan 255 gacha bo‘lgan bayt qiymatlaridan tashkil topgan bo‘lib, ularning asosiy farqlari faqat ma’lumot hajmi va o‘lchamlari bilan belgilanadi. Ma’lumot hajmi nuqtai nazaridan, Ethernet maydoni ma’lumot qismi (payload) maksimal 1500 bayt bo‘ladi - bu Ethernetning uzatishning maksimal birligi (MTU) bo‘yicha belgilanadi. Tasvir hajmi esa uning aniqligi, siqish formati va rangli bo‘lishiga bog‘liq. Ma’lumotlarning o‘lchamiga kelsak, paket - bu bir o‘lchamli bayt ketma-ketligi, tasvir esa ikki o‘lchamli piksellardan tashkil topgan.

Teran avtokodlovchilar (DAE - Deep Autoencoder) ko‘pincha nazoratsiz o‘qitish yoki o‘lchamni kamaytirish vazifalari uchun ishlatiladi [3]. Paketlarning

ISSN 3030-3907

kiruvchi o‘lchovi nisbatan katta bo‘lganligi sababli, tadqiqot ishida avtokodlash qo‘llanilgan. An’anaviy teran o‘qitish modellari parametrlarni tasodifiy tarzda ishga tushiradi. Har bir boshlang‘ich tasodifiy parametrlar modelning barqaror ishlashiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli, tadqiqotda avtokodlovchi paketdagi barcha baytlar orasidagi muhim ma’lumotni ajratib olish uchun foydalaniladi.

1D konvolyutsion qatlam bilan birgalikda ishlatilganda, avtokodlovchi kuchliroq kodlovchi vositaga aylanadi. Bu avtokodlovchi konvolyutsiyali neyron tarmoqlarning xususiyatlaridan foydalanib, ma’lumotni samarali tarzda ajratib oladi. Ushbu tarmoq tuzilmasi hali boshqa trafik tasniflash tadqiqotlarida qo‘llanilmagan. Kodlovchi (encoder) yaxshi boshlang‘ich parametrlar bilan mustahkam tarmoq tuzilmasi hisoblanadi. Hosil qilingan va o‘qitilgan kodlovchi paketlarni tasniflash uchun teran neyron tarmoq (DNN) klassifikatori bilan birlashtiriladi.

Yuqoridagi g‘oyalar asosida, Konvolyutsiyali avtokodlovchi paket tasniflovchi (CAPC) modeli taklif qilinadi. Bu model bir xizmatga tegishli paketlarni boshqasidan samarali farqlashga yordam beradi. Konvolyutsiyali avtokodlovchi paket tasniflovchi konvolyutsiyali neyron tarmoqlarning lokal sezish xususiyatlari, teran avtokodlovchilarning o‘lchamni kamaytirish va parametrlarni boshlang‘ich qiymatlash imkoniyatlaridan foydalanib, paketni aniq xizmat turiga tasniflaydi va shu orqali tasniflash aniqligini oshiradi. Tasniflash maqsadli ma’lumotlar to‘plami yozib olingan trafik va ISCX VPN-nonVPN-ning ochiq virtual xususiy tarmoq ma’lumotlar to‘plamini o‘z ichiga oladi.

Ushbu tadqiqotning asosiy jihatlarini quyidagicha umumlashtirish mumkin:

1D konvolyutsiya va avtokodlash kombinatsiyasiga asoslangan zamonaviy CAPC teran o‘rganish modeli ishlab chiqilgan. Paketlar aniq va umumiy tarzda foydali va zararli sifatida ajratiladi.

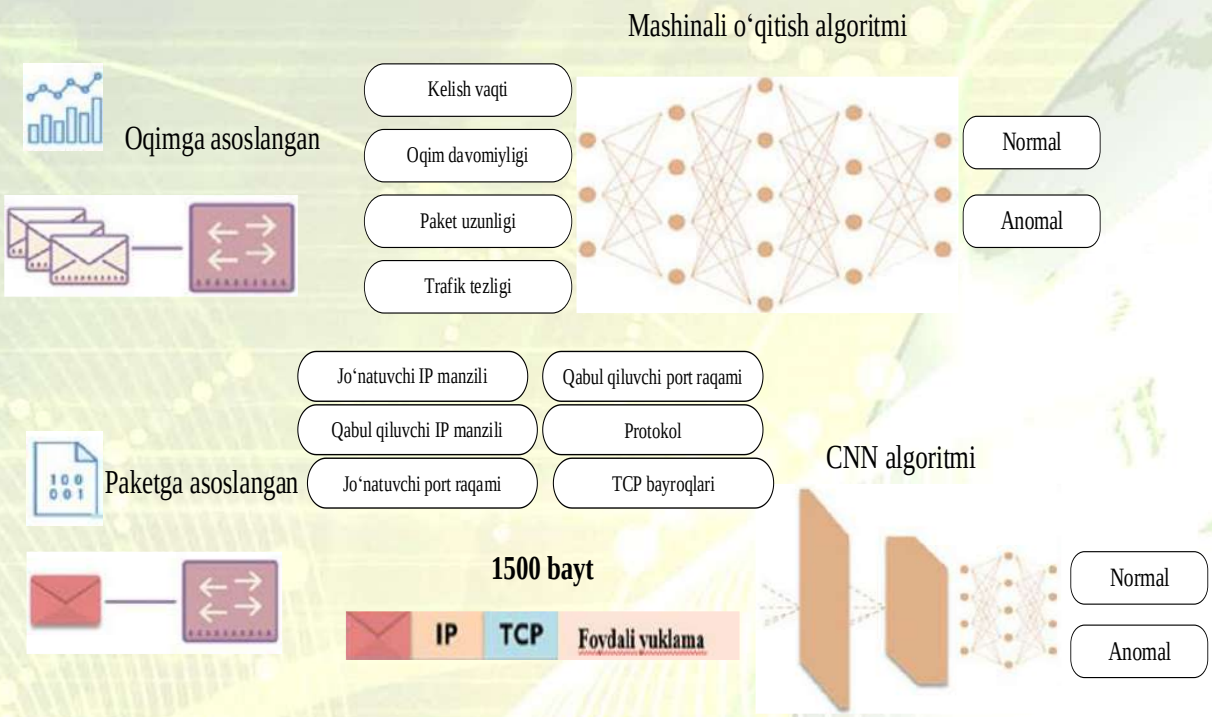
Maxfiy va ommaviy ma’lumotlar to‘plamlari modelni o‘qitish va samaradorlikni baholash uchun ishlatiladi. Paket ma’lumotlarini oldindan qayta ishlashning umumiy jarayoni, shu jumladan paketdagi manzillarni aniqlash, shu bilan modellarning ishlashini barqarorlashtirish namoyish etiladi [4].

Tajribalar bir nechta ishlash ko‘rsatkichlarini, jumladan, accuracy, F1-score, precision va recallni ko‘rsatish uchun taqdim etiladi. Modelni real holatda qo‘llash imkoniyatini ko‘rsatish uchun tasniflash vaqti ham baholanadi.

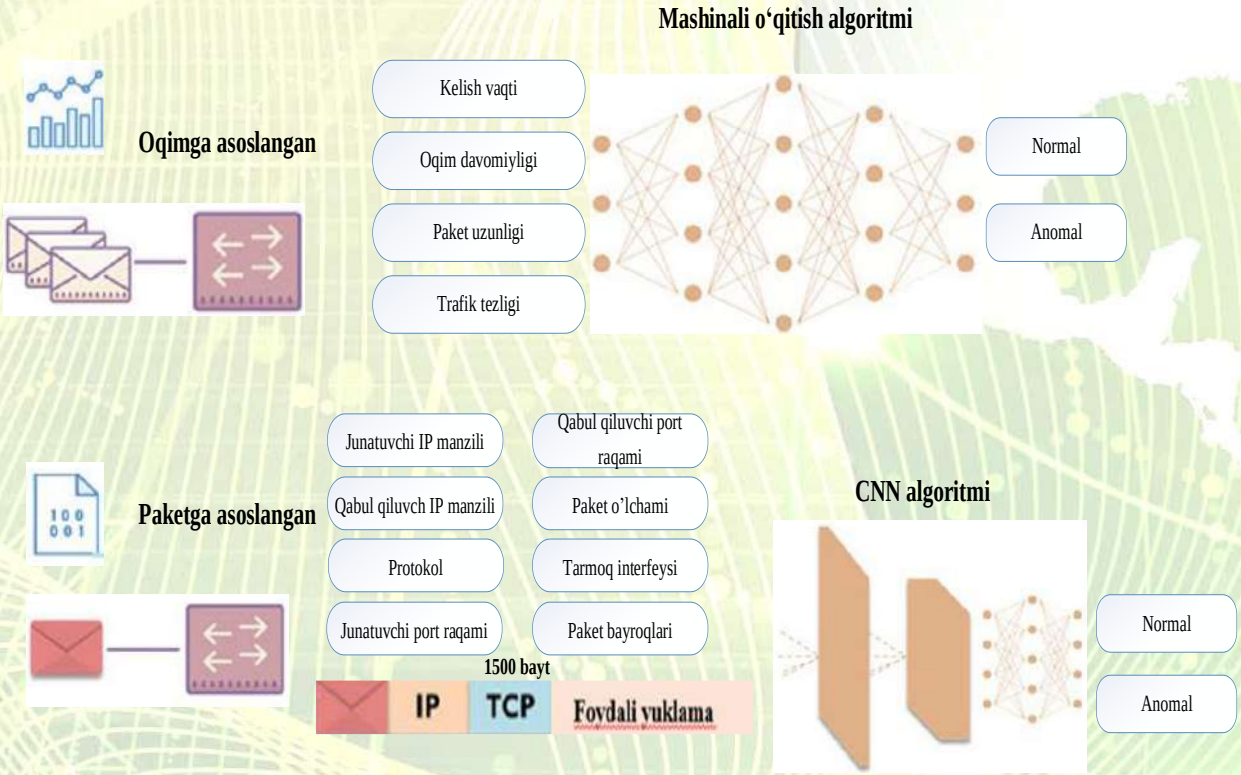
CAPC - bu nazoratli (supervised) o‘qitishga asoslangan model bo‘lib, teran o‘qitish modelini o‘qitish uchun belgilangan xizmat paketlarini talab qiladi. 1-rasmda o‘qitish ma’lumotlarining turiga qarab trafikni ikki xil yondashuvga

ISSN 3030-3907

ajratish mumkin: oqimga asoslangan (flow-based) **va** paketga asoslangan (packet-based) trafikni mavjud usuli ko‘rsatib o‘tilgan.



1-rasm. Oqimga va paketga asoslangan trafikni filtrlashning mavjud usuli



2-rasm. Xususiyatlar asosida oqimga va paketga asoslangan trafikni filtrlashning takomillashtirilgan usuli

2-rasmda xususiyatlar asosida oqimga va paketga asoslangan trafikni filtrlashning takomillashtirilgan usuli keltirilgan.

ISSN 3030-3907

Bundan tashqari, oqim xususiyatlari bilan birga bir nechta MO‘ algoritmlari ham qo‘llaniladi, masalan:

- Support Vector Machine (SVM) [5],
- Decision Tree [6],
- Neyron tarmoqlar (Neural Network) [7].

Oqimga asoslangan usullar paket yukini tekshirmaydi, lekin ular statistik xususiyatlarni tahlil qiladi hamda normal va zararli trafikni tasniflaydi, shuning uchun hatto shifrlangan trafikni tanib olish mumkin[8].

Paketga asoslangan (packet-based) usullar esa xizmat trafigidagi har bir alohida paketni tasniflaydi va paketdagi har bir baytni xususiyat sifatida oladi. Ma’lumot formati sababli bunday yondashuvlarda kiruvchi o‘lcham oqimga asoslangan yondashuvlarnikidan kattaroq bo‘ladi [9].

Ma’lumot formatiga qarab yondashuvlarni ajratishdan tashqari, trafik tasniflash usullari quyidagi uch asosiy turga ajratilishi mumkinligi ham ta’kidlangan:

1. Portga asoslangan (port-based) usullar.
2. Yuklamaga asoslangan usullar.
3. Mashinali o‘qitishga asoslangan usullar

Ko‘plab tadqiqotlarda oqim (flow) xususiyatlariga asoslangan o‘ziga xos xususiyat tanlash (feature selection) sxemalari taklif qilingan.

1-jadval

Trafikni klassifikatsiya qilish usullari

Yondashuv	Tavsif	Afzalliklar	Kamchiliklar
1	2	3	4
Portga asoslangan usullar	Paketlarni port raqam-lariga qarab klassi-fikatsiya qilish, masa-lan, HTTP protokoli uchun TCP port 80.	-Tezkor klassifikatsiya - Yuqori aniqlik	- Bir xil portdan foydalanadigan turli xizmatlar -Dinamik portlardan foydalanish
Yuklamaga asoslangan usullar	Ilova qatlamidagi yuklama (payload)ni protokol imzolari orqali tekshirish.	Dinamik portlardan foydalanuvchi xizmatlarni aniqlash	- Yuqori hisoblash xarajati -Shifrlangan ma’lumotlar - Yangi ilovalarni aniqlashda qiyin-chiliklar

ISSN 3030-3907

Mashinali o‘qitishga asosidagi usullar	Paket yuklamasi yoki statistik xususiyatlaridan belgilarni chiqarib, ML modeli bilan klassifikatsiya qilish.	- Dinamik portlar va shifrlangan ma’lumotlarni aniqlash -O‘xshash ilovalarni klasterlash	- Portga asoslangan usullarga nisbatan uzoq klassifikatsiya vaqti -Trening ma’lumotlari talab etiladi

Neyron tarmoqqa asoslangan tasniflagichlar esa o‘zining ichki parametrlari ustida ishlash orqali oqim xususiyatlariga nisbatan og‘irliklarni (weights) avtomatik yangilay oladi. Neyron tarmoq modellari nafaqat oddiy xizmat trafikini tasniflashda, balki anomaliyalarni aniqlash va hujumlarni aniqlash tizimlari (IDS)da ham qo‘llaniladi [10].

Teran o‘qitish (deep learning) usuli dastlabki paketlarni kirish sifatida olganda istiqbolli yechim bo‘lib, hatto shifrlangan trafik baytlari orasidagi yashirin bog‘liqliklarni aniqlay oladi [11].

Yakuniy ishlash samaradorligi DNN, DAE va CNN modellarining natijalari bilan solishtiriladi. Modelni o‘qitishda quyidagi ma’lumotlar to‘plamlaridan foydalaniladi:

- 16 ta xizmat bo‘yicha yozib olgan trafik;
- 24 ta xizmatdan iborat ochiq VPN-nonVPN to‘plami.

Modelning aniq (fine-grained) va umumiy (coarse-grained) tasniflash imkoniyatlari sinovdan o‘tkazilib, CAPCning samaradorligi va barqarorligi isbotlanadi. O‘qitilgan model SDN (Software-Defined Networking) muhitida amalda joylashtirilishi mumkin - ya’ni CAPC boshqaruv qatlamiga joylashtiriladi. Yangi xizmat paketi tarmoqga kirgan zahoti, u markaziy boshqaruvga uzatiladi va CAPC modeli yordamida darhol qaysi xizmatga tegishli ekani aniqlanadi.

Shundan so‘ng, tarmoq ichida uzatilayotgan barcha xizmat trafiklarini boshqarish uchun xizmatlar to‘plami (service pool) yaratilishi mumkin. Bu orqali dinamik marshrut tanlash (dynamic path decision), xizmat sifati nazorati (QoS enforcement) va anomaliyali trafikning oldini olish (prevention of anomaly traffic) kabi funksiyalarni amalga oshirish mumkin bo‘ladi.

Teran o‘qitish asosidagi paket tasniflagichni qurish uchun bir nechta bosqichlarni oldindan bajarish talab etiladi:

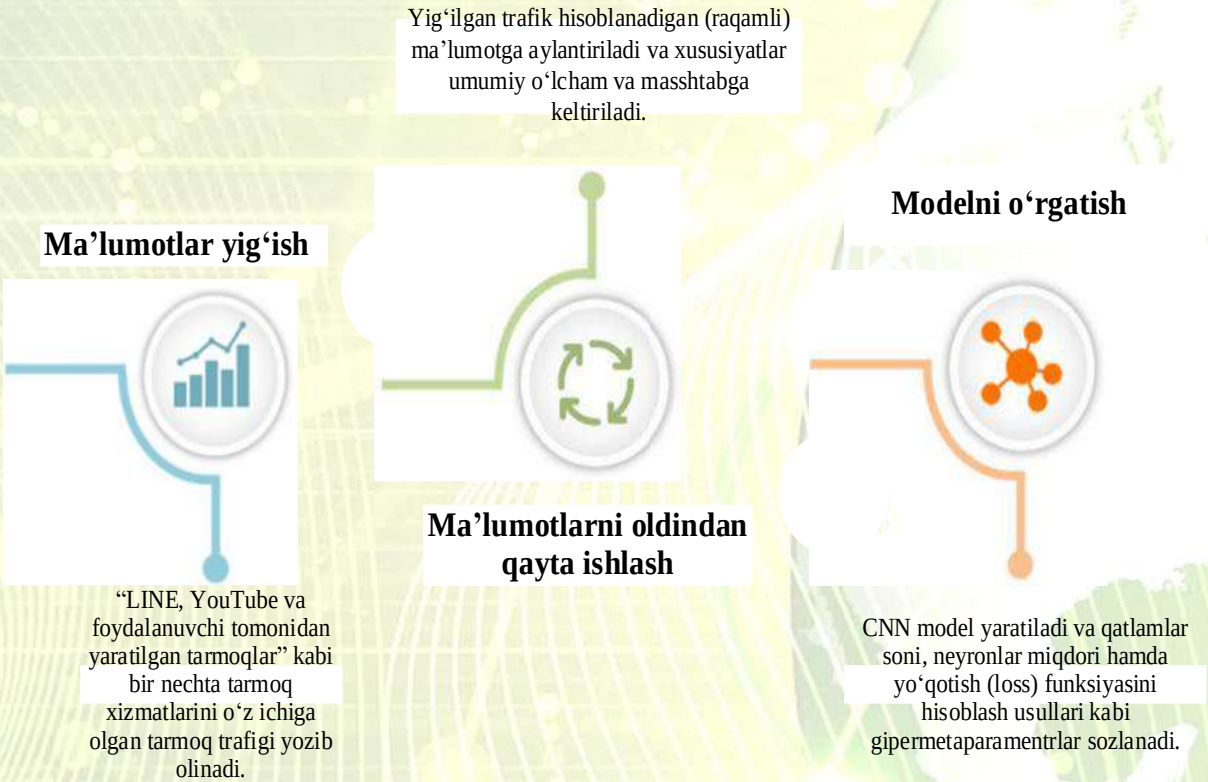
1. Ma’lumot yig‘ish;
2. Ma’lumotlarni oldindan qayta ishlash;
3. Modelni o‘rgatish.

ISSN 3030-3907

Birinchidan, turli xizmatlarga oid to‘plangan shaxsiy trafik (private traffic) ma’lumotlarini olinadi.

Ikkinchidan, ishlov berilmagan formatda yig‘ilgan trafikni hisoblash mumkin bo‘lgan ma’lumotlarga aylantirish va normallashtirish kerak. Har bir yozuv bir xil o‘lchamdagi kirish formatiga ega bo‘lishi kerak. Modelni loyihalash va qurish, giperparametrlarni belgilash va normallashtirilgan ma’lumotlar to‘plami asosida modelni o‘qitish ishlarini amalga oshiriladi.

Har bir bosqich 3-rasmda ko‘rsatilgan tarzda tasvirlangan.



3-rasm. Ma’lumot formati asosida trafikni filtrlash

Trafikni o‘qitishdan oldin xizmat ko‘rsatish trafikini yig‘iladi va har bir paket xizmat turiga qarab tasniflanishi kerak. Birinchi qadam - qaysi xizmatlarni yig‘ish kerakligini aniqlash. Shunga ko‘ra, quyidagi to‘rtta asosiy kategoriyalar trafigiga yo‘naltirilgan: fayllarni uzatish, video oqimlari, VoIP va masofadan boshqarish. Har bir asosiy toifada to‘rtta ilova, jami 16 ta xizmat mavjud bo‘lib, toifalar va xizmatlarning muvofiqligi 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Yig‘ilgan xizmat trafigi tavsifi

Fayllarni uzatish	Video ma’lumotlar	VoIP	Masofaviy boshqaruv
1	2	3	4
FTP	RTP/MPEG	LINE VoIP	RDP

ISSN 3030-3907

SFTP	RSTP video	Skype VoIP	VMware
OneDrive	UDP video	Zoom VoIP	XenServer
SCP	YouTube video	Join.me VoIP	NCU cloud

Ushbu tadqiqotda xizmat trafigini yozib olish uchun Wireshark dasturi [12] ishlatilgan.

Algoritmdan maqsad - rndtfc (i) ichidan svci ga tegishli tfcsvc (i) ni tutib olish. Har bir tutib olingan paket pktrnd (i) ning IP manzili tekshiriladi va shu paket svci ga tegishlimi-yo‘qmi aniqlanadi. Agar paket svci ga tegishli bo‘lsa, u holda tfcsvc (i) ga yig‘iladi, aks holda tashlab yuboriladi.

1-qadam. Trafikni tutish**:** $rnd_{tfc}(i)$ ishga tushiriladi - bu xizmat (svc) uchun trafikni yozishni boshlaydi va har bir kiruvchi paket $pkt_j^{rnd}(i)$ni tutadi.

2-qadam. Paketning IP manzilini tekshirish**:** Agar $IP_{svc}(i)$ qiymati $IP_{pkt}^{src}(j,i)$ yoki $IP_{pkt}^{dst}(j,i)$ga teng bo‘lmasa, bu paket tashlab yuboriladi (drop qilinadi).

3-qadam. Paket qabul qilinadi**:** Agar IP mos kelsa, $rnd_{tfc}(i)$ paketi $tfc_{svc}(i)$ yig‘iladigan trafik fayliga **qo‘shiladi.**

4-qadam. Manzillarni birxillashtirish: Quyidagi maydonlar o‘zgartiriladi:

- $MAC_{pkt}^{src}(j,i)$– manba MAC manzili
- $MAC_{pkt}^{dst}(j,i)$– manzil MAC manzili
- $IP_{pkt}^{src}(j,i)$– manba IP manzili
- $IP_{pkt}^{dst}(j,i)$ – manzil IP manzili

5-qadam. Trafikni saqlash: $tfc_{svc}(i)$ fayli .pcap formatida $pcap_{svc}(i)$ nomi bilan saqlanadi.

6-qadam. PCAP faylni matn formatiga o‘tkazish**:** pcap_svc(i) fayli o‘n oltilik (hex) matn ko‘rinishida txt_svc(i) ga eksport qilinadi**.**

Har bir paketdagi manzillar belgilangan (standart) qiymatlarga ko‘ra tasniflashini ta’minlaydi. Shunday qilinishi natijasida klassifikator trafikni bevosita IP yoki MAC manzillar asosida emas, balki mazmuni asosida tasniflaydi[13].
Oldindan ishlov berish teran o‘qitish(deep learning) modeliga kiruvchi paket ma’lumotlarini o‘qish va hisoblash imkonini beradi. Buning uchun ikki asosiy muammoni hal qilish lozim.

3-jadval

Belgilar tavsifi

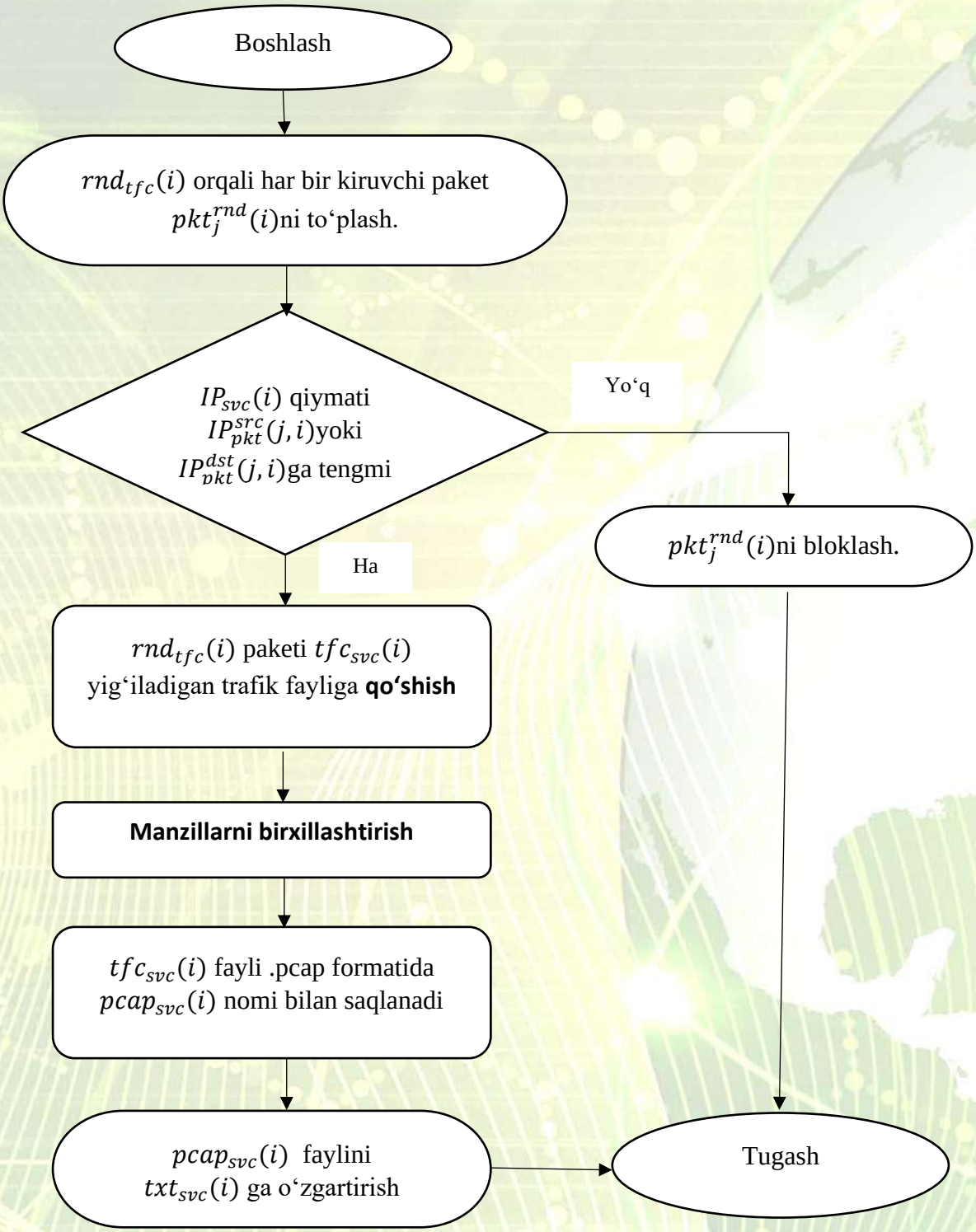
Formula	Tavsifi
svc_i	i^{th} xizmat

ISSN 3030-3907

$tfc_{svc}(i)$	svc_idagi har bir paketdan ma’lumot to‘plash
$rnd_{tfc}(i)$	i^{th} rounddagi $tfc_{svc}(i)$ yozuvlari
$pcap_{svc}(i)$	$tfc_{svc}(i)$ dagi PCAP yozuvlari
$txt_{svc}(i)$	$pcap_{svc}(i)$ ning tekst formatdagi fayli
$pkt_j^{rnd}(i)$	$rnd_{tfc}(i)$ dan j^{th} paket
$IP_{svc}(i)$	svc_i ning IP manzili
$MAC_{pkt}^{src}(j,i)$	$pkt_j^{rnd}(i)$ ning manba MAC manzili
$MAC_{pkt}^{dst}(j,i)$	$pkt_j^{rnd}(i)$ ning masofadagi MAC manzili
$IP_{pkt}^{src}(j,i)$	$pkt_j^{rnd}(i)$ ning manba IP manzili
$IP_{pkt}^{dst}(j,i)$	$pkt_j^{rnd}(i)$ ning masofadagi IP manzili

Birinchidan, mashinali o‘qitish modellari kirish ma’lumotlarining o‘lchami doimiy bo‘lishini talab qiladi, holbuki har bir paket uzunligi har xil bo‘lishi mumkin.

ISSN 3030-3907



4-rasm. Dinamik paketlarni boshqarish va manzillarni birxillashtirish algoritmining blok-sxemasi

Ikkinchidan, neyron tarmoqlar kirish ma’lumotlari o‘lchamiga juda sezgir; shuning uchun har bir paketdagi bayt qiymati 0–255 oralig‘idan 0–1 oralig‘iga o‘zgartirilishi kerak, buni quyidagi (1) formula yordamida bajariladi, shunda har bir bayt (xususiyat) modelga teng ta’sir ko‘rsatadi.

$$byte_k^{nrom}(j,i) = \frac{byte_k^{rec}(j,i)}{255} \quad (1)$$

ISSN 3030-3907

Ma’lumotlarni oldindan qayta ishlashdan so‘ng olingan ma’lumotlar to‘plamiga asoslanib, autoencoder, 1D konvolyutsiya va teran neyron tarmog‘idan (DNN) iborat paket klassifikatorini qurish mumkin. Paket asosidagi klassifikator sifatida CAPC oqim xususiyatlarini yig‘ish uchun vaqt talab qilmaydi va to‘g‘ridan-to‘g‘ri olingan paket baytlaridan foydalanishi mumkin, dinamik paketlarni boshqarish va manzillarni birxillashtirish algoritmining blok-sxemasi 4-rasmda ko‘rsatilgan. Autoencoder katta hajmdagi kirish ma’lumotlarini siqib, kodlaydi[14].

Tenglamadagi belgilar 4-jadvalda tushuntirilgan.

4-jadval.

Tenglama tavsifi

Formula	Tavsifi
1	2
$txt_{tfc}^{nrom}(i)$	$txt_{svc}(i)$ ning normallashgan matn fayli
$rec_j^{text}(i)$	$txt_{svc}(i)$ ning j^{th} yozuvi
$len_{rec}(j,i)$	$rec_{tfcj}^{text}(i)$ dagi baytlar raqami
$byte_k^{rec}(j,i)$	$rec_j^{text}(i)$ ning k^{th} bayti
$byte_k^{nrom}(j,i)$	$byte_k^{rec}(j,i)$ ning normallashtirilgan bayti

ReLU funksiyasi (2):

$$ReLU(z) = \max[0, z] \qquad (2)$$

Bu funksiya kiruvchi z qiymatidan 0 dan kichik bo‘lganlarini 0 ga o‘zgartiradi, qolganlarini esa o‘zgartirmaydi.

CAPC modelidagi kodlovchi (encoder) uchta kodlash qatlamidan iborat bo‘lib, uning oxirgi qatlami max-pooling qatlamidir. Kodlovchidan keyin biriktirilgan neyron tarmoq - bu dekoder bo‘lib, uning tuzilishi kodlovchining teskari shaklidir.

Autoencoderning chiqish o‘lchami kirish o‘lchamiga teng bo‘lishi kerak. Shuning uchun, chiqish qatlamining maqsadli qiymatlari kirish qiymatlariga teng qilib o‘rnatiladi.

Dekoderning birinchi qatlami esa, kodlovchining oxiridagi max-pooling qatlamiga qarama-qarshi tarzda, up-sampling qatlami bilan boshlanadi, bu esa kodlovchining teskari tarmog‘ini yaratishga xizmat qiladi.

Oldindan o‘qitilgan 1D konvolyutsion encoderdan so‘ng DNN klassifikator qo‘shiladi. Shu sababli, encoder yaxshi boshlang‘ich nuqtasi bo‘lib, DNN klassifikatorining xizmatlarni toifalashida samarali ishlashini ta’minlaydi.

Encoder va klassifikator bog‘langan qatlam 1D konvolyutsion qatlam bo‘lib, klassifikator uchun kirish ma’lumotlariga tekislangan holatda beriladi.

ISSN 3030-3907

Kodlangan qiymatlar klassifikatorning kirishiga aylanadi.

5-jadval

Ochiq VPN ma’lumotlar to‘plami tavsifi

Xizmat turi	Paket turi	To‘liq soni	Tanlab olingan
AIM chat	real vaqtdagi matn	2,697	2,697
Elektron pochta mijozi	matn	21,297	10,000
Facebook audio	VoIP	199,272	10,000
Facebook chat	real vaqtdagi matn	12,605	10,000
Facebook video	real vaqtdagi video	98,663	10,000
FTP	fayl uzatish	237,455	10,000
Gmail chat	real-time text	8,417	8,417
Hangouts audio	VoIP	175,356	10,000
Hangouts chat	real vaqtdagi matn	24,415	10,000
Hangouts video	real vaqtdagi video	143,783	10,000
ICQ	real vaqtdagi matn	5,074	5,074
Netflix	video	27,442	10,000
SCP	fayl uzatish	45,385	10,000
SFTP	fayl uzatish	64,507	10,000
Skype audio	VoIP	142,490	10,000
Skype chat	real vaqtdagi matn	7,644	7,644
Skype file	fayl uzatish	154,849	10,000
Skype video	real vaqtdagi video	140,195	10,000
Spotify	musiqa	94,894	10,000
BitTorrent	P2P	67,428	10,000
Tor Twitter	web content	8,965	8,965
Vimeo	video	95,272	10,000
VoipBuster	VoIP	147,627	10,000
YouTube	video	217,345	10,000

Olingan natija va tahlillar. Ma’lumotlar to‘plamida to‘rtta asosiy xizmat turida jami 16 ta xizmat mavjud bo‘lib, har bir ilova uchun baholash maqsadida 10,000 ta paket olingan, jami 160,000 ta paket. Ushbu ma’lumotlar to‘plami to‘liq muvozanatlangan hisoblanadi, chunki har bir xizmat uchun namunalar soni bir xil. Boshqa tomondan, ommaviy ma’lumotlar to‘plamida 24 ta xizmat bor, ular orasida

ISSN 3030-3907

turli VPN yoki VPN bo‘lmagan shifrlangan turlar mavjud. Tadqiqotning maqsadi shundaki, ilova shifrlangan yoki shifrlanmaganidan qat’iy nazar, zararli tarfikni aniqlashdir. VPN va VPN bo‘lmagan trafik bitta ilovaga tegishli bo‘lsa ham, modelni o‘qitishda va sinovdan o‘tkazishda aralash holda ishlatiladi. Xizmatlarning soni muvozanatsiz bo‘lib, ba’zilari 100,000 dan ortiq, boshqalari esa 10,000 dan kam namunaga ega. Ma’lumotlarni imkon qadar muvozanatlash uchun har bir xizmat uchun eng ko‘pi bilan 10,000 ta namuna tasodifiy tanlab olinadi. Ma’lumotlar to‘plami o‘qitish va test maqsadlarida uch qismga bo‘linadi: o‘qitish, tekshirish va test ma’lumotlari, ularning har biri xizmat uchun namuna soniga muvofiq mos ravishda 70%, 10% va 20% nisbatda ajratilgan.

CAPC modelining samaradorligini isbotlash uchun uchta boshqa teran o‘qitish modeli qurilgan. Ular DNN, DAE va 1D CNN bo‘lib, bir qancha ilmiy ishlarda sinovdan o‘tgan va juda yaxshi natijalarga erishilgan. Biroq, ommaviy VPN ma’lumotlar to‘plami bo‘yicha bajarilgandagi tasniflash vazifalari mos ravishda faqat 17, 15 va 12 ta ilovani o‘z ichiga olgan. Ko‘proq murakkab (24 ta ilova) holatda yaxshiroq natija olish uchun taklif etilgan CAPC ushbu tadqiqotlarda ishlatilgan uchta model bilan solishtiriladi. DAE tuzilmasi DNNga o‘xshash, faqat unga autoencoder o‘qitishining qo‘shimcha jarayoni kiritilgan. CAPC esa 1D CNNga o‘xshash, faqat konvolyutsion qatlamlar oldindan tayyorlangan encoder asosida qurilgan. Har bir modelning kirish qatlami EthernetMTU hajmi sababli 1500 neyronlardan iborat, chiqish qatlami esa maqsad qilingankategoriyalar soniga bog‘liq (maxfiy ma’lumotlar uchun 16 va ommaviy ma’lumotlar uchun 24). Paketga asoslangan tasniflash modellari tarmoq muhitida ishlash imkoniyatini sinash uchun Mininet yordamida oddiy SDN muhiti yaratilgan[15]. Real vaqtda trafikni tasniflash uchun simulyatsiya qilingan tarmoq muhiti 5-rasmda keltirilgan.

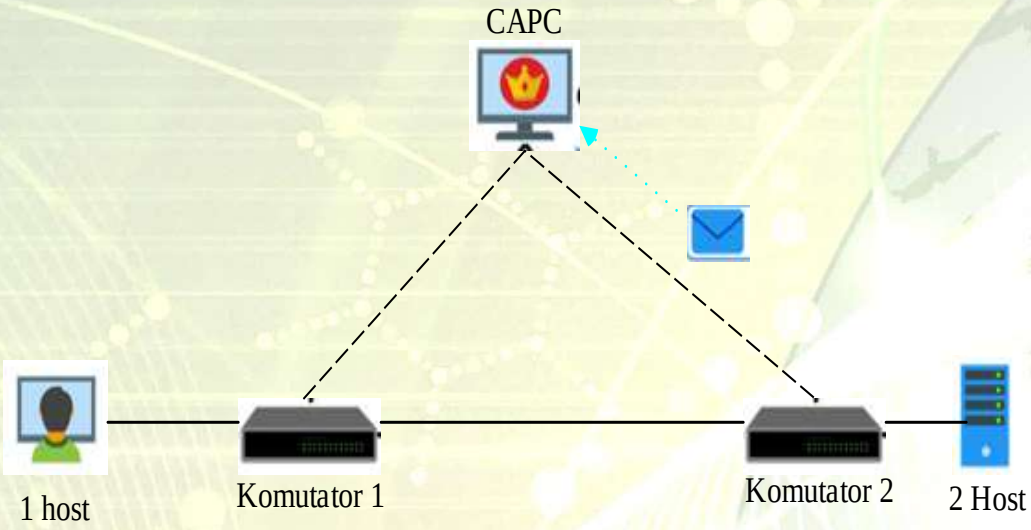
6-jadval

Uskuna va dasturiy ta’minot parametrlari

Qurilma va dastur	Xususiyatlari
1	2
CPU	Inter Core™ i7-4790 3.60GHz
GPU	NVIDIA GeFOrce GTX 1050 Ti 4G
GPU tezlashtirilgan vositalari	NVIDIA cuda 9.0.176
GPU tezlashtirilgan kutubxonasi	NVIDIA cuDNN 9.0
Tizim xotirasi	32 GB
Mashinali o‘qitish mexanizmi	TensorFlow-gpu 2.x
Mashinali o‘qitish mexanizmi	keras 2.1.5, scikit-learn 0.22.1
Ma’lumotlarni qayta ishlash	pandas 1.0.0, numpy 1.16.0
Trafikni to‘plash	Wireshark, tcpdump

ISSN 3030-3907

Paket modifikatori	tcprewrite 4.3.0
Paketlarni qayta ishlash kutubxonasi	libpcap 1.7.4
Video trafik generatori	VLC Media Player 3.0.8



5-rasm. Real vaqtda trafikni tasniflash uchun simulyatsiya qilingan tarmoq muhiti

XULOSA.

Ushbu muhit Ubuntu virtual mashinasida VMware serverda qurilgan. Tasniflash modellarini nazorat qiluvchi (controller) ichida joylashtirishgan va ular real vaqt rejimida kelayotgan paketlarni tasniflaydi. O‘zimiz tomonidan to‘plangan PCAP fayllari 2-xostda saqlangan (masalan, FTP, Skype VoIP va Windows RDP trafiklari). Trafikni qayta yo‘naltirish uchun BitTwist vositasi ishlatilgan. Xost 2-dan saqlangan trafik fayllari qayta yo‘naltiriladi. Birinchi kelayotgan paket preinstallyatsiya qilingan qoida asosida komutator (sw2) orqali controllerga packet-in xabari sifatida yuboriladi. Controllerga kelgan paket modellar tomonidan filtrlanadi va har bir model uchun tasniflashga ketgan vaqt yozib olinadi hamda taqqoslash uchun ishlatiladi. Yuqorida taklif etilgan neyron tarmoqlariga asoslangan paketlarni dinamik filtrlash usuli va algoritmi asosida tarmoq paketlarini samarali dinamik filtrlash jarayonining ishlash algoritmi ishlab chiqiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Shaukat, K., Luo, S., Varadharajan, V., Hameed, I. A., & Xu, M. A survey on machine learning techniques for cyber security in the last decade. *IEEE access*, 2020. - *8*, 222310-222354.

2. Çelebi, M., Özbilen, A., & Yavanoğlu, U. A comprehensive survey on deep packet inspection for advanced network traffic analysis: issues and challenges. Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 2023. - 12(1), 1-29.

ISSN 3030-3907

3. Berahmand, K., Daneshfar, F., Salehi, E. S., Li, Y., & Xu, Y. Autoencoders and their applications in machine learning: a survey. Artificial intelligence review, 2024. - 57(2), 28.
4. De Keersmaeker, F., Cao, Y., Ndonda, G. K., & Sadre, R. A survey of public IoT datasets for network security research. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2023. - 25(3), 1808-1840.
5. Kurani, A., Doshi, P., Vakharia, A., & Shah, M. A comprehensive comparative study of artificial neural network (ANN) and support vector machines (SVM) on stock forecasting. Annals of Data Science, 2023. - 10(1), 183-208.
6. Costa, V. G., & Pedreira, C. E. Recent advances in decision trees: an updated survey. *Artificial Intelligence Review*, 2023. - *56*(5), 4765-4800.
7. Sharkawy, A. N. Principle of neural network and its main types. *Journal of Advances in Applied & Computational Mathematics*, 2020. - *7*, 8-19.
8. Papadogiannaki, E., & Ioannidis, S. A survey on encrypted network traffic analysis applications, techniques, and countermeasures. ACM Computing Surveys (CSUR), 2021. - 54(6), 1-35.
9. Lotfollahi, M., Jafari Siavoshani, M., Shirali Hossein Zade, R., & Saberian, M. Deep packet: A novel approach for encrypted traffic classification using deep learning. Soft Computing, 2020. - 24(3), 1999-2012.
10. Khan, A., Sohail, A., Zahoora, U., & Qureshi, A. S. A survey of the recent architectures of deep convolutional neural networks. Artificial intelligence review, 2020. - 53(8), 5455-5516.
11. Lotfollahi, M., Jafari Siavoshani, M., Shirali Hossein Zade, R., & Saberian, M. Deep packet: A novel approach for encrypted traffic classification using deep learning. Soft Computing, 2020. - 24(3), 1999-2012.
12. T.S.Norboboevich, Y.B.Karamatovich and N. I. Ibrohimovich, "Verification of the pocket filtering based on method of verification on the model," 2019 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT), Tashkent, Uzbekistan, 2019, pp. 1-3, doi: 10.1109/ICISCT47635.2019.9011901.
13. Salman, O., Elhajj, I. H., Kayssi, A., & Chehab, A. A review on machine learning–based approaches for Internet traffic classification. Annals of Telecommunications, 2020. - 75(11), 673-710.
14. Ge, T., Hu, J., Wang, L., Wang, X., Chen, S. Q., & Wei, F. In-context autoencoder for context compression in a large language model. 2023. - *arXiv preprint arXiv:2307.06945*.

ISSN 3030-3907

15. Linhares, T., Patel, A., Barros, A. L., & Fernandez, M. SDNTruth: innovative DDoS detection scheme for software-defined networks (SDN). *Journal of Network and Systems Management*, 2023. - *31*(3), 55.

ISSN 3030-3907

ЎУК: 624.12

ЁНҒИН ПАЙТИДА ТЕМИРБЕТОН ТЎСИНЛАРНИНГ ДЕФОРМАЦИЯЛАНИШ БОСҚИЧЛАРИНИ ТАҲЛИЛИ

Алимов Х.Т.

Тошкент архитектура қурилиш университети PhD., доцент

Шукуров Ф.Ж.

Тошкент архитектура қурилиш университети магистр

Аннотация. Мазкур мақолада темирбетон тўсинларнинг ёнғин таъсири остидаги деформацияланиш жараёнлари тадқиқ қилинган. Ёнғин вақтида бетон ва арматуранинг физик-механик хусусиятлари ўзгариши натижасида конструкциянинг эгилиши ва мустаҳкамлик кўрсаткичлари пасайиши таҳлил қилинган. Ҳарорат таъсирида тўсинларда юзага келадиган деформация босқичлари назарий ва ҳисобий усуллар асосида кўриб чиқилган. Шунингдек, тўсинлардаги эгилиш деформациясини ҳисоблаш усуллари келтирилган ва натижалар таҳлил қилинган.

Калит сўзлар. темирбетон тўсин, ёнғин, ҳарорат таъсири, деформация, эгилиш, бетон, арматура, термик таъсир, конструкция мустаҳкамлиги.

Аннотация. В данной статье исследуются процессы деформации железобетонных балок под воздействием огня. В результате изменений физико-механических свойств бетона и арматуры во время пожара анализируются показатели изгиба и прочности конструкции. На основе теоретических и расчетных методов рассмотрены стадии деформации, происходящие в балках под воздействием температуры. Также представлены методы расчета изгибной деформации в балках и проанализированы полученные результаты.

Ключевые слова: железобетонная балка, огонь, температурный эффект, деформация, изгиб, бетон, арматура, термический эффект, прочность конструкции.

Abstract. This article studies the deformation processes of reinforced concrete beams under the influence of fire. As a result of changes in the physical and mechanical properties of concrete and reinforcement during the fire, the bending and strength indicators of the structure are analyzed. The stages of deformation occurring in the beams under the influence of temperature were considered based on theoretical and computational methods. Also, the methods of calculating the bending deformation in the beams are presented and the results are analyzed.

Keywords. reinforced concrete beam, fire, temperature effect, deformation, bending, concrete, reinforcement, thermal effect, structural strength.

КИРИШ.

ISSN 3030-3907

Бугунги кунда бинолар ва иншоотларнинг ёнғин хавфсизлиги масаласи қурилиш соҳасидаги энг муҳим йўналишлардан бири ҳисобланади. Ёнғин вақтида конструкция элементлари юқори ҳарорат таъсирига учрайди ва бу ҳолат уларнинг мустаҳкамлиги ҳамда деформация хусусиятларини кескин ўзгартиради.

Қурилиш соҳасида биноларнинг ёнғинга чидамлилигини таъминлаш муҳим масалалардан бири ҳисобланади. Ёнғин вақтида конструкциялар юқори ҳарорат таъсирида бўлади ва бу ҳолат уларнинг механик хусусиятларини сезиларли даражада ўзгартиради. Айниқса темирбетон тўсинлар биноларнинг асосий юк кўтарувчи элементларидан бири бўлиб, уларнинг ёнғин шароитида деформацияланиши бутун конструкция барқарорлигига таъсир кўрсатади.

Ёнғин вақтида бетоннинг мустаҳкамлиги пасайиши, арматуранинг қизиши ва конструкциянинг ички кучланишлари ортиши натижасида тўсинларда турли даражадаги деформациялар юзага келади.

Юқори ҳарорат таъсирида бетонда микродарзлар ҳосил бўлади, намлик буғланади ва материалнинг мустаҳкамлиги пасаяди. Арматура эса маълум ҳароратдан кейин ўзининг эластиклик модулини йўқота бошлайди. Бу эса тўсинларда қўшимча эгилиш ва деформацияларга сабаб бўлади [1].

Шу сабабли темирбетон тўсинларнинг ёнғин вақтидаги деформацияланиш босқичларини ўрганиш конструкцияларнинг хавфсизлигини баҳолаш ва уларнинг ишончлилигини таъминлаш учун муҳим аҳамиятга эга.

АСОСИЙ ҚИСМ. Ёнғин вақтида тўсинлардаги ҳарорат ташқи юзадан ички қисмга қараб ўзгаради. Шу сабабли кесимда термик градиент ҳосил бўлади. Бу эса қўшимча ички кучланишлар ва деформацияларни келтириб чиқаради.

Ёнғин пайтида ҳарорат 600–800°C гача кўтарилиши мумкин. Бу ҳолатда бетоннинг мустаҳкамлиги 40–60% гача камаяди. Арматура эса 500°C атрофида ўзининг механик хусусиятларининг катта қисмини йўқотади [2, 3].

Темирбетон тўсинларда асосан эгилиш деформацияси кузатилади. Бу деформация ташқи юклар ва термик таъсирнинг биргаликдаги натижаси ҳисобланади.

Темирбетон тўсинлар ёнғин таъсирида бир нечта деформация босқичларидан ўтади. Бу босқичлар конструкциянинг ҳароратга боғлиқ ҳолда мустаҳкамлик ва қаттиқлик хусусиятларининг ўзгариши билан боғлиқ.

1-босқич. Бошланғич қизиш босқичи (20–200°C)

ISSN 3030-3907

Бу босқичда бетон ва арматуранинг механик хусусиятлари деярли ўзгармайди. Аммо ҳарорат таъсирида материалларда термик кенгайиш бошланади.

Бу босқичда:

- деформациялар асосан термик кенгайиш билан боғлиқ;
- тўсиннинг умумий мустаҳкамлиги сақланиб қолади;
- эгилиш деформацияси кичик бўлади.

2-босқич. Мустаҳкамликнинг пасайиш босқичи (200–500°C)

Бу босқичда бетоннинг мустаҳкамлиги ва эластиклик модули камая бошлайди. Арматура ҳам аста-секин ўз мустаҳкамлигини йўқота бошлайди.

Бу босқичда:

- бетонда микрочақишлар пайдо бўлади;
- конструкция қаттиқлиги камаяди;
- тўсин эгилиши ортиб боради.

3-босқич. Интенсив деформация босқичи (500–800°C)

Юқори ҳарорат таъсирида бетоннинг мустаҳкамлиги кескин камаяди, арматуранинг чўзилиш мустаҳкамлиги ҳам пасаяди.

Бу босқичда:

- катта эгилиш деформациялари юзага келади;
- конструкцияда пластик деформациялар пайдо бўлади;
- тўсиннинг иш қобилияти пасаяди.

4-босқич. Бузилиш босқичи (800°C дан юқори)

Бу босқичда бетон структураси жиддий зарарланади, арматуранинг мустаҳкамлиги жуда камаяди.

НАТИЖАДА:

- катта эгилиш;
- бетоннинг парчаланиши;
- конструкциянинг бузилиши юзага келади [1, 5].

Деформацияланишни ҳисобловчи методлар.

Темирбетон тўсинларнинг ёнғин вақтидаги эгилиш деформациясини ҳисоблашда бир қатор назарий ва ҳисобий усуллар қўлланилади.

Ҳарорат ўзгариши натижасида материалларда термик кенгайиш содир бўлади. Термик деформация қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$\varepsilon_T = \alpha \cdot \Delta T$$

Бу ерда:

ε_T - термик деформация

α - термик кенгайиш коэффициенти

ΔT - ҳарорат фарқи

ISSN 3030-3907

Бетон ва пўлат учун термик кенгайиш коэффициентлари бир-бирига яқин бўлса ҳам, ҳарорат нотекис тақсимланганда ички кучланишлар юзага келади.

Мисол учун.

Темирбетон тўсин ёнғин таъсирида 20°C дан 520°C гача қизиган.

Берилган маълумотлар:

Бошланғич ҳарорат: $T_1 = 20^0C$

Якуний ҳарорат: $T_2 = 520^0C$

Тўсин узунлиги: $L = 6$ м

Бетон учун термик кенгайиш коэффициенти:

$$\alpha = 1 \cdot 10^{-5}\ (1/^0C)$$

Аниқланиши керак:

1. Термик деформация ε_T
2. Тўсин узунлигининг ўзгариши ΔL

Ҳарорат фарқини аниқлаш

$$\Delta T = T_2 - T_1$$

$$\Delta T = 520 - 20$$

$$\Delta T = 500\ ^0C$$

Термик деформацияни ҳисоблаш

$$\varepsilon_T = 1 \cdot 10^{-5} \cdot 500$$

$$\varepsilon_T = 0.005$$

Демак,

$$\varepsilon_T = 5 \cdot 10^{-3}$$

Бу нисбий деформация ҳисобланади.

Узунлик ўзгаришини ҳисоблаш

Тўсин узунлигининг ўзгариши қуйидаги формула орқали топилади:

$$\Delta L = \varepsilon_T \cdot L$$

$$\Delta L = 0.005 \cdot 6$$

$$\Delta L = 0.03 \text{ м}$$

$$\Delta L = 30 \text{ мм}$$

Ёнғин таъсирида ҳарорат 500°C га ошганда:

Термик деформация:

$$\varepsilon_T = 0.005$$

Тўсин узунлигининг ўзгариши:

$$\Delta L = 30 \text{ мм}$$

Демак, 6 метрли темирбетон тўсин ёнғин пайтида тахминан 30 мм га узаяди. Темирбетон тўсинда бетоннинг нормал шароитдаги эластиклик модули маълум. Ёнғин таъсирида ҳарорат ошиши натижасида бетоннинг

ISSN 3030-3907

эластиклик модули камаяди. Берилган ҳароратда бетоннинг эластиклик модулини аниқлаш талаб этилади.

Ҳарорат таъсирида эластиклик модули қуйидаги коэффициент орқали камаяди:

$$E_T = k_T \cdot E_0$$

бу ерда:

E_T - ҳароратдаги эластиклик модули

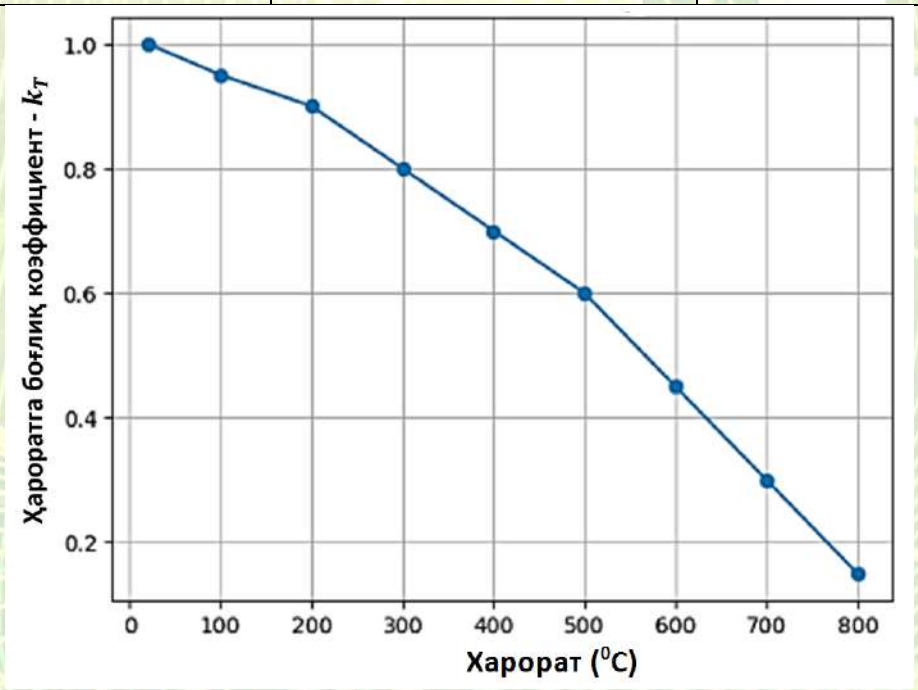
E_0 - нормал ҳолатдаги модуль

k_T - ҳароратга боғлиқ коэффициент.

Мисол учун E_0 - нормал ҳолатдаги эластиклик модуль = 30000 МПа.

1-Жадвал

Ҳарорат T (°C)	**Коэффициент (k_T)**	**Эластиклик модули (E_T) (МПа)**
20	1.00	30000
100	0.95	28500
200	0.90	27000
300	0.80	24000
400	0.70	21000
500	0.60	18000
600	0.45	13500
700	0.30	9000
800	0.15	4500



1-расм. Ҳароратга боғлиқ k_T коэффициент диаграммаси

Диаграммадан қуйидагини кўриш мумкин:

ISSN 3030-3907

20 - 200°C да коэффициент деярли ўзгармайди.
300 - 500°C оралиғида материал хусусиятлари аста-секин пасаяди.
600°C дан кейин коэффициент кескин камаяди.
800°C да $k_T \approx 0.15$, яъни бетоннинг эластиклик модули жуда катта даражада камайган бўлади.
Эгилиш қиймати қуйидаги формула билан аниқланади:

$$f = \frac{5qL^4}{384EI}$$

бу ерда:
f - эгилиш деформацияси
q - тақсимланган юк
L - тўсин узунлиги
E - материаллнинг эластиклик модули
I - инерция моменти.
Мисол учун.
Тўсин узунлиги $L = 6$ м
Тақсимланган юк $q = 20$ кН/м -
Бетоннинг эластиклик модули $E = 3 \cdot 10^4$ МПа
Кесимнинг инерция моменти $I = 8 \cdot 10^{-4}$ м^4

ҲИСОБЛАШ

Биринч бўлиб L^4ни аниқлаймиз:

$$L^4 = 6^4 = 1296$$

Формулага қўямиз ва эгилишни аниқлаймиз:

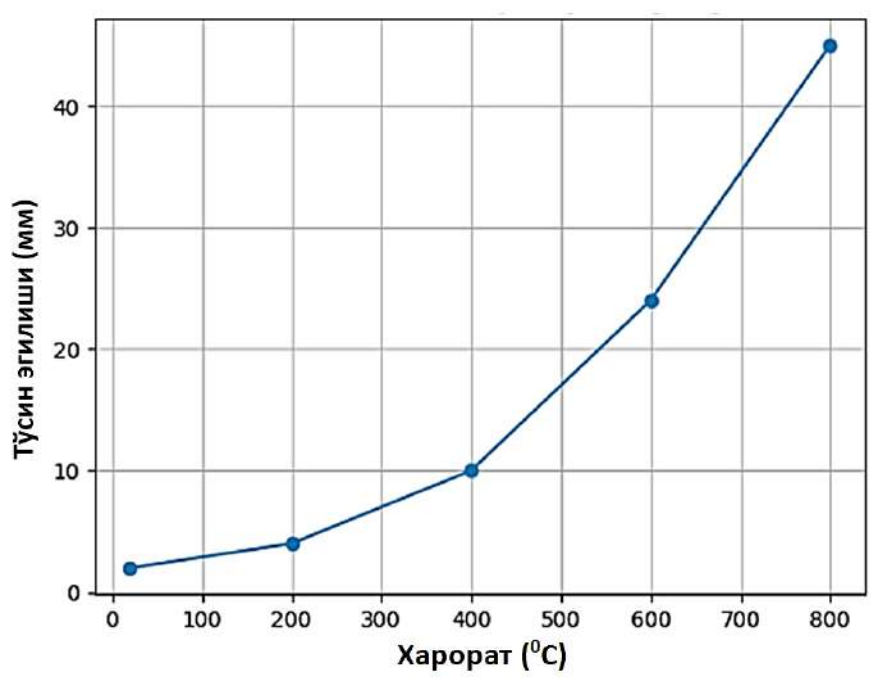
$$f = \frac{5qL^4}{384EI} = \frac{5 \cdot 20 \cdot 1296}{384 \cdot 30000 \cdot 10^{-4}}$$

Демак, берилган параметрлар учун тўсиннинг максимал эгилиш деформацияси $f \approx 14$ мм га тенг. Тадқиқот натижаларига кўра ҳарорат ошиши билан тўсинлардаги деформация миқдори ортиб бориши аниқланди.

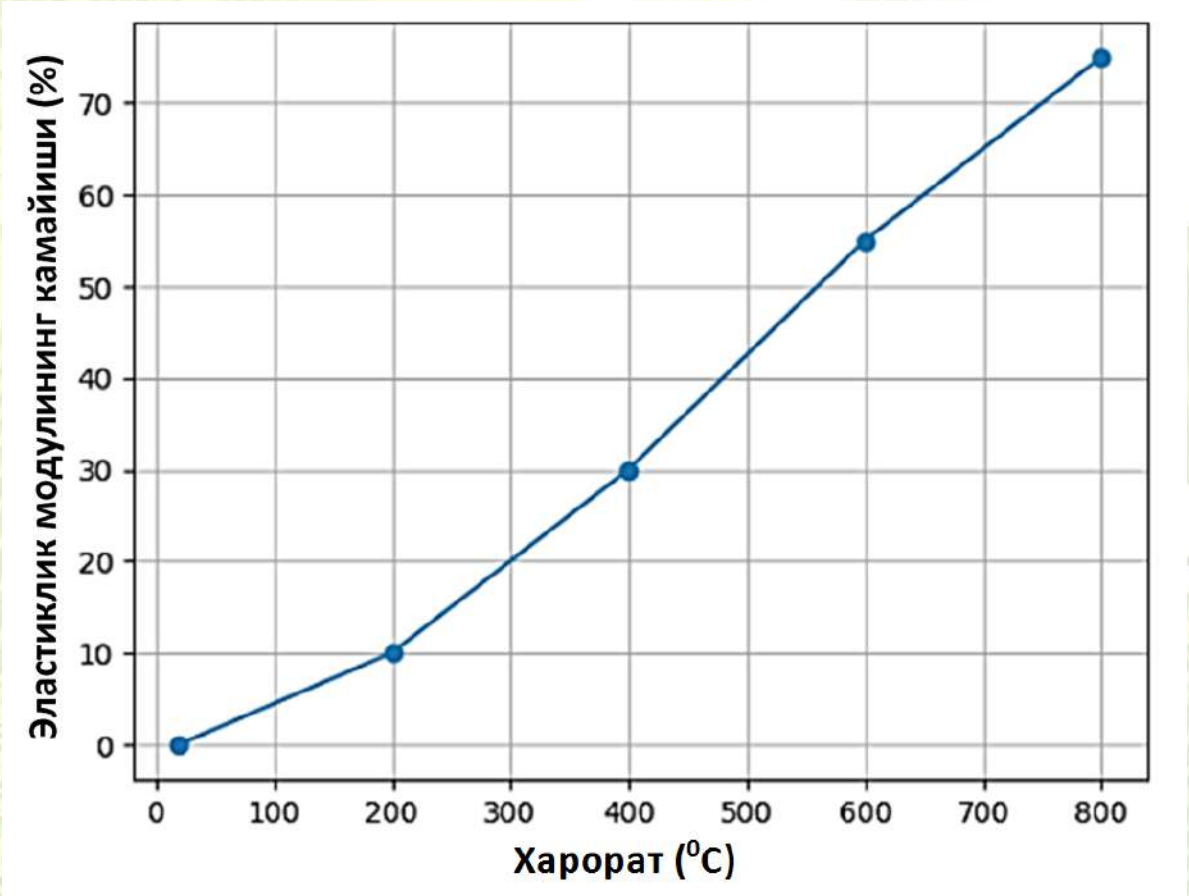
2-Жадвал

Ҳарорат (°C)	Эластиклик модули камайиши (%)	Тўсин эгилиши (мм)
20	0	2
200	10	4
400	30	10
600	55	24
800	75	45

ISSN 3030-3907



2-расм. Ҳарорат таъсирида эгилиш графиги



3-расм. Ҳарорат таъсирида эластиклик модулининг камайиши графиги

Бу графикдан кўриш мумкинки:

1. 20 - 200°C оралиғида деформация жуда кам ўзгаради. Бу босқичда асосан термик кенгайиш содир бўлади.

ISSN 3030-3907

2. 200 - 400°C оралиғида бетоннинг эластиклик модули пасайиши натижасида эгилиш аста-секин ортади.
3. 400 - 600°C оралиғида деформация сезиларли даражада кўпайади.
4. 600°C дан юқори ҳароратларда тўсинларда интенсив эгилиш кузатилади ва конструкция мустаҳкамлиги кескин пасаяди.

Натижалар шуни кўрсатадики, 500–600°C дан кейин конструкцияда критик деформация босқичи бошланади.

Таҳлиллар:

Кўпаб тадқиқотчиларнинг асосий натижалари шуни кўрсатадики:

- 600°C ҳароратда темирбетон ригелнинг эгилиши 35–45 мм га етган [2].
- 700°C да бетон мустаҳкамлиги 50–60 % гача камайиши аниқланган [3].
- арматура ҳарорати 500°C га етганда эластиклик модули 40 % га камайган [4].

Олинган натижалар таҳлили шуни кўрсатадики:

- ҳарорат ошиши билан бетон ва арматуранинг мустаҳкамлиги пасаяди;
- конструкциянинг қаттиқлиги камаяди;
- тўсинларда эгилиш деформациялари ортиб боради.

Айниқса 500°C дан юқори ҳароратларда деформациялар тез ўсади ва конструкциянинг барқарорлигига жиддий таъсир кўрсатади.

ХУЛОСАЛАР.

Темирбетон тўсинларнинг ёнғин пайтидаги деформацияланиш жараёни бир нечта босқичда кечади. Бошланғич босқичда термик кенгайиш кузатилса, кейинги босқичларда бетон ёриқланиши ва арматура мустаҳкамлигининг пасайиши натижасида эгилиш деформацияси ортиб боради.

Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, ҳарорат таъсирида материал параметрларининг ўзгаришини ҳисобга олган ҳолда аналитик ва сонли моделлаштириш усулларини қўллаш конструкцияларнинг ёнғинга чидамлилигини аниқ баҳолаш имконини беради.

ФОЙДАЛАНИЛГАН АДАБИЁТЛАР

1. Van Doan, Vui Van Cao. Fire Behavior of Concrete Beams Reinforced with GFRP and Steel. Civil Engineering Journal 11(5): 2045-2065
2. Andrew H. Buchanan. Structural design for fire safety: Wiley, New York, 2001, 421pp.
3. Kodur, V., & Dwaikat, M. (2008). Fire performance of reinforced concrete beams under design fire exposure. In Proceedings of the 2008 Structures Congress - Structures Congress 2008 American Society of Civil Engineers (ASCE).

ISSN 3030-3907

4. Anderberg, Y., & Thelandersson, S. (1976). Stress and Deformation Characteristics of Concrete at High Temperatures. 2. Experimental Investigation and Material Behaviour Model. (Bulletin of Division of Structural Mechanics and Concrete Construction, Bulletin 54; Vol. Bulletin 54). Lund Institute of Technology (1976).
5. EN 1992-1-2 — Eurocode 2: Design of Concrete Structures under Fire.

ISSN 3030-3907

ОЦЕНКА И РАНЖИРОВАНИЕ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗЕРЕН КУКУРУЗЫ

Мухамедханов Улугбек Тургудович
Ташкентский государственный технический университет – профессор
E-mail: m-ulugbek@mail.ru

Аннотация. Выполнена оценка и ранжирование цветовых характеристик зёрен кукурузы различных сортов на заражённость фузариозом (Fusarium Moniliforme). Определён вектор цветовых признаков, охватывающих цветовые пространства RGB, HSV, Lab, YCbCr, XYZ, xyY. Для оценки и ранжирования цветовых признаков применён метод опорных векторов (SVM). Показано, что классификатор SVM обеспечивает точность классификации более 95% для зёрен кукурузы сорта «Ўзбекистон 601 ECB».Для сорта «Ўзбекистон 300 MB» наиболее информативным признаком оказался компонент B (RGB) с точностью 91,33%.

Ключевые слова: распознавание образов, метод опорных векторов, кукурузные зёрна, цветовые характеристики, ранжирование признаков.

Annotatsiya. Makkajo‘xori donlarining turli navlarida fuzarioz (Fusarium Moniliforme) bilan zararlanganlik darajasini aniqlash uchun rang xususiyatlari baholandi va reytinglandi. RGB, HSV, Lab, YCbCr, XYZ va xyY rang fazolarini qamrab oluvchi rang belgilar vektori aniqlangan. Rang belgilarini baholash va reytinglash uchun tayanch vektorlar usuli (SVM) qo‘llanildi. SVM klassifikatori «Ўзбекистон 601 ECB» navli makkajo‘xori donlari uchun 95% dan yuqori klassifikatsiya aniqligini ta’minlashi ko‘rsatildi. «Ўзбекистон 300 MB» navi uchun eng informativ belgi sifatida RGB rang modelining B komponenti aniqlandi va uning aniqligi 91,33% ni tashkil etdi.

Kalit so‘zlar: tasvirlarni tanib olish, tayanch vektorlar usuli, makkajo‘xori donlari, rang xususiyatlari, belgilarni reytinglash.

Abstract. The color characteristics of maize kernels from different varieties were evaluated and ranked to determine their infection with fusarium (Fusarium Moniliforme). A vector of color features covering the RGB, HSV, Lab, YCbCr, XYZ, and xyY color spaces was defined. The support vector machine (SVM) method was applied to evaluate and rank the color features. It was shown that the SVM classifier provides a classification accuracy of more than 95% for maize kernels of the “Uzbekistan 601 ESV” variety. For the “Uzbekistan 300 MV” variety, the B component of the RGB color model was identified as the most informative feature, achieving an accuracy of 91.33%.

Keywords: pattern recognition, support vector machine, maize kernels, color characteristics, feature ranking.

ВВЕДЕНИЕ

ISSN 3030-3907

Автоматизированная оценка качества ряда сельскохозяйственных продуктов по их цифровым изображениям [1], [2], [3] требует применения точных и быстрых процедур получения, обработки и интерпретации наиболее информативного комплекса признаков, касающихся качественных характеристик объектов.

Задача оценки качества самих признаков тесно связана с редукцией их количества, используемых при распознавании, что позволяет значительно сократить вычислительные ресурсы без потери информации.

Первым условием при ранжировании признаков является поиск минимального описания признакового пространства [4], а вторым — нахождение таких признаков, которые возможно меньше коррелируют между собой [5].

Основная цель работы — определить информационную значимость цветовых признаков цветовых моделей при распознавании заражённых *розовым фузариозом* кукурузных зёрен, а также установить достоверность классификации с использованием метода опорных векторов (SVM).

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИНФОРМАЦИОННОЙ ЗНАЧИМОСТИ ЦВЕТОВЫХ ХАРАКТЕРИСТИК КУКУРУЗНЫХ ЗЕРЕН И ДОСТОВЕРНОСТЬ КВАЛИФИКАЦИИ

Объектом исследования являются цветные цифровые изображения здоровых и заражённых фузариозом (*Fusarium Moniliforme*) зёрен кукурузы следующих сортов: «Ўзбекистон 601 ЕСВ», «Ўзбекистон 300 МВ», «Қорасув 350 АМВ», «Днепровский 181», «Молдавский 257 СВ» и «Молдавский 215 АМВ». Для каждого сорта было получено по 150 изображений здоровых и 150 изображений заражённых зёрен. Изображения получены с разрешением 352 × 289 пикселей с использованием цветной камеры PIH–7030 H/IR, имеющей следующие характеристики: матрица — 1/3’’ CCD, физическое разрешение — 752 × 582 пикселя, активная область — 352 × 289 пикселя, качество — 460 ТВ-линий, цветность — 16 миллионов цветов, объектив — Tokina с ручной настройкой фокусного расстояния от 6 до 60 мм.

Расстояние между камерой и объектом при съёмке составляло 26 см. Освещение обеспечено двумя круглыми люминесцентными лампами, размещёнными над рабочей сценой. Дальнейшая обработка изображений включает сегментацию по компоненте H (Hue) цветовой модели HSV с целью отделения пикселей, принадлежащих фону, от пикселей, принадлежащих объекту (семени).

Эти пиксели изображения зерна извлекаются из цветовых признаков соответствующих моделей цвета путем формирования вектора цветовых

ISSN 3030-3907

признаков. База знаний и данных содержит среднеарифметические величины цветовых компонентов, которые усреднены по всем пикселям изображения отдельного кукурузного зерна.

Каждое кукурузное зерно оценено экспертом и классифицировано как принадлежащее к классу «здоровые» либо «заражённые» фузариозом (розовой формы).

Выбор метода для определения информационной значимости и дефинитивных цветовых признаков при распознавании двух классов кукурузных зёрен (здоровых и заражённых) основан на том, что данные имеют асимметричную структуру.

Способ опорных векторов (SVM) осуществляет классификацию пространства нелинейного преобразования в пространство линейно разделенных данных более высокой размерности.

В SVM-методе так называемые опорные точки — это граничные точки набора данных, которые в признаковом пространстве используются для построения оптимального разделяющего гиперплана. Этот гиперплан формируется таким образом, чтобы расстояние между границами двух классов было максимальным (рис. 1а).

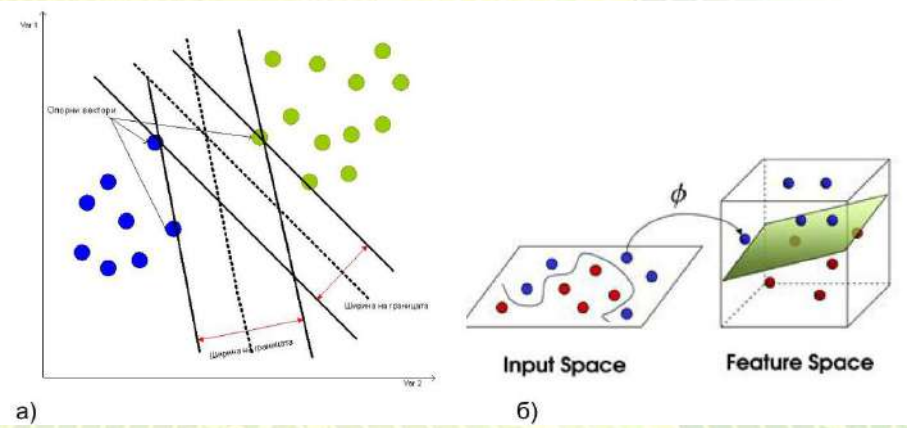


Рис. 1. Оптимальный гиперплан в SVM методе .

Как при обучении и классификации функция Ф представляет собой отображение пространства входов в новое, признаковое пространство более высокой размерности в виде скалярного произведения пар векторов Ф(x) и Ф(y).

$$K(x, y) = \langle \Phi(x), \Phi(y) \rangle$$

С помощью кернел-функции (ядровой функции) можно косвенно задать это скалярное произведение, что позволяет избежать явного перехода в высокоразмерное пространство. В зависимости от выбранной кернел-функции, могут быть построены различные типы классификаторов: линейный, RBF (Radial Basis Function), полиномиальный, нейронная сеть

ISSN 3030-3907

MLP [6,7].

В данной работе выбрана кернел-функция типа RBF, с шириной σ, и она имеет следующий вид:

$$K(x,y) = \exp\left(-\frac{\| x-y \|^2}{2\sigma^2}\right)$$

Для реализации метода опорных векторов (SVM) использовался программный пакет STATISTICA 8 компании *StatSoft*. Метод был реализован с применением радиально-базисной функции (RBF) в качестве кернел-функции. Рассматривался случай синтеза классификатора для двух классов: здоровые и заражённые фузариозом зерна кукурузы.

На первом этапе был выполнен предварительный выбор параметров: размер обучающей выборки составил 75% от общего объёма выборки, параметр Gamma, определяющий ширину RBF-функции, был установлен равным 1,00 (рис. 2).

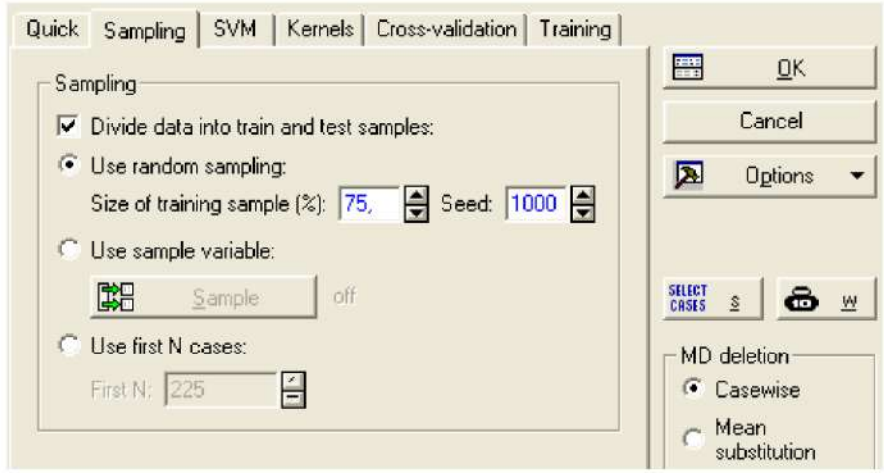


Рис. 2. Окно программной среды STATISTICA для задания параметров SVM-классификатора.

На следующем этапе был выбран тип кернел-функции, в качестве которого использовалась RBF-функция (рис. 3).

ISSN 3030-3907

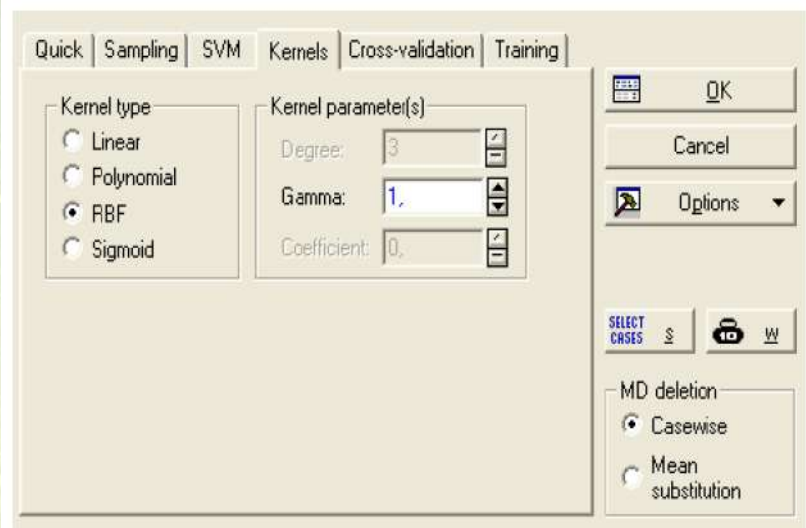


Рис. 3. Окно программной среды STATISTICA для выбора типа кернел-функции SVM-классификатора.

Следующий шаг состоит в оценке модели по достигнутой точности классификации для всей выборки (обучающей и тестовой), отдельно для каждого из 17 цветовых признаков.

На рис.4 показан этап реализации метода SVM, где: в качестве независимой переменной определён признак smean, сформировано 32 опорных вектора — по 16 для каждого из двух классов, достигнутая точность кросс-валидации составила 98,889%. Кроме того, на рисунке отображены также точности классификации: отдельно для обучающей выборки, отдельно для тестовой выборки.

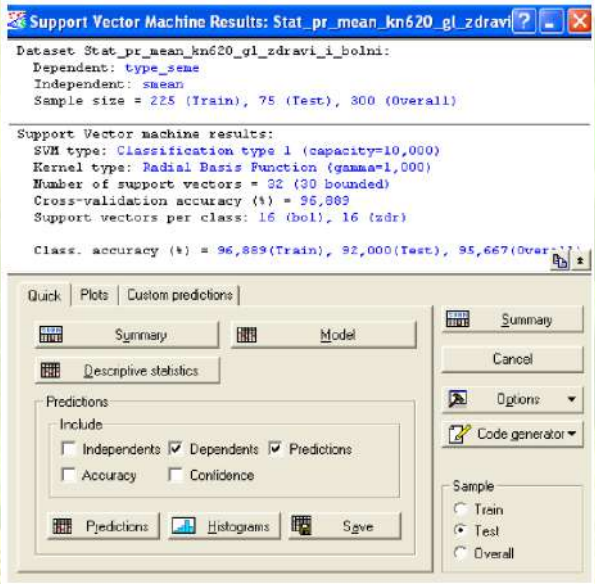


Рис. 4. Окно STATISTICA с результатами выполнения SVM-классификации по признаку smean

ISSN 3030-3907

На рис.5 представлены графики распределения образов из тестовой выборки по признакам: красные точки обозначают образцы здоровых семян; синие точки — образцы заражённых семян.

По признаку «smean» (рис. 5а) видно, что обрацзы хорошо разделимы, что указывает на его высокую информативность. В то время как по признаку «vmean» (рис. 5б) наблюдается полное перекрытие классов. Можно сделать вывод, что данный признак не является информативным для задачи распознавания.

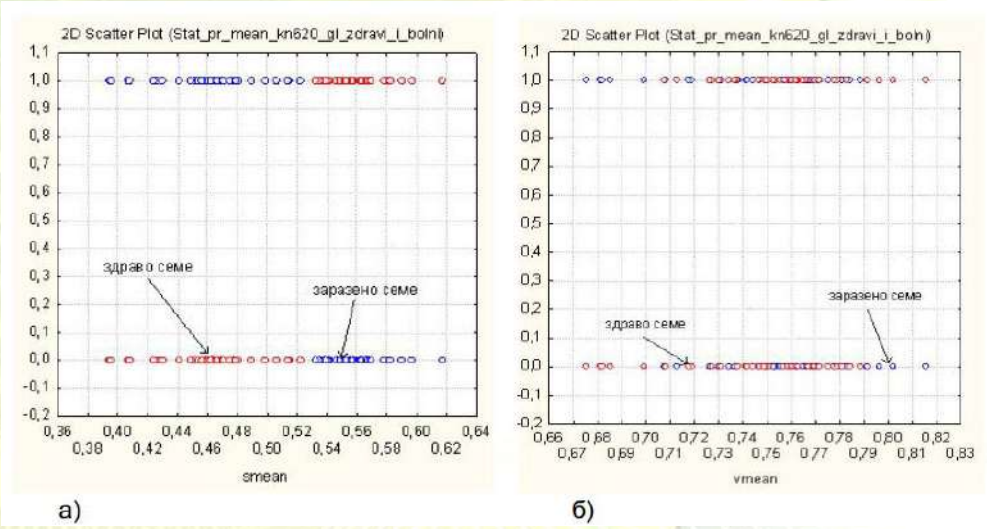


Рис. 5. Распределение образцов из тестовой выборки: а) - по признаку smean; б) - по признаку vmean.

Таблица 3.

Точность классификации (%) цветовых признаков зёрен кукурузы различных сортов при использовании метода SVM

Точность классификации (%)		сорта кукурузы					
Цветовая модель	**Цветовой признак**	**Ўзбекистон 601 ЕСВ**	**Ўзбекистон 300 МВ**	**Корасув 350 АМВ**	**Днепровский 181**	**Молдавский 257 СВ**	**Молдавский 215 АМВ**
RGB	R	58,33	80,67	70,67	78,67	81,67	65,33
	G	71,33	53,33	55,33	63,00	74,33	84,00
	B	**94,67**	92,67	91,33	89,67	95,67	95,67
HSV	H	62,33	54,67	69,67	80,67	91,67	77,33
	S	**95,67**	98,00	90,33	94,67	96,00	93,33
	V	58,00	80,67	70,33	78,67	81,00	66,00
Lab	L	68,33	58,00	51,00	63,00	64,68	83,00

ISSN 3030-3907

	a	72,00	61,67	70,00	62,67	84,33	64,67
	b	**92,33**	97,33	91,00	94,33	96,33	94,68
XYZ	X	68,00	62,00	53,67	62,00	57,67	82,33
	Y	68,67	59,00	51,33	62,33	64,33	82,33
	Z	**94,67**	88,00	89,33	84,67	95,33	96,00
YCbCr	Y	68,33	59,33	53,00	63,00	62,33	82,33
	Cb	**90,67**	94,33	86,33	92,33	95,33	89,67
	Cr	**90,33**	91,67	87,00	84,00	95,00	83,00
xyY	x	**94,33**	96,67	89,67	93,00	95,67	94,67
	y	**92,00**	96,33	89,67	94,33	95,67	94,67

Анализ свидетельствует о том, что при увеличении количества сформированных опорных векторов наблюдается снижение точности классификации. Для сорта «Ўзбекистон 601 ECB» выявлено наибольшее количество информативных признаков: B (RGB), S (HSV), b (Lab), Z (XYZ), Cb и Cr (YCbCr), x и y (xyY).

Сорта «Қорасув 350 AMB» и «Днепровский 181» являются близкими по информативным признакам, так как они во многом совпадают [8,9]. По признаку S (HSV) достигается удовлетворительная точность — более 95% — для сортов «Ўзбекистон 601 ECB» и «Молдавский 257 CB».

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Оценена информативность 17 цветовых признаков, представляющих собой средние значения цветовых компонентов моделей RGB, HSV, Lab, YCbCr, XYZ и xyY, в отношении исследуемых сортов кукурузных зёрен.

При классификации кукурузных зёрен с использованием метода опорных векторов (SVM) достигнута удовлетворительная точность — выше 95% — для следующих сортов: «Ўзбекистон 601 ECB», «Ўзбекистон 300 MB» и «Молдавский 257 CB».

Как наиболее информативный признак выделяется компонент S из цветовой модели HSV, который является ведущим для сортов зёрен «Ўзбекистон 601 ECB» и «Молдавский 257 CB».

ЛИТЕРАТУРА

1. Luo X., Jayas D.S., Symons S.J. Identification of damaged kernels in wheat using a colour machine vision system. *Journal of Cereal Science*, 30 (1999), pp. 49–59.

2. Manickavasagan A.G., Sathya, Jayas D.S., White N.D.G. Wheat class identification using monochrome images. *Journal of Cereal Science*, 47 (2008), pp. 518–527.

3. Venora G., Grillo O., Saccone R. Quality assessment of durum wheat storage

ISSN 3030-3907

centers in Sicily: Evaluation of vitreous, starchy and shrunken kernels using an image analysis system. *Journal of Cereal Science*, (2009), pp. 1–12.

4. Abdullah M.Z., Mohamad-Saleh J., Syahir A.S., Azemi B.M.W. Discrimination and classification of fresh-cut starfruits (*Averrhoa carambola* L.) using an automated machine vision system. *Journal of Food Engineering*, 76(4) (2006), pp. 506–523.

5. Мухамедханов У.Т., Сувонов Б.И. Классификация аграрной зерновой продукции на здоровые и заражённые плесенью по их цветовым характеристикам. *Научно-технический журнал «Инновационные технологии»*, №2/58, 2025, с. 144–150.

6. Мухамедханов У.Т., Сувонов Б.И., Дошанова М.Ю. Анализ функционирования систем машинного зрения для оценки качества сельскохозяйственных продуктов. *Raqamli transformatsiya va sun'iy intellect ilmiy jurnali*, ISSN 3030-3346, Vol. 3, No. 4, 2025, pp. 224–231.

7. Littman M.L. Support Vector Machines. URL: http://www.cs.rutgers.edu/~mlittman/courses/ml04/svm.pdf

8. Wu S. Support Vector Machines (presentation). URL: http://www.cogs.susx.ac.uk/users/siwu/Neural%20Networks/svm.ppt

9. Agro.uz. Сорта кукурузы, возделываемые в Узбекистане. URL: https://www.agro.uz/makkajo-xori/#1635005003379-86bad979-ed0b

ISSN 3030-3907

KARBAMID FORMALDEGID SMOLASI ASOSIDAGI YOG‘OCH PAYRAXALI PLITALARNING XOSSALARI

Arslanov Islom Kimsanovich
Toshkent Kimyo xalqaro universiteti professori v.b.
E-mail: islom05@mail.ru
Omonova Lola Choriyevna
Toshkent Kimyo Xalqaro Universiteti magistranti
E-mail: omonovalola810@gmail.com

Annotatsiya. Yog‘och payraxalari va karbamid-formaldegid smolasidan (KFS) siqib qoliplash mashinasida yog‘och payraxali plitalar (YPP) tayyorlandi. YPP larning xossalari bog‘lovchi (smola) va to‘ldiruvchi (payraxa) ning foizdagi tarkibiga bog‘liq ekanligi ta’kidlandi. KFS miqdori 30 ml dan 45 ml gacha oshishi bilan YPP ning mexanik xossalari yahshilangan. Suv shimuvchanlik KFS miqdori oshishi bilan kamaygan. KFS miqdori oshishi bilan bo‘kish qalinligi kamaygan va zichlik oshgan.

Kalit so‘zlar: Karbamid formaldegid smola, yog‘och qirindi, yog‘och payraxali plitalar, fizik-mexanik xossalar.

Аннотация. Древесно-стружечные плиты (ДСП) изготавливались на прессовальной формовочной машине из древесных стружек и карбамидоформальдегидной смолы (КФС). Отмечено, что свойства ДСП зависит от процентной соотношении смолы и наполнителя. С увеличением количества КФС от 30 мл до 45 мл улучшился свойства ДСП. С увеличением количества КФС водопоглощения и толщина набухания уменьшался, а плотность увеличился.

Ключевые слова: Карбамидоформальдегидная смола, древесная стружка, древесно-стружечная плита, физико-механические свойства.

Abstract. Chipboard was manufactured on a pressing molding machine from sawdust and Carbamide-formaldehyde resin (CFR). It is noted that the properties of chipboard depend on the percentage of resin and filler. With an increase in the amount of CFR from 30 ml to 45 ml, the properties of chipboard improved. With an increase in the amount of CFR, water absorption and the thickness of the swelling decreased and the density increased.

Keywords: Carbamide-formaldehyde resin, sawdust, chipboard, finical mechanical properties.

KIRISH.

YPP tolalardan farqli o‘laroq diskret bo‘laklar yoki zarrachalar shaklida sellyulozali materiallardan odatda yog‘ochdan tayyorlanadigan plitalar uchun umumiy atama sifatida ta’riflangan bo‘lib, sintetik smola yoki boshqa mos

ISSN 3030-3907

bog‘lovchilar bilan birlashtirilgan va issiq pressda issiqlik va bosim ostida bir-biriga bog‘langan materiallarga aytiladi. Bunda butun zarrachalararo bog‘lanish qo‘shilgan bog‘lovchi tomonidan amalga oshiriladi va ishlab chiqarish jarayonida ma’lum xususiyatlarni yaxshilash uchun boshqa materiallar ham qo‘shiladi [1].

Tarixan, yengil yog‘och texnologiyasidan olingan mahsulotlar juda qimmat va eksklyuziv bo‘lgan. Ular aeronavtika sohasida yoki avtomobilsozlik sohasida qo‘llanilgan. Vaqt o‘tishi bilan yengil yog‘och mahsulotlarini arzon, ammo ishlab chiqarish jarayonlari, tadqiqot va ishlanmalarda samaradorlikni oshirish orqali sifatliroq qilib ishlab chiqarish mumkin bo‘lgan. Bu tendensiya mebel sanoatida juda kuchli sezilgan [2-4].

YPP lar oddiy yog‘och va faneraga qaraganda arzonroq, zichroq va bir xilroqdir va tashqi ko‘rinish va mustahkamligi tannarxdan ko‘ra muhimroq bo‘lmaganda ular bilan almashtiriladi. Biroq, ushbu plitalarni bo‘yash yoki ko‘rinadigan yuzalariga yopishtiriladigan yog‘och qoplamalardan foydalanish orqali yanada jozibador qilish mumkin [5-7]. Bugungi kunda dunyo bo‘ylab yuzdan ortiq YPP zavodlari faoliyat yuritmoqda va ular yog‘och va faner o‘rnini bosuvchi ideal mahsulot hisoblanadi.

Sintetik bog‘lovchi moddalar sof polimerlar, polimer aralashmalari, qatronlar va moylardan ishlab chiqarilgan maxsus yelimlovchi materiallardir. 1884 yilda birinchi marta ishlab chiqarilganidan beri karbamid-formaldegid qatronlari yog‘och sanoatida yelim sifatida keng qo‘llanila boshlandi [8].

Karbamid-formaldegid shaffof bo‘lmagan termoreaktiv smola bo‘lib, ammiak yoki piridin kabi yumshoq asos ishtirokida qizdirilgan karbamid va formaldegiddan tayyorlanadi. U yuqori cho‘zilishga bo‘lgan mustahkamligi, egiluvchanligi va termik deformatsiya harorati, past suv shimuvchanlik, qoliplashda kirishishi, yuqori sirt qattiqligi, uzilishdagi solishtirma uzayish va hajmiy mustahkamligi bilan ajralib turadi [9,10]. U ko‘plab ishlab chiqarishda qo‘llaniladi. Masalan, dekorativ laminatlar, to‘qimachilik mahsulotlari, qog‘oz, quyma qum qoliplari, g‘ijimlanmaydigan matolar, paxta. U yog‘ochni bir-biriga yopishtirishda yelim sifatida ham ishlatiladi. Karbamid formaldegid odatda elektr jihozlari (masalan, stol lampalari) korpusini ishlab chiqarishda ham ishlatilgan.

Karbamid-formaldegid smolasi o‘rtacha zichlikdagi yog‘och tolali plita, yog‘och payraxali plita va ichki foydalanish uchun qattiq yog‘och fanera kabi yog‘och asosli panellarni ishlab chiqarish uchun bog‘lovchi yelim sifatida keng qo‘llaniladi. KFS past narxi, mog‘or va zamburug‘larga chidamliligi va foydalanish qulayligi (masalan, aralashtirish, qo‘llash va tozalash) kabi xususiyatlarga ega bo‘lgan ajoyib yelimdir. U yog‘ochning aksariyat turlari bilan ko‘plab kombinatsiyalarda muvaffaqiyatli bog‘lanishi mumkin [11,12]. Biroq,

ISSN 3030-3907

formaldegid ajralib chiqishi KFS ning asosiy kamchilik xususiyati hisoblanadi. Formaldegid/karbamid (F/K) mol nisbati qanchalik past bo‘lsa, KFS da erkin formaldegid miqdori shunchalik kam bo‘ladi. Yangi qatronlar va qatron texnologiyalari natijasida KF smolasidagi formaldegid ajralishi kamayib bormoqda [13].

Karbamid-formaldegidning yuqori reaktivligi, yaxshi ko‘rsatkichlari va arzon narxi tufayli u yog‘och payraxali plitalar ishlab chiqarish va yopishqoq smola sifatida qo‘llanilishi keng yoritilgan [14]. Yog‘och qipig‘idan foydalangan holda yog‘och payraxali plitalar ishlab chiqarish uchun KFS dan foydalanish ham qayd etilgan [15]. Grechka poyasini KFS yelimi bilan aralashtirib plitalar olish bo‘yicha tadqiqotlar olib borilgani haqida ma’lumotlar keltirilgan [16,17].Yog‘och asosidagi plitalarni KFS bilan ishlab chiqarishdagi asosiy qiyinchiliklaridan biri - bu KFS o‘tkir hidga ega bo‘lgan uchuvchan gaz ekanligidir [18-20].

YPP ni ishlab chiqarish, yuqorida ta’kidlanganidek, bog‘lovchi moddani (smola) ishlatishni o‘z ichiga olib, YPP sanoatida yuqori sifatli mahsulotlar ishlab chiqarishda ko‘p miqdorda bog‘lovchi ishlatilmoqda. Yelimlangan yog‘och kompozit sanoatida bog‘lovchi modda ishlab chiqarish tannarxning 32% gacha qismini tashkil etadi. YPPni ishlab chiqarishda turli xil bog‘lovchi moddalar qo‘llanilgan va ular asosan namlik va/yoki haroratga bo‘lgan munosabati asosida ichki yoki tashqi foydalanish talablarini qondirishi bilan tasniflanadi. Hozirgi vaqtda karbamid-formaldegid, fenol-formaldegid, fenol-rezorsin formaldegid, melamin-formaldegid va ularning hosilalari (ya’ni modifikatsiyalangan formaldegidli kondensatsion polimerlar) kabi formaldegidli kondensatsion polimerlar asosiy hisoblanadi. Boshqalarga: izotsianatli yelim, gips, azotli modifikatsiyalangan amilatsli bog‘lovchi, magneziya va boshqalar kiradi. Fenol-formaldegid va karbamid-formaldegid qatronlarining nisbatan arzonligi va isbotlangan ko‘rsatkichlari ularni kompozitsion yog‘och mahsulotlari uchun eng muhim yelimlash tizimlariga aylantirgan. Bu ikki smola formaldegid (CH_2O) ni mos ravishda fenol (C_6H_5OH) va mochevina (H_2NCONH_2) bilan polimerlanishining (kondensatsiyalanish) qadamli reaksiyasi natijasida hosil bo‘ladi.

Mochevina ($CO(NH_2)_2$) rangsiz va hidsiz kristall, suyuqlanish harorati 132,7°C bo‘lib uni karbamid deb ham ataladi. Odam va boshqa sutemizuvchilar machasida ko‘p miqdorda uchraydi. Ozroq miqdorda qon, jigar, limfa va seroz suyuqliklarda, baliq va boshqa ko‘pgina hayvonlar axlatida bo‘ladi. Karbamid asosan jigarda oqsil almashinuvining yakuniy mahsuloti sifatida ishlab chiqariladi.

Karbamid tarkibidagi mavjud azot, machadagi azotning asosiy qismini tashkil etib asosan oziq-ovqat oqsilidan hosil bo‘ladi, ammo uning bir qismi tana

ISSN 3030-3907

hujayralarining parchalanishidan hosil bo‘ladi. Karbamid turli zamburug‘ mog‘orlarida, shuningdek, ko‘plab dukkakli va boshoqli o‘simliklarning barglari va urug‘larida ham mavjud. Birikma suvda ham, spirtda ham eriydi, efirda kam eriydi. Karbamid 1828-yilda nemis kimyogari Fridrix Voler tomonidan ishlab chiqilgan Voler sintezi orqali sintetik usulda tayyorlanadi.

$CO_2 + 2NH_3 \rightarrow NH_3CONH_3 + H_2O \Rightarrow H_2NCOONH_4$

Azotning miqdori yuqori darajada mavjudligi tufayli, tijorat maqsadlarida ishlab chiqarilgan karbamid qishloq xo‘jaligi o‘g‘itlari ishlab chiqarishda ham qo‘llaniladi. Karbamid nitrosellyulozali portlovchi moddalarda stabilizator sifatida ham ishlatiladi va sintetik usulda tayyorlangan smolalarning asosiy tarkibiy qismi hisoblanadi. KF smolalari molekulalardan tashkil topgan bo‘lib, ular o‘zaro birikib, shaffof, qattiq plastmassalarga aylanadi. KF smolasining xossalari fenol qatronlarining xossalariga o‘xshaydi. Nomlaridan ko‘rinib turibdiki, bu smolalar karbamid (H_2NCONH_2) va formaldegid (CH_2O) o‘rtasidagi kondensatsion reaksiyalari natijasida hosil bo‘ladi. Formaldegidning amino birikmalari bilan foydali smolalar hosil qilish reaksiyasida ikkita asosiy bosqich mavjud.

MATERIALLAR VA USULLAR

Materiallar

Yog‘och payraxalar, shisha buyumlar, termostat issiqlik plitasi, so‘ruvchi javon, magnit aralashtirgich, metall va qolip plastina, siqib qoliplash (20 tonnali) mashinasi. Raqamli pH o‘lchagich, tarozi, shpatel va termometr. 400 ml formaldegidning 40 foizli eritmasi, karbamid 200 mg, ammiak eritmasi (15ml), ammoniy xlorid.

USULLAR

Yog‘och payraxalarni olish

Yog‘och payraxalar dastlab 72 soat atrofida quyoshda quritilib keyin maydalandi va ko‘zlarining o‘lchami 72μm bo‘lgan elak yordamida bir xil o‘lchamdagi payraxa olish uchun elandi.

Karbamid formaldegid smolasining laboratoriya sintezi

KFS sintezi formaldegid bilan karbamidni 2,0:1,0 nisbatda kondensatsiya reaksiyasi orqali amalga oshirildi. 400 ml 40% li formaldegidning suvli eritmasi termostat plitkasida turgan toza quritilgan 500 ml li menzurka stakanga quyilib eritma havo so‘rish javonida 5 daqiqa davomida aralashtirildi. Oz-ozdan 200 g karbamid, so‘ngra 15 ml ammiak eritmasi qo‘shildi. Aralashma 65°C haroratda magnitli aralashtirgich bilan bir soat davomida uzluksiz ravishda aralashtirildi. Suv miqdorini bug‘latish uchun olingan aralashma 65^0C dan yuqori haroratda 5 soat davomida qizdirilib konsentratsiyalandi. Bunda pH darajasi 8 da ushlab turildi. Yopishqoq suyuqlik hosil bo‘lishi uchun konsentrat xona haroratida sovitildi.

ISSN 3030-3907

Qatronlash va shakllantirish bosqichi

O‘zgarmas hajmdagi yog‘och qipig‘i sintez qilingan karbamid-formaldegid eritmasiga qo‘shilib elektr aralashtirgich yordamida yaxshilab aralashtirildi. So‘ngra nam material, ichiga alyuminiy folga solingan (uzunligi 120 mm, eni 60 mm va qalinligi 20 mm) qolipga quyildi. Keyin qolip siqib qoliplash mashinasiga joylashtirilib 10 tonna bosim ostida 150°C haroratda 15 daqiqa davomida ushlab turildi. Jarayon 30, 35, 40 va 45 ml miqdordagi karbamid formaldegid smolasiga qirindining o‘zgarmas og‘irligida amalga oshirildi. Olingan YPP namunalari xona haroratida sovitildi va ularning mexanik xossalari aniqlandi.

Eslatma: NN - tarkibida to‘ldiruvchi bo‘lmagan va KFS miqdori 50% bo‘lgan nazorat namunasidir.

Suv shimuvchanlik

Bu xona haroratida sinov namunalarni (uzunligi 20 mm, eni 10 mm va qalinligi 20 mm) 24 soat davomida suvda ivitishdan oldin va keyin tarozida tortish orqali amalga oshirildi.

Qalinlik bo‘yicha bo‘kish

Qalinlik bo‘yicha shishining sinovi namunalarni suvga solishdan oldin va suvga solgandan keyin 24 soatdan song qalinlikni o‘lchovchi uskunada o‘lchash orqali amalga oshirildi. Barchasi xona haroratida o‘rnatildi. Qalinlik farqining namunalarning dastlabki qalinligiga nisbati, namunaning foizli qalinlik oshishi hisoblanadi.

Zichlik

Namunalarning har birining zichligi har bir namunaning og‘irligini uning tegishli hisoblangan hajmiga bo‘lish orqali aniqlandi. Ularning og‘irliklari analitik-tortish tarozisi yordamida, hajmi esa tegishlicha o‘lchangan uzunligi, eni va qalinligini ko‘paytirish orqali topildi.

Natijalar va muhokama

Suv shimuvchanlik

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, YPP tarkibida ishlatiladigan KF smolasi miqdori oshishi bilan suv shimuvchanlik mos ravishda 16,67%, 10,00%, 6,95%, 5,55% ga kamaydi va NN suvga moyilligi kam yoki umuman yo‘qligini ko‘rsatdi (1-jadval). Bu KF smolasi molekulasi ichidagi kuchli molekulalararo kogeziv bog‘lanish tufayli yuzaga keladigan KF smolasining gidrofob tabiati natijasida sodir bo‘lib, bu suvning KF smolaga kirishiga to‘sqinlik qilgan. Biroq, KFS matritsasiga to‘ldiruvchi kiritilishi bilan organik to‘ldiruvchining suvga yuqori moyilligi (gidrofilligi) tufayli gidrofoblik tabiati kamayagan va bu kompozitda ishlatiladigan KF smolasining miqdori kamayishi bilan ortgan.

ISSN 3030-3907

YPP larning namlikka munosabati suv shimuvchanlik darajasi yoki namlikka qarshilik ko‘rsatish qobiliyatining funksiyasi bo‘lib, u namunaning tarkibi va tayyorlanishiga bog‘liq.

Bu kutilmagan holat emas, chunki kondensatsion polimerlar suv ta’siri, to‘ldiruvchi miqdori, namlik va issiqlikdan yemirilish kabi ko‘plab ta’sirlar natijasida buzilishlarga moyilligi mavjud. Bu shundan dalolat beradiki, KFS ning kogezion va bog‘lovchi kuchlari hatto yuqori haroratda ham yetarli darajada emas va barqarorligi past bo‘lib, bu fikrni ushbu o‘tkazilgan tadqiqot natijalari tasdiqlaydi.

1-jadval.

Suv shimuvchanlik natijalari

KFS (ml)	To‘ldirgich (qirindi), g	Shimilgan suv hajmi, (ml)	Shimilgan suv foizi, %
30	20	0,2	16,67
35	20	0,19	10,00
40	20	0,16	6,95
45	20	0,15	5,55
NN	-	-	-

Qalinlik

Qalinlikning bo‘kish darajasi – bu nam muhitda YPP larning o‘lcham barqarorligi ko‘rsatkichi bolib, u YPP tarkibi va mavjud haroratga bog‘liq ekanligini ko‘rsatadi.

Xona haroratida YPP lar 0,004 mm, 0,004 mm, 0,003 mm, 0,002 mm va 0,000 mm qalinlikdagi bo‘kishlarni namoyon qildi (2-jadval). Bunda dastlabki holatdagi qalinlik bilan sezilarli darajada o‘zgarish bo‘lmadi. Bu YPP larni o‘lchamlari xona haroratlarida kamroq barqarorlikka ega ekanligi va smola tarkibiga bog‘liq ekanligini anglatadi. Bu ularning kuchsiz va nisbatan barqarorligi kam bo‘lgan kogezion va adgeziya kuchlari bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin.

2-jadval.

Bo‘kish qalinligi sinov natijalari

KFS (ml)	To‘ldirgich (qirindi), g	Bo‘kishkan oldingi qalinlik, mm	Bo‘kishkan keyingi qalinlik, mm	Qalinlikni o‘zgarishi, mm
30	20	2,006	2,010	0,004
35	20	2,004	2,008	0,004
40	20	2,003	2,006	0,003
45	20	2,000	2,002	0,002
NN	-	2,000	2,000	0,000

ISSN 3030-3907

Zichlik

Materialning zichligi uning mexanik xususiyatlarini belgilaydi. Namunalarining zichligi 0,00065, 0,00104, 0,00126, 0,00148 va 0,00159 gacha oshganligini ko‘rish mumkin (3-jadval). Tarkibida 45% KFS bo‘lgan namunaning zichligi sezilarli darajada oshishi kuzatilgan. Zichlashtirish kuchlari kamligi tufayli YPP larning zichligi pastroq ekanligi belgilandi. Biroq, tarkibida 40 va 45% karbamid smolasi bo‘lgan namunalar biroz zichroq bo‘lgan.

3-jadval.

Zichlik sinovi natijalari

KFS (ml)	To‘ldirgich (qirindi), g	Zichlik, g/cm^3
30	20	0,00065
35	20	0,00104
40	20	0,00126
45	20	0,00148
NN	-	0,00159

XULOSA

Yog‘och-payraxali plitalarning hossalari kompositsiya tarkibdagi komponentlarning foizdagi nisbatlariga bog‘liqdir. Bundan yog‘och - payraxali plitalarning xossalari smola-to‘ldirgich nisbatiga bog‘liq ekanligi kelib chiqadi. Binobarin, foiz tarkibining o‘zgarishi yog‘och-payraxali plitalarning xossalarini o‘zgartiradi.

Yog‘och-payraxali plitalarni karbamid-formaldegid smolasidan bog‘lovchi sifatida foydalanib ishlab chiqarish mumkin.

Karbamid formaldegidli yog‘och-payraxali plitalar suv shimilishiga kamroq qarshilik ko‘rsatadi. Demak, ular kamroq o‘lcham barqarorligiga ega. Shuning uchun KFS asosidagi yog‘och-payraxali plitalar namlik sharoitlarida qo‘llanilishi maqsadga muvofiq emas.

Ko‘proq hajmdagi karbamid smolasidan foydalangan holda ishlab chiqarilgan yog‘och-payraxali plitalar o‘lcham jihatidan barqarorroq bo‘lib, ularning suv shimuvchanligi va qalinligi bo‘yicha bo‘kishi, karbamid smolasi kamroq qoshilgan namunalarga nisbatan kichikroq qiymatlarida namoyon bo‘ldi.

Natijalar shuni ko‘rsatdiki, smola-qirindi nisbati suvning shimilishi, qalinlik bo‘yicha bo‘kishi, qattiqlik va zichlikka sezilarli ta’sir ko‘rsatdi.

KF smolasi asosidagi yog‘och-payraxali plitalarning mexanik xossalari yahshi ko‘rsatkichlarga ega emas. Ular deformatsiyaga kam qarshilik ko‘rsatadi. Shu sababli, KFS asosidagi yog‘och-payraxali plitalarning chidamliligi,

ISSN 3030-3907

qovushoqligi va ishqalanishga bo‘lgan mustahkamligi pastroq bo‘ladi deb ta’kidlangan.

KFS asosidagi yog‘och-payraxali plitalarni ishlab chiqarish Fenol Formaldegid smolali plitalarga nisbatan arzonroqdir, chunki KF smolasining asosiy componenti hisoblangan karbamid arzon va keng tarqalgandir.

ADABIYOTLAR

1. Rocket. F. H., Encyclopaedia of Science and Technology 8th edition, Volume 4, P 257 (McGraw-Hill Inc 1997).
2. Brady, George S.; Clauser, Henry R.; Vaccari A., John. Materials Handbook (14th ed.). (New York, NY: McGraw-Hill 1997).
3. Yong-Sung Oh Mohd Ariff Jamaludin Evaluation of rapeseed stalk particleboard bonded with laboratory-made ureaformaldehyde resin Ciência Florestal, Santa Maria, v. 25, n. 2, 2015 p. 515-521.
4. Mamza. P. A. P. and Shadrach, K., The mechanical properties of urea formaldehyde particle boards International Journal of Pure and Applied, 2 (2), 2008. 15-21.
5. Yong-S. O and Sung. S, Use of buckwheat stalk in particleboard bonded with urea-formaldehyde resin adhesive, Cellulose Chemistry and Technology, 46 (9-10), 2012. 643-647.
6. Hofstrand. A. D. Mosleni. A. A. Garsiya. J. F, Curing Characteristics of wood particles from nine northern Rocky Mountains species mixed with Portland cement, O‘rmon xo‘jaligi ishlab chiqarish jurnali, 34 (7), 1984. 56-61.
7. Aisien F. A, Amenaghawon AN, Bienose KC. Particle boards produced from cassava stalks: Evaluation of physical and mechanical properties. S Afr J Sci. 2015; 111 (5/6), Art.#2014-0042, 4 pages. http://dx.doi.org/10.17159/sajs.2015/20140042
8. Arslanov Islom Kimsanovich, Turdalieva Makhina Komiljonovna, & Khasanov Jalil Ozod Ugli. (2026). Carbamide Composition With Quartz Fillers And Hydrogel Additives. The American Journal of Engineering and Technology, 8(01), 219–230. https://doi.org/10.37547/tajet/Volume08Issue01-20
9. Duku M. H, Gu S, Hagan EB. A comprehensive review of biomass resources and biofuels potential in Ghana. Renew Sust Energy Rev. 2011; 15 (1): 404–415.http://dx.doi.org/10.1016/j.rser.2010.09.033
10. Amenaghawon N. A, Aisien FA, Ogbeide SE. Bioethanol production from pretreated cassava bagasse using combined acid and enzymatic hydrolysis. University of Benin J Sci Technol. 2013; 1 (2): 48–53.
11. Paul A. P Mamza, Emmanuel C. Ezeh, E. C. Gimba, David Ebuka Arthur. Comparative Study Of Phenol Formaldehyde And Urea Formaldehyde

ISSN 3030-3907

Particleboards From Wood Waste For Sustainable Environment. International Journal of Scientific & Technology research. 2014 volume 3, issue 9.
12. Mamza, P. A. P. Shedrach, K. (2008). The Mechanical Properties of Urea-formaldehyde particleboards. International Journal of Pure and Applied Sciences, 2 (2) 15-21.
13. Mamza, P. A. P. Aliu, A. Muhammed, R. A. (2010). The effects of iron filling on some mechanical and physical properties of sawdust particleboard. Nigerian Journal of Basic and Applied Science, 18 (1): 112-119.
14. Adajineh, F., 2008, "Production of particleboard composite from sugarcane bark and Baggasse", Unpublished Research project, Chemical Engineering Department, A. B. U, Zaria. Nigeria.
15. Deppe, H. J, and Ernst, K, 1986, "Reducing Particleboard Pressing Time", An Exploratory study, U.S Dept. of Agriculture Forest Service, Madison, 3-14 USA.
16. American Journal of Chemical and Biochemical Engineering 2018; 2(1): 10-15 15
17. Deka, M. and Saikia, C. N, 2000, "Effects of Amino Resin Treatment on Dimensional Stability, Bio Researches Technology 73, 179-181.
18. Mosesson, J. G, 1980, "The processing and use of straw as constructional Material". Conservation and reserving 3: 369-412.
19. Wang, D. and Sun, X. N. 2002, "Low-density particleboard from wheat Straw and corn pith" Industrial crops and products. 15, 47-50.
20. www.niir.org/books/book/zb, 2005, "The Complete Technology Book on Wood and Its Derivative". National Institute of Industrial Research.
21. Bodig, J, and Jayne, B. A (1982) Mechanics of wood andwood composite, Van Nostrand Reinhold Company Inc, New York.
22. Cartyle, A. A.; McGee, L. B., and McLean, R. A (1956) Wood Particleboard Handbook, School of Engineering, North Carolina State College Raleigh, N. C. 57.

ISSN 3030-3907

KOBALTNING TOKSIKOLOGIYASI, BIOLOGIK ROLI, SALOMATLIKKA TA'SIRI VA ANIQLANISH USULLARI.

Atavulloyev Hafiz Hayotovich

Mirzo Ulug'bek nomidgi O'zbekiston Milliy Universitet tayanch doktaranti

Annotatsiya. Ushbu maqolada kobalt elementining tirik organizmlar va atrof-muhitga ta'siri hamda uni analitik aniqlash usullari tahlil qilindi. Kobalt biologik jihatdan muhim mikroelement bo'lib, u B_{12} vitamini tarkibiga kiradi va qon hosil bo'lishi hamda metabolik jarayonlarda muhim rol o'ynaydi. Shu bilan birga, yuqori konsentratsiyalarda kobalt toksik ta'sir ko'rsatib, yurak-qon tomir, asab, reproduktiv va endokrin tizimlarda salbiy o'zgarishlarni keltirib chiqarishi mumkin. Maqolada kobaltning o'simliklar, suv organizmlari va mikroorganizmlarga ta'siri ham ko'rib chiqildi. Shuningdek, kobalt ionlarini aniqlash uchun qo'llaniladigan zamonaviy analitik metodlar atom-absorbsiya spektroskopiyasi, induktiv bog'langan plazmali mass-spektrometriya, spektrofotometrik va elektrokimyoviy usullar tahlil qilindi. Sorbsion materiallar asosidagi yangi analitik yondashuvlar kobaltni iz miqdorlarda aniqlash imkoniyatini oshirishi ta'kidlandi. Bundan tashqari, kobalt bilan zaharlanish holatlarida xelatoterapiya va gemodializ kabi davolash usullarining ahamiyati yoritildi.

Kalit so'zlar: kobalt, toksikologiya, Atom-absorbsiya spektroskopiyasi, ICP-MS, spektrofotometrik, elektrokimyoviy usul, sorbsion spektroskopiya; xelatoterapiya.

Abstract. This article analyzes the effect of the element cobalt on living organisms and the environment and methods for its analytical determination. Cobalt is a biologically important microelement, it is a component of vitamin B12 and plays an important role in blood formation and metabolic processes. At the same time, cobalt in high concentrations can have a toxic effect, causing negative changes in the cardiovascular, nervous, reproductive and endocrine systems. The article also considers the effect of cobalt on plants, aquatic organisms and microorganisms. Also, modern analytical methods used to determine cobalt ions, such as atomic absorption spectroscopy, inductively coupled plasma mass spectrometry, spectrophotometric and electrochemical methods, were analyzed. It was noted that new analytical approaches based on sorption materials increase the possibility of detecting cobalt in trace amounts. In addition, the importance of treatment methods such as chelation therapy and hemodialysis in cases of cobalt poisoning was highlighted.

Keywords: cobalt, toxicology, Atomic absorption spectroscopy, ICP-MS, spectrophotometric, electrochemical method, sorption spectroscopy; chelation therapy.

ISSN 3030-3907

Аннотация. В данной статье анализируется влияние элемента кобальта на живые организмы и окружающую среду, а также методы его аналитического определения. Кобальт — биологически важный микроэлемент, входящий в состав витамина B12 и играющий важную роль в кроветворении и процессах обмена веществ. При этом кобальт в высоких концентрациях может оказывать токсическое действие, вызывая негативные изменения в сердечно-сосудистой, нервной, репродуктивной и эндокринной системах. В статье также рассматривается влияние кобальта на растения, водные организмы и микроорганизмы. Кроме того, проанализированы современные аналитические методы определения ионов кобальта, такие как атомно-абсорбционная спектроскопия, масс-спектрометрия с индуктивно связанной плазмой, спектрофотометрические и электрохимические методы. Отмечено, что новые аналитические подходы, основанные на сорбционных материалах, повышают вероятность обнаружения кобальта в следовых количествах. Также подчеркнута важность методов лечения, таких как хелатирующая терапия и гемодиализ, в случаях отравления кобальтом.

Ключевые слова: кобальт, токсикология, атомно-абсорбционная спектроскопия, ICP-MS, спектрофотометрический метод, электрохимический метод, сорбционная спектроскопия; хелатирующая терапия.

KIRISH.

Kobalt tirik organizmlar uchun muhim mikroelement bo‘lib, yuqori konsentratsiyalarda salomatlik uchun zararli bo‘lishi mumkin. U ko‘katlar, sabzavotlar, ziravorlar, go‘sht, sut mahsulotlari, dengiz mahsulotlari, tuxum va ichimlik suvida uchraydi. Kobalt inson va hayvonlar metabolizmida muhim ahamiyatga ega bo‘lib, B_{12} vitaminining hosil bo‘lishida asosiy element hisoblanadi.

Organizmda kobalt miqdorining ortishi qusish, ko‘ngil aynishi, diareya, qon ketishi, qon bosimining pasayishi, yurak va qalqonsimon bez kasalliklari, soch to‘kilishi, suyak nuqsonlari hamda ayrim fermentlar faolligining pasayishiga olib keladi. Aksincha, kobalt yetishmovchiligi anoreksiya, surunkali holsizlik va zararli anemiya rivojlanishiga sabab bo‘lishi mumkin.[1]

Insonlar kunlik oziq-ovqat iste’moli orqali taxminan 5–50 mkg kobaltni noorganik shaklda qabul qiladi. Noorganik kobalt birikmalarining og‘iz orqali so‘rilishi ularning suvda eruvchanligiga bog‘liq bo‘lib, 5–45% oralig‘ida o‘zgaradi. Kasbiy faoliyat tufayli ayrim ishchilar kobalt birikmalarini nafas orqali qabul qiladi va bu holatda ham yutilish darajasi moddaning eruvchanligiga bog‘liq bo‘ladi.

ISSN 3030-3907

Kobalt organizmdan asosan siydik orqali tez chiqariladi va odatda to‘planmaydi. Biroq siydik yoki qondagi kobalt miqdorining ortishi turli kasalliklarni keltirib chiqarishi mumkin. Kobalt ionlari genotoksik xususiyatga ega bo‘lib, DNK tuzilishiga zarar yetkazadi, shuningdek kobaltning ayrim shakllari tajriba hayvonlarida kanserogen ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan[2].

Kobaltning ta’siri boshqa zaharli metallar ta’siriga o‘xshash bo‘lib, uzoq muddat ta’sir etganda inson hayoti davomida kanserogen kasalliklar va mutagen o‘zgarishlarning rivojlanishiga sabab bo‘lishi mumkin[3].

Yevropa Komissiyasi tomonidan Kobalt "muhim xom ashyo" sifatida tan olingan. Ruda konlari va undan keyingi qazib olish ishlari bilan bog‘liq muhitlarda Co ning yuqori konsentratsiyasi ro‘yxatga olingan: kon suvida **34.4 g/l gacha**, chiqindilarda **14.165 g/kg gacha**, tuproqlarda **21.134 g/kg gacha** va oqim cho‘kindilarida **18.434 g/kg gacha** [4].

Kobalt (Co) uchun suv sifati standartlari hozircha Yevropa Ittifoqi yoki Qo‘shma Shtatlar tomonidan ishlab chiqilmagan. Surunkali Kobalt toksikligi sinovlari o‘n turli dengiz organizmlarida, suv o‘tlaridan baliqlargacha, xalqaro suv sifatini sinovdan o‘tkazish standartlariga muvofiq olib borilgan. Surunkali 10% ta’sir konsentratsiyasi qizil suv o‘tlarida (**Champia parvula**) 1,23 µg erigan Co/l dan boshlanib, qo‘yboshli minnow (**Cyprinodon variegatus**) uchun 31 800 µg erigan Co/l gacha bo‘lgan diapazonni tashkil qilgan[5]. Bu natijalar shuni ko`rsatadiki kobalt elementining biologik roli va salomatlikka tasiri atroflicha yaxshi yoritilmagan .

2. ADABIYOTLAR TANLASH METODOLOGIYASI.

Adabiyotlar qidiruvi Scopus, Web of Science, PubMed, Google Scholar, DOAJ va boshqa yirik xalqaro bibliografik bazalarda amalga oshirildi . Analitik kimyo, atrof-muhit kimyosi, ekologiya va toksikologiya sohalarida asosan ingliz tilidagi yuqori impact faktorli jurnallar va kitoblarning oxirgi 5 yil ichida (2020–2025) nashr qilingan ma’lumotlar ishlatildi. Bundan tashqari, qo‘lda qidiruv ham asosiy ekologik va kimyoviy jurnallarda amalga oshirildi.

3.KOBALT IONINING ATROF –MUHITGA TA`SIRI.

Nikel (Ni) va kobalt (Co) turli sanoat tarmoqlarida, xususan, korroziyaga chidamli po‘latlarning tarkibiy qismlari va galvanik ishlab chiqarishda keng qo‘llaniladi. Tabiiy muhitning ushbu potentsial zaharli elementlar bilan ifloslanishi antropogen faoliyat natijasidir. Shu bois, mikroblarning ushbu metallarga chidamlilik mexanizmlarini tushunish ularni samarali tiklash va atrof-muhitni tozalash uchun muhim hisoblanadi [6].

Kobalt organizmda asosiy biologik jarayonlarda ishtirok etadigan muhim mikroelement bo‘lib, u asosan B_{12} vitamini (kobalamin) tarkibiy qismi sifatida va

ISSN 3030-3907

eritropoezni tartibga soluvchi vosita sifatida xizmat qiladi. Kobalt yetishmovchiligi megaloblastik anemiyaga olib kelishi mumkin, ortiqcha miqdori esa qalqonsimon bez, yurak-qon tomir va gematopoetik tizimlar uchun toksik hisoblanadi.

So‘nggi tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, Kobaltionlari gipoksiyani boshqaradi va angiogenezni rag‘batlantiradi, bu to‘qimalarni tiklash mexanizmi sifatida muhimdir. Kobalt ta’siri asosan HIF-1αni barqarorlashtirish orqali yuzaga keladi, bu esa VEGF, FGF va EPO kabi angiogen genlarni faollashtiradi. Eksperimental tadqiqotlar kobaltning endotelial hujayralar proliferatsiyasi, migratsiyasi va mikrovaskulyar shakllanishini kuchaytirishini tasdiqladi. Shuningdek, Co^{2+} bilan stimulyatsiya qilingan makrofaglar integrin-β1 ga boy ekzosomalar ajratadi, bu oshiradi.[7].

O‘simliklarda kobalt (Co)ning ortiqcha miqdori turli muammolarni keltirib chiqaradi: u temir (Fe) bilan antagonistik ta’sir qilib, Fe yetishmovchiligi, barglarning to‘kilishi va xlorofil miqdorining pasayishiga olib keladi. Co ba’zi o‘simliklar, jumladan dukkaklilar uchun muhim bo‘lsa-da, ortiqcha miqdori o‘sishni to‘xtatadi. Shu nuqtai nazardan, IMN 4 (Delftia sp.) va SBTS 12 orqali Co toksikligini kamaytirishda ishlatilishi mumkin [7].

Baliqlar va boshqa suv organizmlari uchun kobalt yuqori konsentratsiyalarda zaharli hisoblanadi. U suv havzalarida xavfli ifloslantiruvchi element sifatida paydo bo‘lib, dengiz flora va faunasiga jiddiy xavf tug‘diradi. Tadqiqotlarda oddiy karp Cyprinus carpioga qisqa muddatli Kobalt (0, 1.13, 11.34, 22.68 va 45.37 µg/L, 72 soat) ta’siri o‘rganildi. [8].

Ba’zi asosiy yog‘ kislotalar lipid peroksidlanishining ortishi va Na^{+} ,K^{+} hamda Mg^{2+} ATFazalar faolligining inhibatsiyasi bilan bog‘liq sezilarli o‘zgarishlarni namoyon qildi. Umuman, Kobalttoksikligi mexanizmi oksidlovchi shikastlanish, ion muvozanatining buzilishi, hujayra gomeostazi va baliq fiziologiyasining buzilishini o‘z ichiga oladi[9].

Kobalt og‘ir metal bo‘lib, kasbiy xavflar, kimyoviy moddalar ta’siri va oziq-ovqat orqali qabul qilinishi sababli erkaklar reproduktiv tizimi uchun jiddiy xavf tug‘diradi. Tadqiqotlar kobaltning sperma sifati, harakatchanligi, morfologiyasi, testosteron darajasi va moyak gistologiyasiga ta’sirini o‘rganib, uning oksidlovchi stress, yallig‘lanish, gormonal o‘zgarishlar va moyak to‘qimalarida strukturaviy buzilishlar bilan bog‘liqligini ko‘rsatdi. Eksperimental hayvonlarda kobalt ta’siri doza, ta’sir qilish davri va turiga qarab farq qiladi; faqat toksik konsentratsiyalarda sperma funktsiyasi buziladi[10].

Shuningdek, kobalt toksikligi miya uchun ham xavfli ekanligi aniqlangan. C57BL/6 sichqonlarga kobalt xlorid yuqori bir martalik dozada (24, 48, 72 soat)

ISSN 3030-3907

yoki 28–56 kun davomida past dozalarda yuborildi; ayrim guruhlar minotsiklin bilan davolandi, nazorat guruhi ham mavjud edi. Xulq-atvor o‘zgarishlari baholandi, to‘qimalardagi kobalt miqdori rentgen nurlanishi bilan aniqlanib, miya MRT, elektron mikroskopiya va gistologik hamda molekulyar tahlillar bilan tekshirildi.

Natijalar shuni ko‘rsatdiki: yuqori dozada kobalt vaqtinchalik kasallik keltiradi, surunkali past dozada esa miya yallig‘lanishi va kobalt to‘planishi kuzatiladi. Demiyelinatsiya, qon–miya to‘sig‘i o‘tkazuvchanligi ortishi va mitoxondriyal disfunktsiya neyrodegeneratsiyani tasdiqladi. Sichqonlarda xotira pasayishi va xavotir kuchayishi kuzatildi, minotsiklin esa miya shikastlanishini qisman kamaytirdi. Neyrotoksik ta’sir dozaga va davomiylikka bog‘liq bo‘lib, o‘tkir ta’sir qaytariluvchan, surunkali ta’sir esa barqaror nevrologik o‘zgarishlarga olib keladi[11].

4.KOBALT IONINING ANALITIK ANIQLANISH USULLARI.

Kobalt ionlarini biologik suyuqliklar, tuproq, suv va oziq-ovqat mahsulotlarida aniqlash analitik kimyo, ekologiya va tibbiyot sohalarida muhim ahamiyatga ega. Og‘ir metallarning atrof-muhitda to‘planishi hamda tirik organizmlarga toksik ta’siri sababli ularning miqdorini aniqlash uchun sezgir va selektiv analitik usullar ishlab chiqilgan. So‘nggi yillarda kobaltni aniqlashda spektroskopik, elektroanalitik va xromatografik usullar keng qo‘llanilmoqda.

Atom-absorbsiya spektroskopiyasi (AAS) va induktiv bog‘langan plazmali mass-spektrometriya (ICP-MS) kobaltni aniqlashda eng keng tarqalgan instrumental usullardan hisoblanadi. Bu usullar yuqori sezgirlikka ega bo‘lib, juda past konsentratsiyalarda ham metall ionlarini aniqlash imkonini beradi. Tadqiqotlarga ko‘ra, ICP-MS usuli yordamida suv va biologik namunalarda kobaltning iz miqdorlarini aniqlash mumkin bo‘lib, uning aniqlash chegarasi nanogramm darajasigacha yetadi. Shu sababli ushbu usul ekologik monitoring va klinik tahlillarda keng qo‘llaniladi[12].

Spektrofotometrik usullar ham kobalt ionlarini aniqlashda samarali hisoblanadi. Bu usullar kobalt ionlarining turli xelatlovchi reagentlar bilan rangli kompleks hosil qilish xususiyatiga asoslanadi. Masalan, alizarin red S, nitroso-R tuzi yoki boshqa organik reagentlar bilan hosil bo‘ladigan komplekslar UV-Vis spektrofotometriya yordamida aniqlanishi mumkin. Ushbu usullar oddiyligi, arzonligi va tezkorligi sababli laboratoriya amaliyotida keng qo‘llaniladi [13].

Elektrokimyoviy usullar ham kobalt ionlarini aniqlashda muhim o‘rin tutadi. Anodik striping voltammetriya yoki differensial impuls voltammetriya kabi metodlar yuqori sezgirlikka ega bo‘lib, kobalt ionlarini juda past konsentratsiyalarda aniqlash imkonini beradi. Elektrokimyoviy sensorlar

ISSN 3030-3907

yordamida kobaltni aniqlash ekologik monitoring, tibbiy diagnostika va oziq-ovqat xavfsizligi sohalarida samarali qo‘llanilmoqda [14].

So‘nggi yillarda sorbsion-spektroskopik usullar ham rivojlanib bormoqda. Bu usullarda kobalt ionlari turli sorbentlar — masalan, biomateriallar, polimerlar yoki nanomateriallar yordamida kontsentratsiyalanadi va keyin spektroskopik usullar bilan aniqlanadi. Sorbentlardan foydalanish analizning sezgirligini oshirishga, shuningdek murakkab matritsali namunalarda metall ionlarini selektiv ajratishga imkon beradi. Bunday yondashuvlar ekologik va biologik namunalarda og‘ir metallarning iz miqdorlarini aniqlashda istiqbolli hisoblanadi .[15]

Shunday qilib, kobalt ionlarini aniqlash uchun turli analitik usullar mavjud bo‘lib, ularning har biri o‘zining afzalliklari va qo‘llanish sohasiga ega. Yuqori aniqlik talab qilingan hollarda ICP-MS va AAS usullari, tezkor va iqtisodiy tahlillar uchun esa spektrofotometrik hamda elektrokimyoviy metodlar samarali hisoblanadi. Zamonaviy tadqiqotlarda esa sorbsion materiallar asosidagi yangi analitik usullarni ishlab chiqish kobaltni aniqlashning sezgirligi va selektivligini yanada oshirishga xizmat qilmoqda.

1-jadval.

Kobalt ionlarini aniqlashning asosiy analitik usullari

Analitik usul	**Aniqlash prinsipi**	**Sezgirlik**	**Qo‘llanish sohasi**	**Manba**
Atom-absorbsiya spektroskopiyasi (AAS)	Metall ionlarining atomlarini yoritish va ularning spektral yutishini o‘lchash	Yuqori, nanogramm darajasigacha	Suv, biologik suyuqliklar, klinik monitoring, ekologik tadqiqotlar	[12]
Induktiv bog‘langan plazmali mass-spektrometriya (ICP-MS)	Metall ionlarini plazmada ionlash va massaga qarab aniqlash	Juda yuqori,zararli miqdorlarda ham aniqlash mumkin	Suv, oziq-ovqat, klinik tahlillar, ekologik monitoring	[12]
Spektrofotometriya (UV-Vis)	Kobalt ionlari bilan rangli kompleks hosil qilinishi va uning absorbtsiya sini o‘lchash	O‘rta, tezkor va iqtisodiy	Laboratoriya amaliyoti, tezkor testlar	[13]

ISSN 3030-3907

Elektrokimyoviy usullar (Anodik striping voltam metriya, elektrokimyoviy sensorlar)	Elektron oqimi o‘zgarishi orqali kobalt ionlarini aniqlash	Yuqori, past kontsentratsiyalarda ham aniqlash	Ekologik monitoring, oziq-ovqat xavfsizligi, tibbiy diagnostika	[14]
Sorbsion-spektroskopik usullar (biomateriallar, polimerlar, nanomateriallar asosida)	Kobalt ionlarini sorbent orqali kontsentratsiyalash va keyin spektro fotometriya yoki boshqa spektros kopik usul bilan aniqlash	Yuqori, selektivlik oshadi	Murakkab matritsali namunalarda, ekologik va biologik tadqiqotlar	[15]

5. KOBALT ELEMENTINING ORGANIZMDAN CHIQARISH USULLARI.

Hozirgi vaqtda og‘ir metallardan zaharlanishni davolashda eng samarali usullardan biri xelatoterapiya hisoblanadi. Ushbu usulda dimercaprol, EDTA, DMSA va DMPS kabi xelatlovchi moddalar metall ionlari bilan barqaror kompleks hosil qilib, ularni asosan siydik orqali organizmdan chiqaradi[16]. Bundan tashqari, og‘ir metall bilan zaharlanish holatlarida gemodializ ham qo‘llanilib, u qondagi metall ionlari konsentratsiyasini kamaytirishga yordam beradi[17]. So‘nggi tadqiqotlar antioksidantlar, vitaminlar va oltingugurt tutuvchi birikmalar ham metall ionlarining toksik ta’sirini kamaytirishda muhim rol o‘ynashini ko‘rsatmoqda. Shuningdek, dietologlar tomonidan organizmdagi metall ionlarining chiqarilishini tezlashtiruvchi oziq-ovqat ratsionlari ham tavsiya etilmoqda.

XULOSA

Kobalt tirik organizmlar uchun zarur mikroelementlardan biri bo‘lib, u asosan B_{12} vitamini tarkibida ishtirok etib, qon hosil bo‘lishi va metabolik jarayonlarda muhim rol o‘ynaydi. Biroq kobaltning ortiqcha miqdori inson va hayvonlar organizmiga toksik ta’sir ko‘rsatib, yurak-qon tomir, asab, reproduktiv va endokrin tizimlar faoliyatining buzilishiga olib kelishi mumkin. Atrof-muhitda kobaltning ko‘payishi asosan sanoat ishlab chiqarishi, konchilik faoliyati va metallurgiya jarayonlari bilan bog‘liq bo‘lib, u tuproq, suv va biologik tizimlarda to‘planishi mumkin.

Kobalt ionlarini aniqlash analitik kimyo, ekologiya va tibbiyot sohalarida muhim ahamiyatga ega. Zamonaviy instrumental usullar — ICP-MS va AAS yuqori sezgirligi bilan ajralib turadi, spektrofotometrik va elektrokimyoviy

ISSN 3030-3907

metodlar esa oddiyligi va iqtisodiy jihatdan qulayligi bilan keng qo‘llaniladi. So‘nggi yillarda sorbsion materiallar asosida ishlab chiqilayotgan yangi analitik yondashuvlar kobaltni aniqlashning selektivligi va sezgirligini yanada oshirmoqda.

Kobalt bilan zaharlanish holatlarida organizmdagi metall ionlarini kamaytirish uchun xelatoterapiya, gemodializ hamda antioksidant terapiya qo‘llanilishi mumkin. Shu sababli kobaltning atrof-muhitdagi miqdorini nazorat qilish, uni aniqlashning sezgir analitik usullarini takomillashtirish hamda toksik ta’sirini kamaytirish usullarini ishlab chiqish ekologiya va tibbiyot sohalari uchun muhim ilmiy yo‘nalish hisoblanadi.

ADABIYOTLAR

1. G. Genchi, G. Lauria, A. Catalano, A. Carocci, and M. S. Sinicropi, “Prevalence of Cobalt in the Environment and Its Role in Biological Processes,” *Biology*, vol. 12, no. 10, p. 1335, Oct. 2023, doi: 10.3390/biology12101335.

2. D. Lison, “Cobalt,” in *Handbook on the Toxicology of Metals*, Elsevier, 2022, pp. 221–242. doi: 10.1016/B978-0-12-822946-0.00008-8.

3. M. I. Hussain *et al.*, “Blood, Hair and Feces as an Indicator of Environmental Exposure of Sheep, Cow and Buffalo to Cobalt: A Health Risk Perspectives,” *Sustainability*, vol. 13, no. 14, p. 7873, Jul. 2021, doi: 10.3390/su13147873.

4. G. Ziwa, R. Crane, and K. A. Hudson-Edwards, “Geochemistry, Mineralogy and Microbiology of Cobalt in Mining-Affected Environments,” *Minerals*, vol. 11, no. 1, p. 22, Dec. 2020, doi: 10.3390/min11010022.

5. T. V. Siunova *et al.*, “Potential of nickel and cobalt resistant microorganisms for effective phytoremediation of heavy metal contaminated soils,” *Discov. Environ.*, vol. 3, no. 1, p. 99, Jul. 2025, doi: 10.1007/s44274-025-00301-y.

6. W. Gregorowicz and L. Pajchel, “The Role of Cobalt Ions in Angiogenesis—A Review,” *Int. J. Mol. Sci.*, vol. 26, no. 15, p. 7236, Jul. 2025, doi: 10.3390/ijms26157236.

7. S. Chandwani, V. Ahire, S. Manoharadas, and N. Amaresan, “Cobalt tolerant bacteria mobilize iron in garden pea (*Pisum sativum* L.) to mitigate cobalt stress in iron deficit soils,” *Int. J. Phytoremediation*, vol. 27, no. 13, pp. 1833–1845, Nov. 2025, doi: 10.1080/15226514.2025.2522304.

8. F. Ghribi *et al.*, “Toxicological effects of cobalt on common carp: oxidative stress, ionic imbalance, fatty acid disruption, and gill histopathology,” *Environ. Geochem. Health*, vol. 47, no. 4, p. 98, Apr. 2025, doi: 10.1007/s10653-025-02407-x.

9. F. Ghribi *et al.*, “Toxicological effects of cobalt on common carp: oxidative stress, ionic imbalance, fatty acid disruption, and gill histopathology,” *Environ.*

ISSN 3030-3907

Geochem. Health, vol. 47, no. 4, p. 98, Apr. 2025, doi: 10.1007/s10653-025-02407-x.

10. A. F. Ajayi, M. C. Onaolapo, M. O. Oyowvi, O. P. Akano, and M. O. Abidoye, "The cytotoxic implication of cobalt on male reproductive functions: a review," *Toxin Rev.*, vol. 44, no. 1, pp. 15–32, Jan. 2025, doi: 10.1080/15569543.2024.2424791.

11. B. Obied, S. Richard, A. Zahavi, D. Fixler, O. Girshevitz, and N. Goldenberg-Cohen, "Structure–Function Correlation in Cobalt-Induced Brain Toxicity," *Cells*, vol. 13, no. 21, p. 1765, Oct. 2024, doi: 10.3390/cells13211765.

12. O. Sağsöz, B. Arvas, B. T. Zaman, Ç. Yolaçan, and S. Bakırdere, "Determination of trace cobalt ions in bottled drinking water samples from Fiji Island by spray-assisted fine droplet formation-liquid phase microextraction based on simultaneous complexation and extraction before flame atomic absorption spectrometer measurement," *Environ. Monit. Assess.*, vol. 195, no. 2, p. 313, Feb. 2023, doi: 10.1007/s10661-023-10943-1.

13. G. Selvolini and G. Marrazza, "On spot detection of nickel and cobalt from exhausted batteries by a smart electrochemical sensor," *Talanta*, vol. 253, p. 123918, Feb. 2023, doi: 10.1016/j.talanta.2022.123918.

14. H. H. El-Feky, A. S. Amin, and E. M. I. Moustafa, "Utilization of a plasticized PVC optical sensor for the selective and efficient detection of cobalt(II) in environmental samples," *RSC Adv.*, vol. 12, no. 29, pp. 18431–18440, 2022, doi: 10.1039/D2RA03129A.

15. A. A. Arkhipenko, K. V. Petrova, and V. B. Baranovskaya, "Sorption Preconcentration and Analytical Determination of Cu, Zr and Hf in Waste Samarium–Cobalt Magnet Samples," *Molecules*, vol. 27, no. 16, p. 5275, Aug. 2022, doi: 10.3390/molecules27165275.

16. T. Wu, H. Li, and W.-Y. Chen, "Mechanisms and targeted treatments of cobalt-encephalopathy from cobalt-chromium orthopedic implants," *Neuroscience*, vol. 584, pp. 32–47, Oct. 2025, doi: 10.1016/j.neuroscience.2025.08.008.

17. Y. R. Humudat and S. K. Al-Naseri, "Heavy Metals in Dialysis Fluid and Blood Samples from Hemodialysis Patients in Dialysis Centers in Baghdad, Iraq," *J. Health Pollut.*, vol. 10, no. 27, p. 200901, Sep. 2020, doi: 10.5696/2156-9614-10.27.200901.

ISSN 3030-3907

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ СИСТЕМЫ ЭЛЕКТРОПРИВОДА ПОГРУЖНЫХ НАСОСОВ С АСИНХРОННЫМИ ДВИГАТЕЛЯМИ И ЧАСТОТНЫМ УПРАВЛЕНИЕМ

Хакбердиев Тимурбек Зафар угли

Навоийский государственный горно-технологический университет, ассистент Навои, Узбекистан.

E-mail: timurbekhaqberdiyev@gmail.com

Аннотация. В работе анализируются современные решения электроприводов погружных насосных агрегатов, используемых в различных промышленных установках. Рассматриваются особенности запуска асинхронных электродвигателей, исследуются их механические характеристики и влияние режимов пуска на эксплуатационные параметры оборудования. Отдельное внимание уделено применению устройств плавного пуска и частотно-регулируемых электроприводов. Приведены основные критерии выбора электропривода для насосных установок и показаны преимущества использования преобразователей частоты. Установлено, что внедрение частотно-регулируемых приводов способствует снижению потребления электроэнергии, уменьшению динамических нагрузок на механические элементы оборудования и повышению устойчивости технологических процессов.

Ключевые слова: асинхронный электродвигатель, насосный электропривод, преобразователь частоты, плавный пуск, механические характеристики, энергоэффективность.

Annotatsiya. Ushbu maqolada turli sanoat qurilmalarida qo‘llaniladigan cho‘ktirma nasos agregatlarining elektr yuritmalariga oid zamonaviy yechimlar tahlil qilinadi. Asinxron elektr dvigatellarini ishga tushirish xususiyatlari ko‘rib chiqiladi, ularning mexanik xarakteristikalari o‘rganiladi hamda ishga tushirish rejimlarining uskunalarning ekspluatatsion parametrlariga ta’siri tadqiq etiladi. Alohida e’tibor silliq ishga tushirish qurilmalari va chastota orqali boshqariladigan elektr yuritmalardan foydalanishga qaratilgan. Nasos qurilmalari uchun elektr yuritmalarni tanlashning asosiy mezonlari keltirilgan hamda chastota o‘zgartirgichlardan foydalanishning afzalliklari ko‘rsatib berilgan. Aniqlanishicha, chastota orqali boshqariladigan yuritmalarni joriy etish elektr energiyasi sarfini kamaytirishga, uskunaning mexanik elementlariga tushadigan dinamik yuklamalarni kamaytirishga hamda texnologik jarayonlarning barqarorligini oshirishga yordam beradi.

Kalit so‘zlar: asinxron elektr motori, cho‘ktirma nasos, chastota o‘zgartirgich, silliq ishga tushirish, mexanik xarakteristikalari, energiya samaradorligi.

Abstract. The paper analyzes modern solutions for electric drives of submersible pumping units used in various industrial installations. The features of starting asynchronous electric motors are considered, their mechanical characteristics are investigated, and the influence of starting modes on the operational parameters of equipment is studied. Particular attention is paid to the application of soft starters and variable frequency drives. The main criteria for selecting electric drives for pumping installations are presented, and the advantages of using frequency converters are demonstrated. It is established that the implementation of variable frequency drives contributes to reducing electricity consumption, decreasing dynamic loads on mechanical components of equipment, and improving the stability of technological processes.

Keywords: asynchronous electric motor, pump electric drive, frequency converter, soft start, mechanical characteristics, energy efficiency.

ВВЕДЕНИЕ.

Насосные установки являются важным элементом многих промышленных технологических систем. Они широко применяются в системах водоснабжения и водоотведения, энергетических установках, нефтехимическом производстве, а также в горнодобывающей отрасли. В качестве привода насосных агрегатов чаще всего используются асинхронные электродвигатели с короткозамкнутым ротором, отличающиеся простотой конструкции, надежностью и относительно низкой стоимостью.

Одной из характерных особенностей асинхронных двигателей является возникновение значительных пусковых токов при прямом включении в сеть. В момент запуска величина тока может в несколько раз превышать номинальное значение. Данное явление вызывает ряд негативных последствий, к которым относятся перегрев обмоток статора, ускоренное старение изоляционных материалов, увеличение механических нагрузок на вал и элементы насосного агрегата, а также снижение ресурса работы оборудования.

Современное развитие силовой электроники и микропроцессорных систем управления позволило внедрить более эффективные методы регулирования электроприводов. К таким решениям относятся устройства плавного пуска и частотно-регулируемые электроприводы, обеспечивающие снижение пусковых токов, более мягкий запуск двигателя и повышение энергоэффективности насосных установок.

Современные устройства плавного пуска обеспечивают эффективное снижение пусковых токов и динамических нагрузок, возникающих при запуске асинхронных электродвигателей. Их применение позволяет

ISSN 3030-3907

значительно уменьшить воздействие на электрические и механические элементы насосных агрегатов.

Одним из примеров подобных устройств является серия JKSSS, построенная на базе тиристорных силовых модулей. Использование тиристорного регулирования напряжения обеспечивает плавное нарастание напряжения на обмотках статора двигателя в процессе запуска.

На рисунке 1 представлен внешний вид устройства плавного пуска данной серии.



Рис. 1. Внешний вид УПП серии JKSSS

Устройства плавного пуска выполняют ряд важных функций, среди которых:

- обеспечение плавного запуска асинхронного электродвигателя;
- ограничение величины пускового тока;
- защита двигателя от перегрузочных режимов;
- контроль фазных токов и параметров сети;
- защита оборудования от коротких замыканий.

Схема подключения устройства плавного пуска к электродвигателю насосного агрегата приведена на рисунке 2.

ISSN 3030-3907

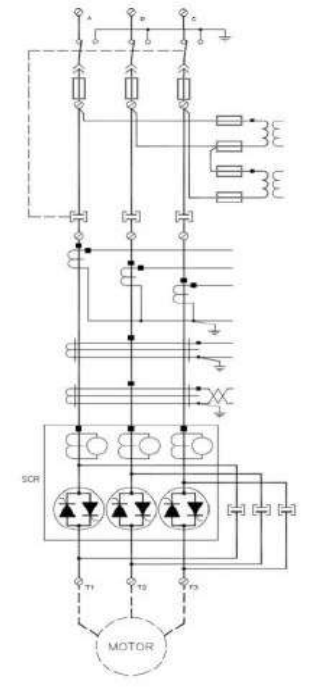


Рис. 2. Электрическая схема подключения УПП

Использование устройств плавного пуска позволяет снизить электродинамические нагрузки в механической системе привода, увеличить ресурс работы электродвигателя и повысить общую надежность функционирования насосной установки.

Для исследования режимов работы насосной установки был выбран асинхронный электродвигатель типа 4А250S4У3. Двигатели данной серии широко используются в составе промышленных насосных агрегатов, что обусловлено их высокой эксплуатационной надежностью и устойчивостью к перегрузочным режимам. Конструктивная простота и неприхотливость в обслуживании делают такие электродвигатели удобными для применения в длительных технологических процессах.

Кроме того, асинхронные машины указанного типа характеризуются благоприятными энергетическими показателями, стабильностью работы и значительным эксплуатационным ресурсом, что обеспечивает их широкое применение в системах промышленного электропривода насосных установок.

Основные технические параметры двигателя следующие:

- номинальная мощность: $P_n = 75$ кВт
- номинальное напряжение питания: $U = 380/220$ В
- номинальное скольжение: $S_n = 0{,}05$

Для определения механической характеристики асинхронного двигателя используется формула Клосса, позволяющая установить

ISSN 3030-3907

зависимость электромагнитного момента двигателя от величины скольжения:

$$M = \frac{2 \cdot M_{max} \cdot S}{\frac{S}{S_{кр}} + \frac{S_{кр}}{S}}$$

где:

M — электромагнитный момент двигателя;

S — текущее значение скольжения;

$S_{кр}$ — критическое скольжение;

M_{max} — максимальный момент двигателя.

На основе данной зависимости были определены значения электромагнитного момента двигателя при различных значениях скольжения.

Так, например:

- при $S = 1{,}0$ момент двигателя составляет $M = 602\ Н \cdot м$;
- при $S = 0{,}1$ $M = 1104\ Н \cdot м$;
- при $S = 0{,}05$= $M = 502\ Н \cdot м$.

1 – Таблица

Скольжение, S	Скорость, ω $с^{-1}$	Момент двигателя, М, Н.м
1,0	0	722,4
0,1	141,3	1324,4
0,05	149,5	602,0
0,02	154	511,7
0,01	155,4	511,7
0	157	0

Полученные результаты расчётов сведены в таблицу 1, а соответствующая механическая характеристика асинхронного двигателя представлена на рисунке 3.

ISSN 3030-3907

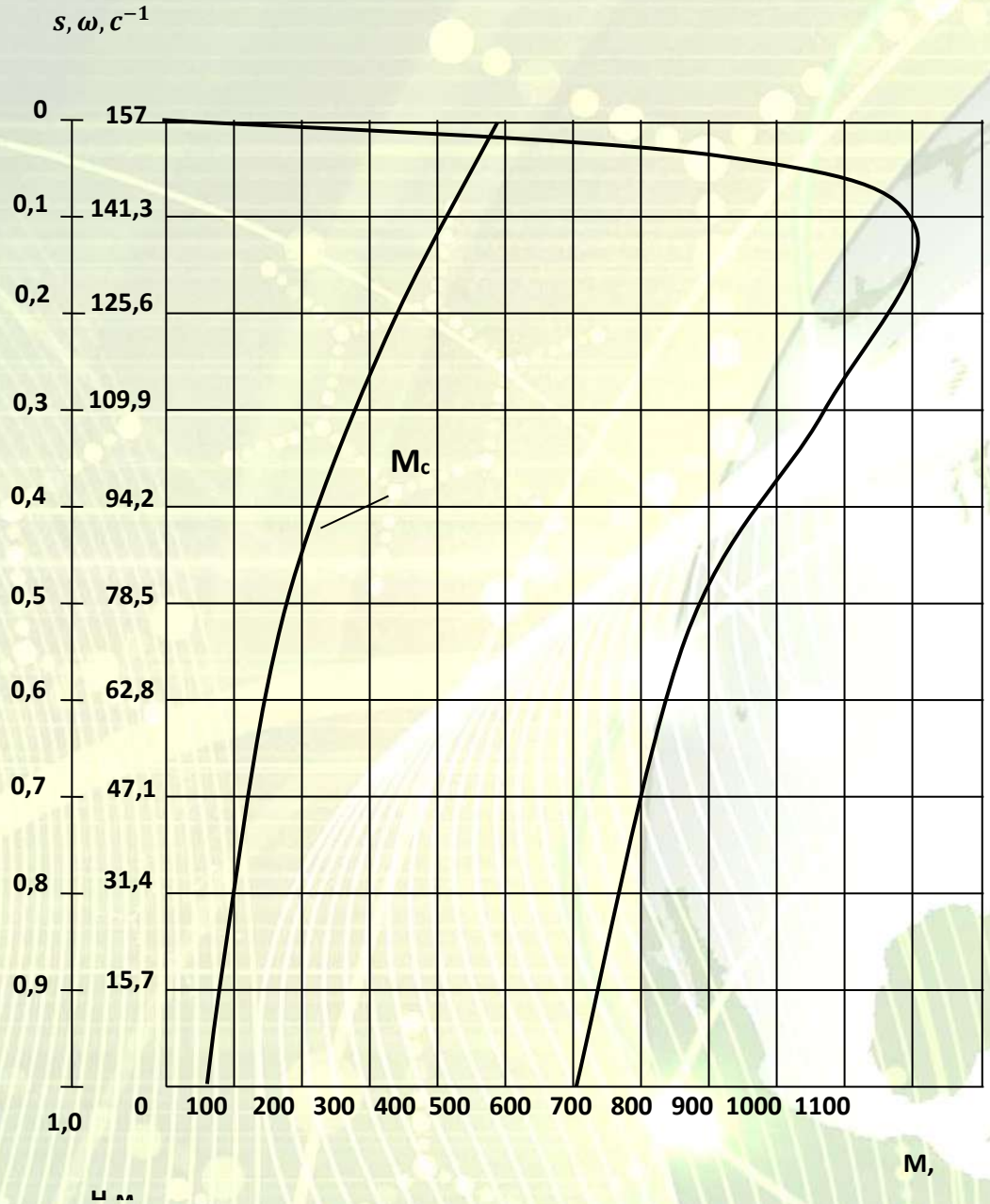


Рис.3. Естественная механическая характеристика асинхронного двигателя типа 4А250MSУ3 и момент сопротивления насоса

Для насосных механизмов характерна зависимость момента сопротивления от скорости вращения рабочего колеса. Для большинства центробежных насосов нагрузочный момент изменяется по квадратичному закону в зависимости от угловой скорости вращения.

Момент сопротивления насосной установки может быть определён следующим выражением:

$$M_c = k\omega^2$$

где:

M_c — момент сопротивления насоса;

ω — угловая скорость вращения рабочего колеса;

ISSN 3030-3907

k — коэффициент, учитывающий конструктивные и гидравлические параметры насосной установки.

Подобная зависимость обусловлена гидродинамическими процессами, происходящими в рабочем колесе насоса. С увеличением скорости вращения возрастает скорость перемещения жидкости в проточной части насоса, что приводит к росту гидравлического сопротивления потоку и, соответственно, к увеличению нагрузочного момента на валу электродвигателя.

Для ряда значений угловой скорости были рассчитаны соответствующие значения момента сопротивления насосной установки. Полученные данные позволяют построить нагрузочную характеристику насоса и выполнить её сопоставление с механической характеристикой асинхронного двигателя.

На рисунке 3 представлены:

- механическая характеристика асинхронного электродвигателя;
- характеристика момента сопротивления насосной установки.

Точка пересечения указанных характеристик соответствует установившемуся режиму работы электропривода. В этой точке электромагнитный момент двигателя становится равным моменту сопротивления насоса, что обеспечивает устойчивое функционирование системы.

Проведённый анализ характеристик позволяет определить режим загрузки электродвигателя, оценить условия его эксплуатации и подтвердить соответствие выбранного двигателя требованиям технологического процесса.

Одним из наиболее эффективных направлений повышения энергоэффективности насосных установок является применение частотно-регулируемого электропривода. Данный способ управления основан на изменении скорости вращения асинхронного двигателя путем регулирования частоты питающего напряжения. Благодаря этому обеспечивается плавное изменение производительности насосного агрегата в широких пределах.

Функциональная схема частотно-регулируемого электропривода представлена на рисунке 4. В состав системы входят устройства, обеспечивающие преобразование электрической энергии и управление параметрами питания электродвигателя.

К основным элементам системы относятся:

- управляемый выпрямитель (УВ);
- автономный инвертор напряжения (АИН);
- система импульсно-фазового управления (СИФУ);

ISSN 3030-3907

- система управления автономным инвертором (СУАИ);
- асинхронный электродвигатель (АД);
- рабочий механизм — насос;
- датчики скорости, напряжения и момента.

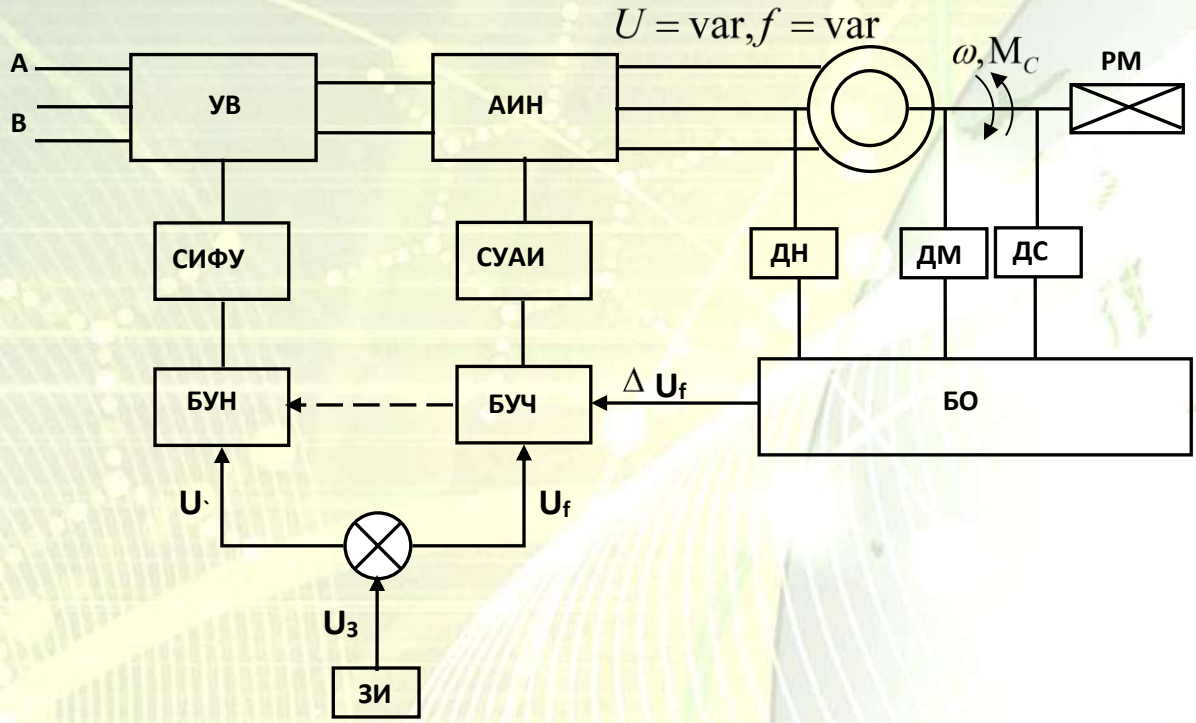


Рис. 4. Функциональная схема автоматизированного частотно – регулируемого асинхронного электропривода насоса

Принцип работы системы заключается в последовательном преобразовании электрической энергии. Переменное напряжение питающей сети поступает на управляемый выпрямитель, где происходит его преобразование в постоянное напряжение. Далее автономный инвертор формирует переменное напряжение регулируемой частоты, которое подается на обмотки асинхронного двигателя.

В процессе пуска частота питающего напряжения плавно увеличивается от нулевого значения до номинального уровня. Такой режим обеспечивает мягкий разгон двигателя и способствует существенному уменьшению пусковых токов. Одновременно система управления изменяет величину напряжения двигателя в зависимости от текущего значения частоты.

В большинстве частотно-регулируемых электроприводов применяется экономичный закон регулирования, при котором выполняется условие:

$$\frac{U}{f} = \text{const}$$

Где

ISSN 3030-3907

U — напряжение на статоре двигателя;
f — частота питающего напряжения.

Сохранение постоянного отношения $\frac{U}{f}$ позволяет поддерживать магнитный поток асинхронного двигателя практически неизменным при изменении частоты питания. Это обеспечивает стабильность механических характеристик двигателя во всём диапазоне регулирования скорости.

Зависимость напряжения от частоты при данном способе регулирования представлена на рисунке 5. Анализ данной зависимости показывает, что напряжение изменяется пропорционально частоте, что способствует обеспечению оптимального режима работы асинхронного электродвигателя.

Применение частотно-регулируемого электропривода обеспечивает гибкое управление насосными агрегатами, повышает точность регулирования производительности и способствует снижению энергопотребления насосной установки.

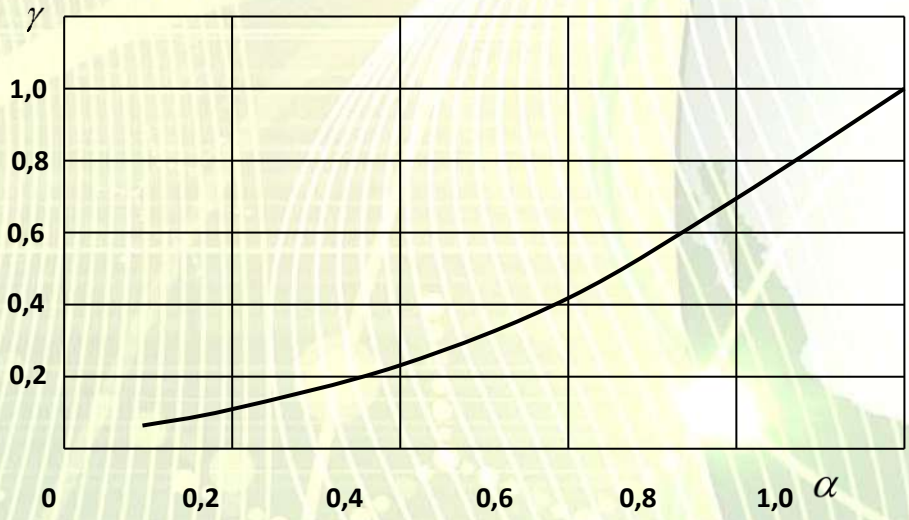


Рис. 5. График изменения напряжения в функции частоты при экономичном законе частотного управления асинхронного двигателя типа 4А250S4У3

При использовании частотно-регулируемого электропривода изменяется форма механических характеристик асинхронного двигателя. Регулирование частоты питающего напряжения приводит к изменению синхронной скорости вращения магнитного поля статора, что позволяет изменять скорость вращения ротора двигателя в широком диапазоне.

Одним из важных условий частотного управления является поддержание оптимального соотношения между напряжением и частотой питания электродвигателя. Соблюдение данного условия обеспечивает

ISSN 3030-3907

сохранение магнитного потока на требуемом уровне и позволяет поддерживать стабильные механические характеристики двигателя.

Для исследования режимов работы электропривода были выполнены расчёты механических характеристик асинхронного двигателя при различных значениях частоты питания. Расчёты проводились на основе формулы Клосса, адаптированной для условий частотно-регулируемого режима работы.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведённого исследования были рассмотрены особенности работы электроприводов погружных насосных установок на основе асинхронных двигателей. Выполнен анализ механических характеристик двигателя и нагрузочной характеристики насосного агрегата.

Показано, что применение устройств плавного пуска позволяет существенно снизить пусковые токи и уменьшить динамические нагрузки на элементы оборудования. Использование частотно-регулируемого электропривода обеспечивает гибкое регулирование производительности насосной установки и повышение энергоэффективности системы.

Таким образом, внедрение современных систем частотного регулирования является эффективным способом повышения надежности, долговечности и экономичности работы насосных установок.

ИСПОЛЬЗОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

1. Ключев В.И. Теория электропривода. — Москва: Энергоатомиздат, 2001.
2. Беспалов В.Я., Котеленец Н.Ф. Электрические машины. — Москва: Академия, 2008.
3. Болдеев В.И. Частотно-регулируемые электроприводы. — Москва: Энергия, 2015.
4. Bose B.K. Modern Power Electronics and AC Drives. — Prentice Hall, 2002.

ISSN 3030-3907

MARKAZDAN QOCHMA NASOSLARDA BOSIM VA RADIAL KUCHLARNING SUYUQLIK ZICHLIGIGA BOG‘LIQLIGINI TAHLILI (ZARAFSHON TUMANI MISOLIDA)

Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti katta o‘qituvchisi.

E-mail: olympic9492@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada markazdan qochma nasoslarda hosil bo‘ladigan bosim va ish g‘ildiragiga ta’sir qiluvchi radial kuchlarning suyuqlik zichligiga bog‘liqligi analitik hamda amaliy nuqtai nazardan o‘rganildi. Tadqiqotda nasosning nominal ish rejimi uchun H = 32 m, Q = 0,018 m³/s va η = 0,78 bo‘lgan holat qabul qilinib, zichlik 900-1200 kg/m³ oralig‘ida o‘zgartirildi. Tahlil natijasida nasos napori metr ko‘rinishida deyarli o‘zgarmas qolishi, ammo haydash bosimi, radial kuch va val quvvatining zichlik ortishi bilan chiziqli ravishda o‘sishi ko‘rsatildi. Zarafshon tumani sharoitida suv ta’minoti, sanoat va texnologik suyuqliklarni uzatishda nasos agregatlarini tanlashda aynan shu omil podshipnik yuklanishi, muhrlarning ishonchliligi va elektr dvigatelning ortiqcha yuklanishini belgilovchi asosiy mezonlardan biri ekani asoslab berildi.

Kalit so‘zlar: Markazdan qochma nasos, bosim, radial kuch, suyuqlik zichligi, gidravlik yo‘qotish, Zarafshon tumani, nasos agregati, podshipnik yuklanishi.

Аннотация. В данной статье с аналитической и практической точек зрения изучена зависимость давления, создаваемого в центробежных насосах, и радиальных сил, действующих на рабочее колесо, от плотности жидкости. В исследовании для номинального режима работы насоса были приняты значения H = 32 м, Q = 0,018 м³/с и η = 0,78, а плотность изменялась в диапазоне 900–1200 кг/м³. В результате анализа показано, что напор насоса в метрах остается практически неизменным, однако давление нагнетания, радиальная сила и мощность на валу линейно возрастают с увеличением плотности. Обосновано, что в условиях Зарафшанского района при выборе насосных агрегатов для водоснабжения, перекачки промышленных и технологических жидкостей именно этот фактор является одним из основных критериев, определяющих нагрузку на подшипники, надежность уплотнений и перегрузку электродвигателя.

Ключевые слова: Центробежный насос, давление, радиальная сила, плотность жидкости, гидравлические потери, Зарафшанский район, насосный агрегат, нагрузка на подшипник.

Annotation. In this article, the dependence of the pressure generated in centrifugal pumps and the radial forces acting on the impeller on fluid density was studied from both analytical and practical perspectives. In the study, the nominal operating

ISSN 3030-3907

mode of the pump was set to H = 32 m, Q = 0.018 m³/s, and η = 0.78, while the density was varied within the range of 900–1200 kg/m³. The analysis showed that although the pump head in meters remains almost unchanged, the discharge pressure, radial force, and shaft power increase linearly with the increase in density. It was substantiated that in the conditions of the Zarafshan district, when selecting pumping units for water supply and the transfer of industrial and technological fluids, this specific factor is one of the main criteria determining bearing load, seal reliability, and electric motor overload.

Keywoards: Centrifugal pump, pressure, radial force, fluid density, hydraulic loss, Zarafshan district, pump unit, bearing load.

KIRISH.

Markazdan qochma nasoslar suv ta’minoti, konchilik, kimyo, irrigatsiya va kommunal xo‘jalik tarmoqlarida eng ko‘p qo‘llaniladigan gidravlik mashinalardan biridir. Ularning afzalligi konstruksiyaning nisbatan soddaligi, uzluksiz ishlash rejimi va katta sarflarda barqaror ishlashidir. Biroq amaliy ekspluatatsiyada nasosning faqat sarf va napori emas, balki ishchi g‘ildirakda hosil bo‘ladigan gidravlik kuchlar, ayniqsa radial kuchlar ham agregatning xizmat muddatiga kuchli ta’sir ko‘rsatadi.

Maqolaning maqsadi - markazdan qochma nasoslarda bosim va radial kuchlarning suyuqlik zichligiga qanday bog‘liqligini nazariy formulalar hamda hisobiy misollar asosida tahlil qilish va Zarafshon tumani sharoiti uchun amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdir.

METODOLOGIYA. Tadqiqot analitik-modellashtirish usuliga asoslandi. Bir bosqichli, bir volyutali markazdan qochma nasos uchun nominal ish nuqtasi qabul qilindi: Q = 0,018 m³/s, H = 32 m, η = 0,78. Suyuqlik zichligi ρ = 900, 950, 1000, 1050, 1100, 1150 va 1200 kg/m³ qiymatlarda o‘zgartirildi. Bunday diapazon toza suvdan tortib tuzli, loyqali yoki texnologik qo‘shimchalarga ega suyuqliklargacha bo‘lgan amaliy holatlarni qamrab oladi.

Hisoblashlarda quyidagi bog‘lanishlardan foydalanildi. Nasos yaratadigan bosim farqi:

$$\Delta p = \rho g H. \qquad (1)$$

Bu yerda g = 9,81 m/s² - erkin tushish tezlanishi. Agar nasosning geometrik o‘lchamlari va aylanish soni o‘zgarmasa, napor H odatda metr bilan ifodalanganda zichlikka keskin bog‘liq bo‘lmaydi, ammo bosim farqi Δp zichlik bilan to‘g‘ri proporsional ravishda o‘zgaradi [3; 4].

Radial kuchlarni baholash uchun soddalashtirilgan muhandislik modeli qabul qilindi:

$$F_r = K_r \cdot \Delta p \cdot A_e \qquad (2)$$

ISSN 3030-3907

Bu yerda K_r - voluta ichidagi bosim notekisligini ifodalovchi koeffitsiyent, A_e - ekvivalent faol maydon. Mazkur maqolada K_r = 0,22 va A_e = 0,0105 m² deb olindi. Ushbu model radial kuchning zichlik bilan chiziqli o‘zgarishini ko‘rsatish uchun yetarli bo‘lib, podshipniklar va val yuklanishini dastlabki baholashda qo‘llanishi mumkin.

Qo‘shimcha ravishda nasos validagi talab etiladigan quvvat

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{\eta} \quad (1)$$

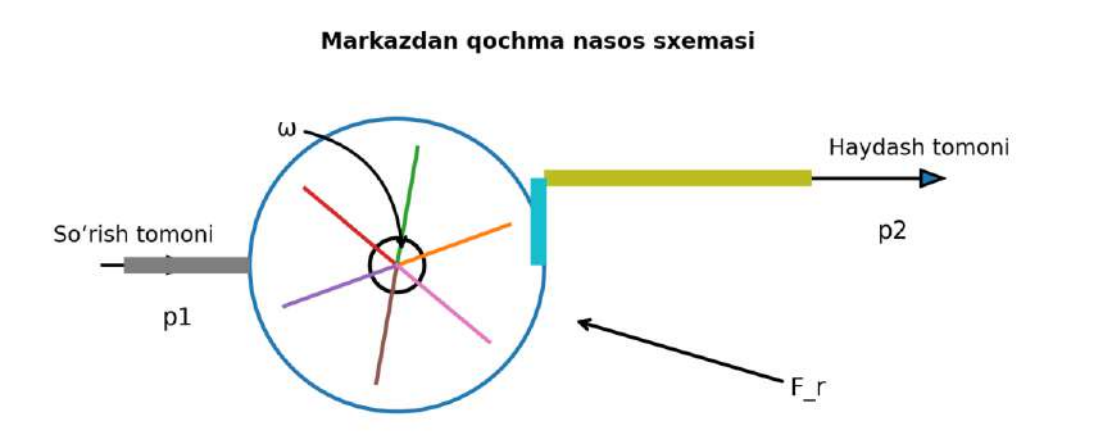
Fo‘rmulasi bo‘yicha baholandi. Bu ko‘rsatkich maqolaning asosiy predmeti bo‘lmasada, zichlik ortishi motor tanloviga qanday ta’sir etishini ko‘rsatish uchun keltirildi.

Markazdan qochma nasos ishchi g‘ildirak yordamida suyuqlikka kinetik energiya beradi, keyin bu energiya voluta yoki diffuzorda bosim energiyasiga aylanadi. Markazdan qochma nasos bo‘yicha zamonaviy ishlab chiqaruvchilar ham nasosning asosiy xarakteristikasi sifatida sarf-napor bog‘lanishini ko‘rsatadi; napor energiyaning og‘irlik birligiga nisbati bo‘lgani sababli bir xil tezlik va geometrik parametrlar sharoitida u ishchi muhit turiga nisbatan ancha barqaror bo‘ladi [4]. Biroq manometrik bosim bevosita zichlikka bog‘liq, chunki bir xil napor turli zichlikdagi suyuqliklar uchun turlicha bosim farqini hosil qiladi.

Bir volyutali markazdan qochma nasoslarda eng muhim mexanik masalalardan biri ishchi g‘ildirak atrofidagi bosimning aylana bo‘ylab notekis taqsimlanishidir. Eng samarali nuqtadan chetga chiqilganda voluta ichidagi oqim nosimmetrik bo‘lib qoladi va natijada ishchi g‘ildirak markaziga yo‘nalgan radial gidravlik kuch paydo bo‘ladi [5; 6]. Ushbu kuch podshipniklarga qo‘shimcha yuk tushiradi, val egilishini oshiradi va mexanik muhrlar resursini qisqartiradi.

Suyuqlik zichligi oshganda bosim maydoni mutanosib ravishda kattalashadi. Demak, bir xil sarf va bir xil naporda radial kuch ham ortadi. Bu xulosa bosimdan kelib chiqadigan yuklarning tabiiy fizik natijasi bo‘lib, nasosni suv uchun tanlab, keyin esa undan nisbatan og‘irroq texnologik eritmalarni uzatishda foydalanish podshipnik va dvigatel zaxirasini qayta tekshirishni talab qiladi [3; 5].

ISSN 3030-3907



1-rasm. Markazdan qochma nasosda bosim hosil bo‘lishi va radial kuchning shakllanish sxemasi

Qabul qilingan parametrlar bo‘yicha hisoblash natijalari 1-jadvalda keltirilgan. Jadvaldan ko‘rinadiki, suyuqlik zichligi 900 kg/m³ dan 1200 kg/m³ gacha ortganda haydash bosimi 282,5 kPa dan 376,7 kPa gacha, radial kuch 652,6 N dan 870,2 N gacha, quvvat talabi esa 6,52 kW dan 8,69 kW gacha oshadi. Ya’ni zichlik 33,3 % ga oshganda radial kuch ham deyarli shu ulushda ortmoqda.

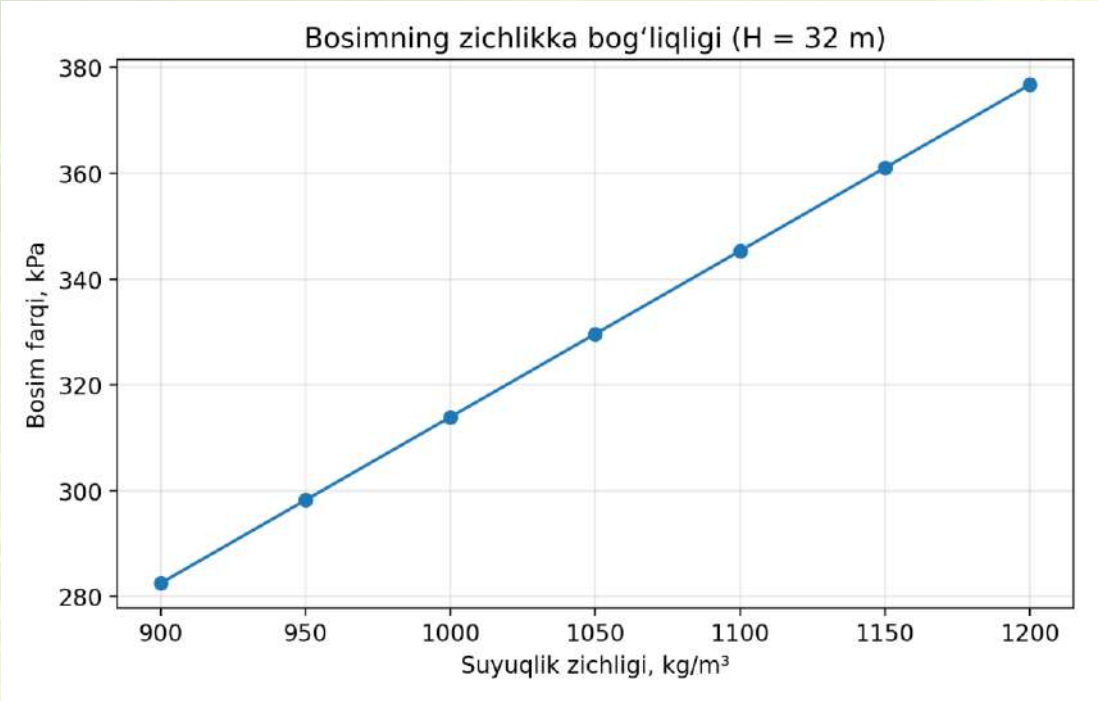
1-jadval.

Zichlik o‘zgarishida bosim, radial kuch va quvvatning hisobiy qiymatlari

ρ, kg/m³	H, m	Δp, kPa	F_r, N	N, kW
900	32	282.5	652.6	6.52
950	32	298.2	688.9	6.88
1000	32	313.9	725.2	7.24
1050	32	329.6	761.4	7.61
1100	32	345.3	797.7	7.97
1150	32	361.0	833.9	8.33
1200	32	376.7	870.2	8.69

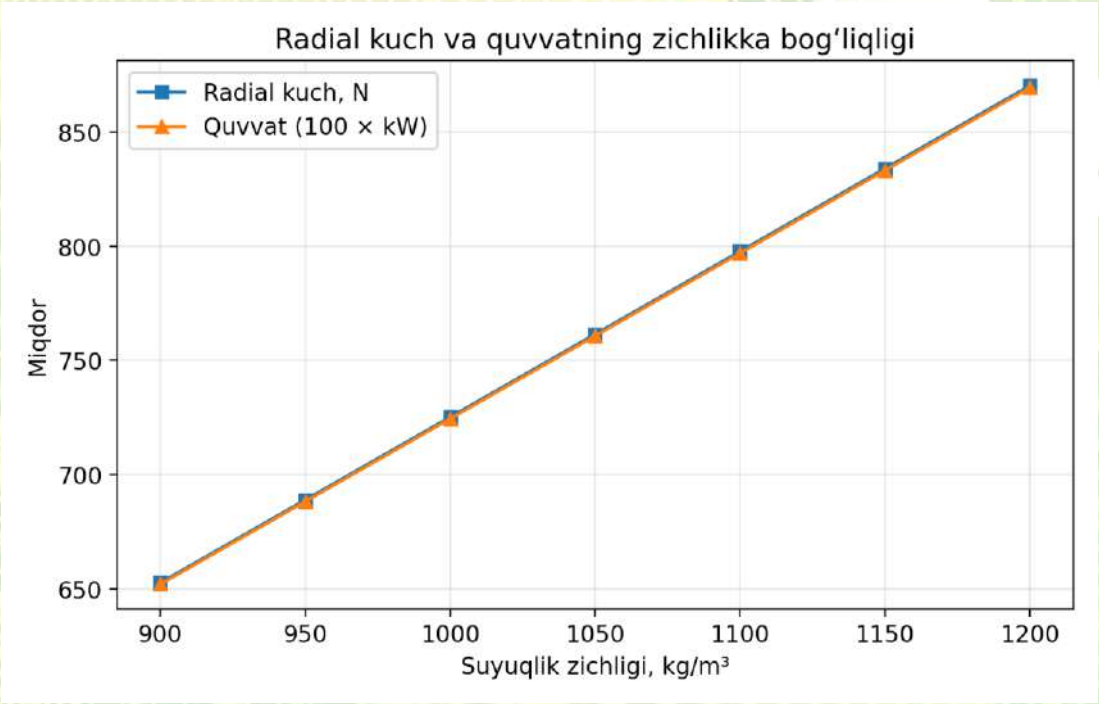
Bosimning zichlikka bog‘liqligi 2-rasmda ko‘rsatilgan. Grafikning deyarli ideal to‘g‘ri chiziq ko‘rinishi $\Delta p = \rho g H$ tenglamasini tasdiqlaydi. Bu natija amaliyot uchun shuni anglatadiki, bir xil 32 m napor hosil qilayotgan nasos suvda ham, undan og‘irroq suyuqlikda ham bir xil balandlik ekvivalentini beradi, ammo haydash liniyasidagi real manometr ko‘rsatishi yuqoriroq bo‘ladi.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Nasos hosil qiladigan bosim farqining suyuqlik zichligiga bog‘liqligi

Yuqoridagi 3-rasmda radial kuch va quvvatning zichlik bilan o‘zgarishi keltirilgan. Ikkala egri chiziq ham chiziqli tusga ega. Bunda radial kuchning ortishi ayniqsa podshipniklar uchun xavfli: agar agregat konstruktiv jihatdan suv rejimi uchun tanlangan bo‘lsa, zichroq texnologik muhitga o‘tilganda rulmanlarning kontakt zo‘riqishi, vibratsiya va mexanik muhrning ishqalanish darajasi oshadi. Shu bilan birga dvigatelning tok yuklanishi ham ko‘payadi.



3-rasm. Radial kuch va quvvat talabining suyuqlik zichligiga bog‘liqligi

Zarafshon hududi cho‘l iqlimi, sanoat yo‘nalishi va uzoq masofali kommunal tarmoqlari bilan tavsiflanadi. Navoiy viloyatida sanoat ishlab

ISSN 3030-3907

chiqarishining yuqori ulushi hamda Zarafshon atrofidagi konchilik va texnologik infratuzilmaning rivojlanganligi nasos agregatlaridan keng foydalanishni talab etadi [1; 2]. Suv ta’minoti ham, texnologik suyuqliklarni uzatish tizimlari ham nasosning mexanik chidamliligiga yuqori talab qo‘yadi.

Ushbu maqoladagi hisobiy natijalar Zarafshon tumani misolida quyidagi xulosani beradi. Agar nasoslar toza suv uchun tanlangan bo‘lsa, keyinchalik minerallashgan yoki qattiq zarrachalar aralashgan muhitda ishlatilganda bosimning ortishi bilan birga radial kuch ham oshadi. Bu esa podshipniklarni tanlashda xavfsizlik zaxirasini, muhr materialini va valning egilishga chidamliligini qayta ko‘rib chiqishni taqozo etadi.

Shuningdek, hududdagi suv tarmoqlarini modernizatsiya qilish jarayonida faqat napor va sarf emas, balki ishchi muhitning haqiqiy zichligi ham texnik topshiriqda alohida band sifatida ko‘rsatilishi maqsadga muvofiq. Aks holda nasosning pasport bo‘yicha yetarli ko‘ringan dvigateli amaliy rejimda ortiqcha yuklanishi mumkin.

NATIJALARNI MUHOKAMA QILISH

Mazkur maqoladagi natijalar analitik modelga tayangan hisobiy baholashdir. Kelgusida Zarafshon tumani nasos stansiyalarida tabiiy suv, minerallashgan texnik suv va texnologik eritmalar uchun tajriba o‘lchovlari o‘tkazilib, vibratsiya, podshipnik harorati va bosim pulsatsiyalarini real vaqt rejimida taqqoslash maqsadga muvofiq bo‘ladi. Bu amaliy ma’lumotlar asosida hudud uchun tavsiya etiladigan tuzatish koeffitsiyentlarini ishlab chiqish mumkin.

Zarafshon hududi kabi uzoq masofali tarmoqlarda nasos stansiyalari ko‘pincha ketma-ket ishlaydi. Bunday tizimlarda bir nasosda yuzaga kelgan bosim o‘zgarishi keyingi uchastka rejimiga ham ta’sir ko‘rsatadi. Shuning uchun ishchi muhit zichligi haqidagi ma’lumot dispetcherlik algoritmlariga va energetik monitoring tizimiga kiritilishi lozim.

Bosimning ortishi quvur armaturalari va mexanik muhrlarga ham bevosita ta’sir qiladi. Agar tizimdagi klapanlar, flaneslar yoki elastomer muhrlar ma’lum ish bosimi uchun tanlangan bo‘lsa, ishchi muhitning zichligi oshishi natijasida xavfsizlik zaxirasi kamayadi. Shu sababli loyihada faqat nasosning o‘zi emas, balki butun gidravlik kontur qayta tekshirilishi kerak.

Radial kuchning ortishi ayniqsa qisman yuklama rejimlarida yanada xavfli bo‘ladi. Adabiyotlarda bir pog‘onali nasoslarda chetlanish radial bosimni oshirishi qayd etiladi [5; 6]. Demak, zichligi yuqori muhit va markazdan chetlangan ish rejimi bir vaqtda yuz bersa, podshipniklar uchun birikkan noqulay omil hosil bo‘ladi.

ISSN 3030-3907

Hisobiy natijalar markazdan qochma nasosni loyihalashda ko‘pincha e’tibordan chetda qoladigan muhim haqiqatni tasdiqlaydi: nasosning ishchi egri chizig‘i suv uchun tuzilgani bilan, agregatning mexanik yuklanishi ishchi muhit almashganda sezilarli o‘zgaradi. Shu bois ishlab chiqaruvchi katalogidagi suv uchun keltirilgan napor egri chiziqlarini bevosita zichroq suyuqlikka qo‘llash noto‘liq bahoga olib kelishi mumkin.

AMALIY TAVSIYALAR

Birinchidan, nasos tanlashda ishchi muhit zichligi suv zichligidan sezilarli farq qilsa, bosim va quvvat qayta hisoblanishi shart. Bunda ishlab chiqaruvchi katalogidagi suv uchun berilgan egri chiziqlar to‘g‘ridan to‘g‘ri qabul qilinmasligi kerak.

Ikkinchidan, bir volyutali nasoslar uchun eng samarali ish nuqtasidan chetga chiqish radial kuchni oshiradi. Shu sababli Zarafshon hududidagi nasos stansiyalarida chastota o‘zgartirgichlar, tarmoqlar yoki pog‘onali boshqaruv orqali sarfni nasosga yaqin ushlab turish foydalidir.

Uchinchidan, zichligi yuqori muhitlar uchun podshipniklar yuk ko‘tarish qobiliyati, mexanik muhr materiali va val diametri bo‘yicha kamida 15-20 % zaxira ko‘zda tutilishi tavsiya etiladi. Bu ekspluatatsiya xavfsizligini oshiradi va ta’mirlashlar oralig‘ini uzaytiradi.

To‘rtinchidan, texnologik tizimga bosim datchiklari va vibratsiya monitoringi o‘rnatish radial kuchning bilvosita ortishini erta aniqlash imkonini beradi. Ayniqsa konchilik va texnik suv uzatish konturlarida bu yechim katta iqtisodiy samara beradi.

XULOSA

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, markazdan qochma nasoslarda metr ko‘rinishidagi napor H bir xil aylanish soni va geometrik parametrlar sharoitida suyuqlik zichligiga nisbatan ancha barqaror bo‘lsa-da, manometrik bosim Δp, radial kuch F_R va validagi quvvat talabi N zichlikka to‘g‘ri proporsional ravishda ortadi.

Hisobiy misolda zichlik 900 kg/m³ dan 1200 kg/m³ gacha oshirilganda haydash bosimi 282,5 kPa dan 376,7 kPa gacha, radial kuch 652,6 N dan 870,2 N gacha va quvvat talabi 6,52 kW dan 8,69 kW gacha o‘sdi. Demak, zichroq muhitlarda nasos agregatining faqat gidravlik emas, balki mexanik va energetik imkoniyatlari ham qayta baholanishi zarur.

Zarafshon tumani misolida bu masala ayniqsa dolzarb, chunki hududda suv ta’minoti va sanoat infratuzilmasi parallel rivojlanmoqda. Shu bois nasoslarni tanlash va modernizatsiya qilishda suyuqlik zichligi, podshipnik yuklanishi va radial kuchlarning oshishi albatta hisobga olinishi kerak.

ISSN 3030-3907

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li, Raxmatov Ramazonjon Ravshan o‘g‘li. Gidravlik tizimlardagi ichki nosozliklardan suyuqlik oqib chiqishini ishqalanish kuchlari asosida matematik modelini ishlab chiqish. Diversity Research: Journal of Analysis and Trends. Vol. 2, pp. 46-49, https://academiaone.org/index.php/2/article/view/854
2. Nabijon Abduazizov, Kamol Xakimov, Sardor Turdiyev, Akbar Zhuraev, Adxam Ismatov. The impact of the amount of pollution of the fluid in the hydraulic system on the working resource of the quarry excavator. E3S Web of Conferences, 2025. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562705001
3. B.R Toshov, A.D Nietbaev, A.A Ismatov. Vintsimon harakatda qattiq jismning ixtiyoriy nuqtasining harakat tenglamasi va tezligi, Educational Research in Universal Sciences, c-473-476.
4. Ismatov A. A. (2025). Gidronasos porshen harakatining matematik tahlili va differensial modellashtirish. Development Of Science, 7(2), pp. 409-414. https://doi.org/0
5. Turanov E. Z., Zoxidov O. U., Xudoyberdiyev L. N. & Ismatov A. A. (2025). Kon mashinalari radiator qurilmasi gidravlik tizimini sovutishning zamonaviy texnik yechimi. Development Of Science, 10(1), pp. 378-383. https://doi.org/0
6. Ismatov A. A. (2025). Gidravlik tizimdagi nasoslarning harakatlanish usullarining qiyosiy tahlillari . Development Of Science, 7(2), pp. 403-408. https://doi.org/0
7. S. Zhuraev, S. A. Turdiyev, S. T. Jurayev, and S.S. Q. Salimova, "Characteristics of packing gland seals in hydraulic systems of quarry excavators and results of comparative analysis of experimental tests," Vibroengineering Procedia, Vol. 54, pp. 252–257, Apr. 2024, https://doi.org/10.21595/vp.2024.24051.
8. Abdullayev Sardor Husniddinovich, Juraqulov Og‘abek Jurabek o‘g‘li, Kaxxarov Orif Odilovich, Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li. Suyuqlik haroratini tashqi ta'sir orqali suyuqlikning yopishqoqligini tahlili. Часть-45_ Том-3_ Май-2025. С.255-258.

ISSN 3030-3907

THERMAL PROCESSING TECHNOLOGY OF PARTS

Norkhodjaev F. R.
Head of the "Materials Science" Department of Tashkent State Technical University named after I.A. Karimov.
Mamatkulov R.Sh.
Assistant of the Department of "Technological Machines and Equipment" of Almalyk State Technical Institute.
E-mail: rustammamatkulov22@gmail.com
Ergasheva D.X.
Graduate student of the 9M-25 "Technological Machines and Equipment" group of the Almalyk State Technical Institute.
Maxmadiyorov S.A.
Student of group 9b-25 "Technological machines and equipment" of Almalyk State Technical Institute.

Annotation. This paper presents a comprehensive review of surface and bulk hardening technologies used in modern machine part manufacturing. Surface hardening processes — including induction hardening, flame hardening, carburizing, nitriding, and laser hardening — along with mechanical surface treatments such as shot peening and deep rolling are analyzed in terms of their underlying metallurgical mechanisms, achievable hardness profiles, and effect on mechanical performance. Experimental data and published results are compared across materials ranging from carbon steels to ductile cast irons. Statistical analysis demonstrates that nitriding achieves the highest surface hardness values (65–72 HRC) while induction hardening provides the most favorable cost-to-performance ratio for medium-to-large components. Case studies from automotive, aerospace, and heavy machinery sectors illustrate the industrial relevance of each method. This review also addresses recent advances in hybrid hardening approaches, process simulation, and Industry 4.0 integration. [1] [2] [3]

Keywords: surface hardening; induction hardening; carburizing; nitriding; laser hardening; shot peening; fatigue life; wear resistance; case depth; microstructure.

Annotatsiya. Ushbu maqolada zamonaviy mashina detallarini ishlab chiqarishda qo‘llaniladigan sirt va hajmiy qattiqlashtirish texnologiyalarining keng qamrovli tahlili keltirilgan. Sirtni qattiqlashtirish jarayonlari — jumladan, induksion qattiqlashtirish, alangali qattiqlashtirish, karburizatsiya, nitridlash va lazer yordamida qattiqlashtirish, shuningdek sirtga mexanik ishlov berish usullari, masalan sharachalar bilan zarb berish (shot peening) va chuqur roliklab siqish (deep rolling) — ularning metallurgik mexanizmlari, hosil bo‘ladigan qattiqlik profillari hamda mexanik xususiyatlarga ta’siri nuqtai nazaridan tahlil qilinadi. Tajriba natijalari va chop etilgan ilmiy ma’lumotlar uglerodli po‘latlardan tortib

ISSN 3030-3907

sharsimon grafitli yuqori mustahkam cho‘yanlargacha bo‘lgan materiallar uchun solishtirib o‘rganilgan. Statistik tahlil shuni ko‘rsatadiki, nitridlash eng yuqori sirt qattiqligini (65–72 HRC) ta’minlaydi, induksion qattiqlashtirish esa o‘rta va yirik o‘lchamdagi detallar uchun xarajat va samaradorlik nisbatining eng maqbul variantini beradi. Avtomobilsozlik, aviatsiya-kosmik sanoat va og‘ir mashinasozlik sohalaridan olingan amaliy misollar har bir usulning sanoatdagi ahamiyatini ko‘rsatadi. Shuningdek, ushbu sharhda gibrid qattiqlashtirish usullari, texnologik jarayonlarni modellashtirish hamda Industry 4.0 texnologiyalarini integratsiyalash bo‘yicha so‘nggi yutuqlar ham ko‘rib chiqilgan.

Kalit so‘zlar: sirtni qattiqlashtirish induksion qattiqlashtirish karburizatsiya (uglerod bilan boyitish) nitridlash lazer yordamida qattiqlashtirish sharachalar bilan zarb berish (shot peening) charchashga chidamlilik muddati yeyilishga chidamlilik qattiqlashgan qatlam chuqurligi mikrostrukturasi

Аннотация. В данной работе представлен комплексный обзор технологий поверхностного и насыпного твердения, используемых в современном производстве деталей машин. Процессы поверхностного твердения, включая индукционное твердение, пламенное твердение, карбонизацию, азотирование и лазерное твердение, наряду с механическими поверхностными обработками, такими как накалывание и глубокое прокатывание, анализируются с точки зрения их основных металлургических механизмов, достижимых профилей твердости и влияния на механические характеристики. Экспериментальные данные и опубликованные результаты сравниваются для материалов от углеродистых сталей до пластичных чугунов. Статистический анализ показывает, что нитрование обеспечивает наивысшие значения поверхностной твердости (65-72 HRC), в то время как индукционное твердение обеспечивает наиболее благоприятное соотношение затрат и производительности для компонентов среднего и крупного размера. Кейс-стади из автомобильной, аэрокосмической и тяжелой машиностроительной отраслей иллюстрируют промышленную актуальность каждого метода. В этом обзоре также рассматриваются последние достижения в гибридных подходах к закалке, моделировании процессов и интеграции Индустрии 4.0. [1] [2] [3]

Ключевые слова: поверхностное упрочнение, индукционная закалка, карбюризация (насыщение углеродом), азотирование, лазерная закалка, дробеструйная обработка (shot peening), усталостная долговечность, износостойкость, глубина упрочнённого слоя, микроструктура.

1. INTRODUCTION

ISSN 3030-3907

The durability and reliability of machine parts operating under cyclic loads, abrasive contact, and corrosive environments depend critically on the mechanical and physical properties of their surface layers. As industrial demands for higher performance and longer service life intensify, the engineering community has developed a broad portfolio of surface and bulk hardening technologies that selectively improve hardness, fatigue strength, and wear resistance without compromising the toughness of the component core. [4] [5]

Hardening technologies can be broadly categorized into (1) thermal processes (quenching and tempering, flame hardening, induction hardening, laser beam hardening); (2) thermo-chemical diffusion processes (carburizing, nitriding, carbonitriding, boriding); (3) mechanical surface treatments (shot peening, deep rolling, laser shock peening); and (4) coating-based methods (physical vapor deposition, chemical vapor deposition, thermal spraying). Each approach exploits different metallurgical or physical mechanisms to alter the surface layer, and each involves trade-offs in cost, achievable properties, and applicability to different component geometries. [6] [7]

Global statistics underline the economic significance of this field. According to market research reports, the global metal heat treatment market was valued at approximately USD 116 billion in 2023 and is projected to reach USD 158 billion by 2030, growing at a compound annual growth rate (CAGR) of 4.5% [8]. In the European automotive sector alone, surface hardening of drivetrain components — gears, shafts, camshafts, and crankshafts — accounts for more than 60% of all heat treatment activity, reflecting both the volume of parts produced and the critical performance requirements imposed by modern engines [9].

Despite this industrial maturity, the field continues to advance. Laser hardening enables precise, low-distortion treatment of complex geometries. Plasma nitriding offers improved process control compared to gas nitriding. Hybrid processes, combining induction hardening with shot peening or laser treatment, are yielding performance levels unattainable by single-step methods. Concurrently, finite element simulation of temperature fields, phase transformation kinetics, and residual stress distributions is maturing to the point where virtual process optimization is becoming industrially viable [10] [11].

The objective of this paper is to provide a systematic review of the major hardening technologies for machine parts, examining their physical and metallurgical foundations, process parameters, achievable performance metrics, and industrial applications. Comparative data across methods are collated in tables and illustrated in figures and diagrams to provide a practical reference for process engineers and researchers.

ISSN 3030-3907

2. METALLURGICAL FUNDAMENTALS OF HARDENING

2.1 Mechanisms of Hardness Enhancement

Surface hardness in metallic components is increased through one or more of four fundamental metallurgical mechanisms: (a) martensitic transformation, (b) precipitation hardening, (c) solid-solution strengthening through interstitial diffusion, and (d) work hardening through compressive plastic deformation [12]. Understanding which mechanism is operative in a given process is essential for predicting performance and optimizing parameters.

Martensitic transformation is the dominant mechanism in all quench-based thermal hardening processes. When steel is rapidly cooled from the austenite phase field, the face-centered cubic (FCC) austenite structure transforms to a body-centered tetragonal (BCT) martensite without diffusion. The resulting lattice distortion, caused by supersaturation with carbon atoms, produces enormous hardening. The martensite start temperature Ms and finish temperature Mf are sensitive to alloy composition, and can be estimated from the empirical equation of Andrews [13]: Ms (°C) = 539 − 423(%C) − 30.4(%Mn) − 17.7(%Ni) − 12.1(%Cr) − 7.5(%Mo).

In nitriding, hardening results from the precipitation of coherent nitride phases — primarily Fe4N (γ'-phase) and Fe2–3N (ε-phase) — within the iron matrix, and the formation of very hard alloy nitrides such as CrN, AlN, and Mo2N when alloying elements are present. These precipitates resist dislocation motion, producing hardness values of 950–1200 HV in alloy steels [14].

Shot peening and deep rolling introduce compressive residual stresses in the surface layer through plastic deformation. The Hertz contact stress during media impact locally exceeds the yield strength of the surface material, inducing plastic strain. Upon elastic recovery of the bulk, a compressive residual stress field is "locked in" near the surface. This residual compression closes fatigue crack tips and impedes crack propagation, thereby extending fatigue life [15].

2.2 Martensite Formation and the CCT Diagram

The continuous cooling transformation (CCT) diagram maps the austenite decomposition products — ferrite, pearlite, bainite, and martensite — as a function of cooling rate. For hardening to succeed, the cooling rate must exceed the critical cooling rate (CCR), which lies to the left of the martensite nose in the CCT diagram. Alloying additions such as Mn, Cr, Ni, and Mo shift the CCT curves to the right (lower cooling rates suffice), increasing hardenability. The Jominy end-quench test provides a standardized measure of hardenability, expressed as the distance from the quenched end at which hardness drops to 50% of the maximum value [16].

ISSN 3030-3907

Carbon content has the strongest influence on the maximum achievable martensite hardness. Empirically, the maximum hardness (HRC) of fully martensitic steel can be approximated as: HRCmax ≈ 30 + 50 × (%C). For AISI 1045 steel (0.45%C), this predicts approximately HRC 52.5, consistent with measured values of 50–55 HRC after direct quenching from 850 °C [17].

3. THERMAL SURFACE HARDENING METHODS

3.1 Flame Hardening

Flame hardening is the oldest selective surface hardening technique, employing oxy-acetylene or oxy-propane torches to rapidly heat the surface of ferrous components above the Ac3 transformation temperature, followed by immediate quenching with water sprays. The process is applicable to components of virtually any size, from small tools to large machine slides and crane wheels, at relatively low capital investment [18].

The primary operational variables are torch-to-surface distance (typically 6–12 mm), traverse speed (0.5–3.0 m/min for moving hardening), dwell time (static hardening), and quench medium. Achievable case depths range from 2 to 6 mm with surface hardness of 50–60 HRC for medium-carbon steels. The process is less precise than induction hardening and is prone to inconsistent results on complex geometries; however, its flexibility and low tooling cost sustain its use in repair workshops and for large, irregular parts [19] [20].

3.2 Induction Hardening

Induction hardening employs electromagnetic induction to generate eddy currents in the workpiece surface, producing rapid resistive (Joule) heating. The skin depth δ (m) of current penetration is governed by the relationship $\delta = \sqrt{(\rho / (\pi \cdot f \cdot \mu r \cdot \mu 0))}$, where ρ is electrical resistivity ($\Omega \cdot m$), f is frequency (Hz), μr is relative permeability, and $\mu 0 = 4\pi \times 10^{-7}$ H/m. This relationship determines that higher frequencies yield shallower case depths [21] [22].

Typical frequency ranges are: 1–10 kHz for case depths of 3–10 mm (axle shafts, large gears), 10–100 kHz for 1–3 mm (camshaft lobes, crankpin journals), and 100 kHz–10 MHz for <1 mm (small pins, needles). Heating times range from less than 1 second for small parts to 30–60 seconds for large components. Modern induction hardening systems incorporate CNC control of power, frequency, and part motion, enabling highly reproducible results across high-volume production runs [23].

Induction hardening is particularly dominant in automotive drivetrain manufacturing. Statistical data from the European Automobile Manufacturers' Association indicate that more than 85% of crankshafts and approximately 70% of camshafts produced in Europe are surface-hardened by induction [24]. The energy

ISSN 3030-3907

efficiency of induction heating (typically 60–75% power conversion efficiency) compares favorably to furnace-based processes (25–40%), which is an important consideration in the context of industrial decarbonization efforts.

3.3 Laser Beam Hardening

Laser hardening uses a focused or shaped laser beam (CO2, Nd:YAG, or high-power diode lasers) to rapidly heat the surface beyond the Ac1 temperature. Self-quenching occurs as heat is rapidly conducted into the cold bulk, eliminating the need for external quench media and enabling treatment in air. Power densities typically range from 10^3 to 10^5 W/cm², and interaction times are 0.1–2.0 s, depending on laser power and traverse speed [25].

The major advantages of laser hardening are: (a) minimal distortion due to very localized heat input; (b) ability to treat localized zones and complex geometries inaccessible to induction coils or flames; (c) no quench media handling; and (d) easy integration into CNC machining centers for in-process hardening. Achieved hardness typically ranges from 60 to 68 HRC in medium-carbon and alloy steels, with case depths of 0.3–2.0 mm. Surface roughness remains essentially unchanged if the surface is not melted [26] [27].

4. THERMO-CHEMICAL DIFFUSION HARDENING PROCESSES

4.1 Carburizing

Carburizing enriches the surface layer of low-carbon steel with carbon to produce a high-carbon case that can be subsequently hardened by quenching. The process is performed in a carbonaceous atmosphere — solid pack media (now rare), liquid salt bath, endothermic gas, or vacuum — at temperatures of 850–1000 °C where the steel is austenitic and carbon diffusivity is adequate [28].

Carbon mass transfer at the surface is controlled by the carbon potential Cp of the atmosphere, and carbon diffusion into the case follows Fick's second law: $\partial C/\partial t = D \cdot \partial^2 C/\partial x^2$, where D is the diffusion coefficient of carbon in austenite and x is depth. Typical D values at 920 °C are approximately 1.5×10^{-7} cm²/s for AISI 8620 steel. A two-stage boost–diffuse cycle is used to maximize productivity while controlling the carbon profile: a high carbon-potential boost phase rapidly enriches the surface, followed by a lower-potential diffuse phase to flatten the gradient and prevent excessive surface carbon (carbide networks) [29] [30].

4.2 Nitriding and Plasma Nitriding

Nitriding diffuses nitrogen into the surface at sub-critical temperatures (480–580 °C), entirely below the transformation range, eliminating quenching and minimizing distortion. Gas nitriding uses an ammonia (NH3) atmosphere; plasma (ion) nitriding uses a low-pressure nitrogen–hydrogen glow discharge to dissociate N2 and accelerate nitrogen ions toward the cathodic workpiece surface. Plasma

ISSN 3030-3907

nitriding achieves shorter cycle times, better controllability of the compound layer composition, and the ability to treat stainless steels that resist conventional gas nitriding [31] [32].

The nitrided case consists of an outer compound layer (white layer) of iron nitrides (Fe4N and Fe2–3N) 1–25 μm thick, supported by a diffusion zone 0.1–0.8 mm deep. The compound layer, while very hard, can be brittle; its thickness and phase composition (γ'/ε ratio) are controlled by temperature, nitrogen potential, and treatment duration. For fatigue applications, single-phase γ' layers are preferred, while ε-phase layers enhance corrosion resistance [33].

5. COMPARATIVE ANALYSIS OF HARDENING METHODS

Table 1 summarizes the key process parameters and achievable performance metrics for the major hardening technologies reviewed.

Table 1.

Comparative overview of surface hardening methods: process parameters and performance metrics [1,2,4,18,22,25,28,31].

Hardening Method	Surface Hardness (HRC)	Case Depth (mm)	Process Temp (°C)	Fatigue Improvement (%)	Cost Index
Flame Hardening	50–60	2–6	850–950	20–30	Low
Induction Hardening	55–65	1–4	800–900	30–50	Medium
Carburizing	58–65	0.5–2.5	870–950	40–60	Medium
Nitriding	65–72	0.1–0.8	480–580	50–70	High
Laser Hardening	60–68	0.3–2.0	900–1100	45–65	High
Shot Peening	—	0.1–0.5	Ambient	15–40	Low

The data in Table 1 indicate clearly that no single method is universally optimal. Nitriding provides the highest surface hardness but is limited to shallow case depths, long processing times, and moderate temperatures requiring high-alloy steels for best results. Induction hardening represents the best balance of case depth, hardness, process speed, and cost for medium-carbon steels, making it the dominant method in mass production. Laser hardening excels where geometrical precision, minimal distortion, and localized treatment are paramount. [34] [35].

5.1 Mechanical Properties Before and After Induction Hardening

ISSN 3030-3907

Table 2 presents tensile strength and hardness data for commonly hardened engineering steels, comparing as-machined and induction-hardened conditions.

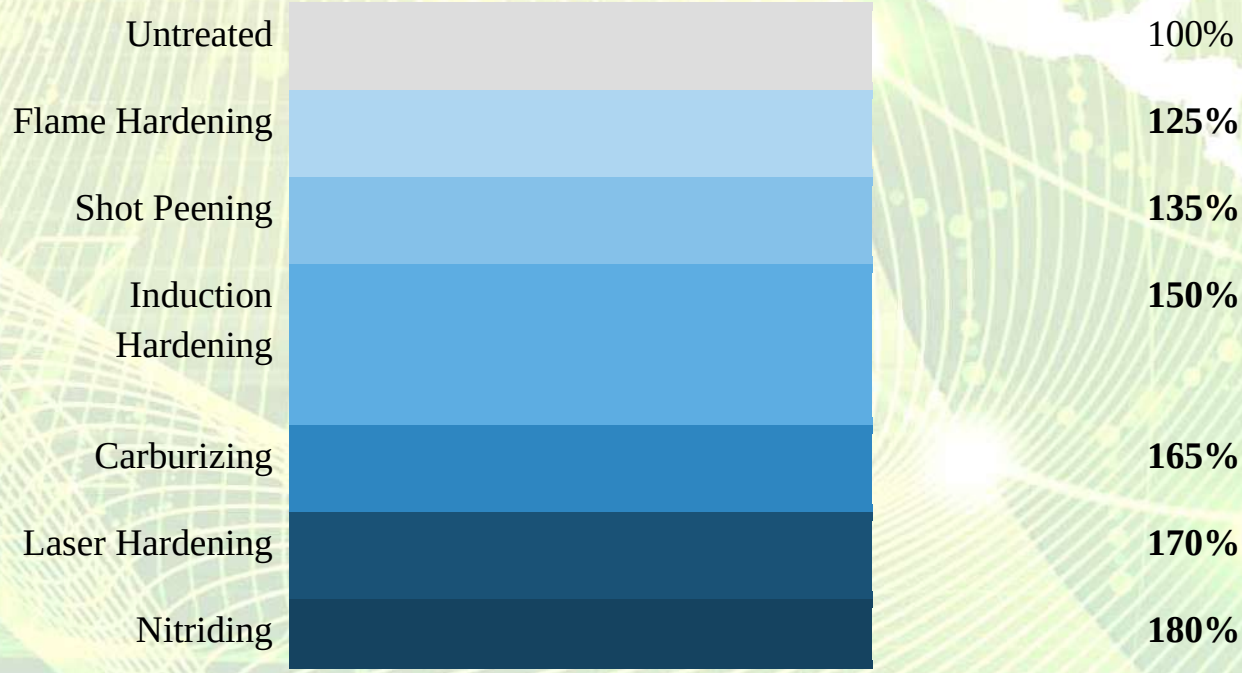
Table 2.

Mechanical properties of selected engineering steels before and after induction hardening [12,16,17].

Material	UTS Before (MPa)	UTS After (MPa)	Hardness Before (HRC)	Hardness After (HRC)
AISI 1045 Steel	585	830	22	55
AISI 4140 Steel	655	965	28	60
AISI 8620 Steel	520	780	19	58
Gray Cast Iron (HT200)	200	—	15	48
Ductile Iron (GGG40)	400	510	20	52

5.2 Fatigue Life Improvement — Comparative Statistics

Figure 1 presents a normalized comparison of fatigue life improvement factors for different hardening methods, relative to the untreated baseline (100%). Data compiled from published fatigue test results on medium-carbon steel specimens (AISI 1045 or equivalent) under rotating bending fatigue at R = −1.



ISSN 3030-3907

Figure 1. Normalized fatigue life (relative to untreated baseline = 100%) for different hardening processes on medium-carbon steel. Data compiled from [5,7,15,22,27,31,36].

The data clearly show that all hardening methods significantly improve fatigue life above the untreated baseline. Nitriding provides the greatest fatigue improvement (up to 80% increase) due to the combination of high surface hardness and compressive residual stress. Laser hardening and carburizing follow closely, while shot peening and flame hardening provide more modest improvements. It is important to note that hybrid combinations (e.g., carburizing + shot peening) can yield additive or synergistic improvements beyond those shown for individual methods [37] [38].

5.3 Hardness–Depth Profiles

Figure 2 presents representative hardness–depth profiles for induction hardening, carburizing, and nitriding, plotted alongside the untreated baseline. The values are representative for AISI 4140 steel (induction hardened and carburized) and 38CrMoAlA steel (nitrided) — steel grades typically used in each respective process.

Figure 2.

Vickers hardness (HV) as a function of depth from the surface for induction hardening, carburizing, nitriding (on 38CrMoAlA), and untreated baseline (AISI 4140). Data from [13,16,29,33].

Depth from Surface (mm)	Induction Hardened (HV)	Carburized (HV)	Nitrided (HV)	Untreated (HV)
0.0 (Surface)	750	820	950	250
0.1	730	800	900	252
0.2	700	770	820	255
0.5	650	720	680	260
1.0	580	660	580	258
1.5	490	590	440	255
2.0	370	510	340	253
3.0	290	400	275	252
5.0 (Core)	260	300	260	250

ISSN 3030-3907

The profiles in Figure 2 illustrate the distinct characteristics of each method. Nitriding produces the highest surface hardness but a steeper gradient and shallower total case depth (≤0.8 mm). Induction hardening and carburizing both produce deeper cases (1.5–3+ mm), suitable for highly loaded components. The transition zone gradient — the rate of hardness change from case to core — is important for determining whether the case will spall under contact loading; a gradual gradient is preferred for gears and bearing races [39].

6. PROCESS PARAMETERS: CARBURIZING CYCLE DESIGN

Table 3 details the parameters of a typical gas carburizing and quench cycle for a transmission gear made from AISI 8620 steel (target case depth: 0.8–1.2 mm effective case depth at 50 HRC; surface hardness: 60–63 HRC).

Table 3.

Recommended process parameters for gas carburizing of AISI 8620 steel transmission gears [28,29,30].

Process Stage	Temperature (°C)	Duration (h)	Carbon Potential (%)	Atmosphere	Purpose
Boost Phase	920–940	4–8	1.1–1.3	Endothermic	Carbon enrichment
Diffusion Phase	870–890	2–4	0.7–0.8	Endothermic	Profile smoothing
Quench	820–840	0.5–1	—	Oil/Polymer	Hardness formation
Temper	150–200	1–2	—	Air	Stress relief

Carbon potential control in modern gas carburizing furnaces relies on oxygen sensor (lambda probe) feedback to the atmosphere generator, enabling closed-loop control with carbon potential accuracy of ±0.05%C. Predictive models based on finite difference solutions to Fick's second law enable the carbon profile to be calculated in real time and the boost/diffuse switchover point to be determined automatically [40]. Temperature uniformity within ±5 °C across the load is required by standards such as AMS 2750 (NADCAP) to ensure consistent case depth across all parts in the batch.

7. INDUSTRIAL APPLICATIONS

Table 4 maps hardening methods to specific industrial applications, indicating the primary requirement driving method selection. The diversity of applications

ISSN 3030-3907

reflects both the breadth of the hardening technology portfolio and the multiplicity of failure modes that must be guarded against in engineered components.

Table 4.

Industrial applications of surface hardening technologies across major industry sectors [4,6,9,24,34].

Industry Sector	Component	Method Used	Key Requirement
Automotive	Crankshafts, Camshafts	Induction Hardening	Wear resistance + fatigue life
Automotive	Gearbox gears	Carburizing + Quenching	High surface hardness, tough core
Aerospace	Landing gear components	Nitriding	Corrosion + fatigue resistance
Heavy Machinery	Excavator bucket teeth	Flame Hardening	Abrasion resistance
Tool Manufacturing	Drill bits, Milling cutters	Carbide coating + Nitriding	Extreme hardness
Railway	Wheel flanges, Rails	Induction Hardening	Rolling contact fatigue life
Oil & Gas	Valve stems, Pump shafts	Nitriding + PVD coating	Corrosion + wear resistance

7.1 Automotive: Crankshaft Induction Hardening

The crankshaft is among the most fatigue-critical components in an internal combustion engine, subjected to bending and torsional loads at bearing journal surfaces. Induction hardening of crankpin and main bearing journals to a depth of 3–5 mm and hardness of 52–58 HRC has been standard practice since the 1960s. Modern systems use single-shot hardening with custom-shaped inductors matching the journal geometry, followed by oil or polymer quench. Post-hardening compressive residual stresses measured by X-ray diffraction typically reach −400 to −600 MPa at the surface, contributing significantly to fatigue life [41].

7.2 Aerospace: Nitriding of Landing Gear Components

Aerospace landing gear components (main struts, torque links, axles) typically employ 300M or 4340 alloy steel with ion nitriding to develop a compound layer of <10 μm (to avoid brittleness) and a 0.3–0.5 mm diffusion zone. The combined effect of surface hardness (750–850 HV) and compressive residual

ISSN 3030-3907

stress (up to −700 MPa) in the diffusion zone dramatically improves fretting fatigue resistance at bolt hole interfaces [42]. NADCAP accreditation requirements mandate rigorous process monitoring including ammonia dissociation rate, temperature uniformity, and metallographic verification on sacrificial coupons.

7.3 Heavy Machinery: Flame Hardening of Large Components

Excavator bucket teeth, crane wheel flanges, and large machine tool slideways represent a class of components where geometry and size preclude furnace or induction hardening. Flame hardening with track-following automated torches achieves consistent results on components up to several meters in length. For machine tool slideways (typically gray or ductile iron), flame hardening to 45–50 HRC on the wearing surface dramatically extends re-grinding intervals from months to years [43].

8. ADVANCED AND HYBRID HARDENING APPROACHES

8.1 Laser Shock Peening

Laser shock peening (LSP) uses nanosecond-duration, gigawatt-class laser pulses to generate plasma-induced shockwaves that propagate into the metal surface, introducing deep (1–6 mm) compressive residual stresses with magnitudes of −200 to −700 MPa. Unlike shot peening, surface roughness increase is minimal (<0.5 μm Ra), and the depth of residual compression is significantly greater. LSP is established in aerospace as a fatigue enhancement treatment for titanium fan blade leading edges and aluminum fuselage structures [44] [45].

8.2 Hybrid Carburizing + Shot Peening

Carburized gears subjected to post-carburizing shot peening exhibit synergistic improvements in contact fatigue (pitting resistance) and bending fatigue. The shot peening introduces additional surface compressive stress on top of the residual compression from the quench transformation strain, and breaks up any detrimental retained austenite or carbide films. Published data indicate that the combination increases bending fatigue endurance limits by 20–35% beyond carburizing alone for hypoid gears in automotive differentials [46].

8.3 Process Simulation and Industry 4.0

Finite element simulation of induction hardening, combining electromagnetic analysis with thermal and metallurgical sub-models, enables prediction of hardened zone geometry, hardness distribution, and residual stress without trial runs. Commercial software packages (DEFORM, DANTE, SYSWELD, and FORGE) incorporate phase transformation kinetics using the Johnson–Mehl–Avrami–Kolmogorov (JMAK) equations and continuous cooling transformation (CCT) data, allowing parametric studies of frequency, power, and scan speed [47] [48].

ISSN 3030-3907

Industry 4.0 integration connects real-time sensor data from hardening systems — surface temperatures (pyrometers, thermal cameras), power and frequency, quench flow rates — to digital twin models that compare actual process trajectories against virtual predictions. Deviations trigger alarms or automatic corrections. Early implementations at automotive suppliers report reductions in rejection rates of 30–50% and a 25% decrease in energy consumption through elimination of over-processing [49].

9. ENVIRONMENTAL AND ECONOMIC CONSIDERATIONS

Environmental impact is an increasingly important selection criterion for hardening processes. Gas carburizing with endothermic generators consumes significant quantities of natural gas and generates CO, CO2, and small amounts of CO. Modern installations increasingly employ vacuum carburizing (low-pressure acetylene carburizing) which eliminates atmospheric pollutants, reduces energy consumption by 20–30%, and enables faster carbon mass transfer at higher temperatures (950–1050 °C) [50].

Nitriding, being a low-temperature process, has inherently lower energy consumption than carburizing. However, gas nitriding consumes large quantities of ammonia, and plasma nitriding requires vacuum pump infrastructure. Shot peening has a favorable environmental profile: no chemicals, no high-temperature processing, and steel shot media can be recycled for 1000–3000 uses before replacement [51].

Economically, the total cost of hardening must include energy, labor, tooling (inductor coils, furnace maintenance), fixturing, quality inspection, and rework of distorted parts. Induction hardening has the lowest per-part cost for high-volume production (>50,000 parts/year) due to its fast cycle times (5–60 seconds per part). For low volumes, flame hardening or laser hardening — with minimal tooling — may be more economical. Nitriding has high labor and energy cost per batch but negligible distortion, minimizing post-treatment grinding costs [52] [53]

10. CONCLUSIONS

This paper has reviewed the principal hardening technologies for machine parts — induction hardening, flame hardening, laser hardening, carburizing, nitriding, and shot peening — presenting their physical mechanisms, process parameters, achievable material properties, and industrial applications. The following principal conclusions are drawn:

(1) Induction hardening offers the most favorable combination of case depth (1–4 mm), surface hardness (55–65 HRC), energy efficiency, and production rate for medium-carbon and low-alloy steel components, and remains the dominant method in automotive drivetrain manufacturing.

ISSN 3030-3907

(2) Nitriding achieves the highest surface hardness values (65–72 HRC, 900–1200 HV) and excellent fatigue improvement (up to 80% above baseline) with negligible distortion, making it ideal for precision components and applications where corrosion resistance is also required.

(3) Laser hardening uniquely enables precise, low-distortion treatment of complex, localized geometries with no quench media requirement, and is gaining industrial adoption for high-value components in aerospace and tooling sectors.

(4) Hybrid processes combining carburizing or induction hardening with shot peening yield synergistic fatigue life improvements (20–35% above single-method results) and represent an important direction for high-performance applications.

(5) Process simulation and Industry 4.0 digital twin approaches are maturing rapidly, enabling virtual process optimization and real-time quality assurance that significantly reduce rejection rates and energy consumption.

Future research priorities include multi-physics simulation of hybrid processes, life cycle assessment of hardening technologies under decarbonization constraints, and the development of intelligent closed-loop control systems for adaptive hardening.

REFERENCES

1. Kenjayev, T. N., R. Sh Mamatkulov, and A. A. Abdukaxxarov. "ZANGLAMAYDIGAN PO ‘LAT QUVURLARNI KOMBINATSYALASHGAN LAZER VA YOYLI PAYVANDLASH." *InnoRes* 1.5 (2025): 25-39.

2. Fazilov, D. S., and R. S. Mamatqulov. "o‘g‘li, Kenjayev, TN o‘gli, & Abdukaxxarov, AA o‘g‘li.(2024). Boyitish fabrikalari jihozlarining yeyilish sabablari." *Science and Education* 5.4: 146-151..

3. Shavazov, K., Mamatkulov, R., Tursunov, S., Hayitov, B., & Izbasarova, Z. (2025). Addition of sorghum grain to broiler chicken diets and its effect on productivity and safety. In *BIO Web of Conferences* (Vol. 161, p. 00066). EDP Sciences.

4. Abdukaxxarov, A. A., and Mamatkulov R. Sh. "MASHINA DETALLARINI TIKLASH VA PUXTALASH USULLARI." *Экономика и социум* 3-1 (118) (2024): 6-12.

5. Абдукаххаров, А. А., and Р. Ш. Маматкулов. "МЕТОДЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ИЗНОШЕННЫХ ДЕТАЛЕЙ МЕТОДАМИ НАПЛАВКИ." *Экономика и социум* 11-1 (126) (2024): 693-700.

6. Grosch, J. (2000). Fundamentals of case hardening. In: Handbook of Workpiece Properties: Steels and Cast Irons. ASM International.

ISSN 3030-3907

7. Almen, J.O. & Black, P.H. (1963). Residual Stresses and Fatigue in Metals. McGraw-Hill, New York.
8. Grand View Research (2024). Metal Heat Treatment Market Size, Share & Trends Analysis Report, 2024–2030. San Francisco, CA.
9. European Automobile Manufacturers' Association – ACEA (2023). European Automotive Industry Report. Brussels, Belgium.
10. Bammann, D.J. et al. (2010). Forming Simulations with Microstructure Evolution. Journal of Engineering Materials and Technology, 132(2), 021011.
11. Sisson, R.D. (2012). Simulation and Modeling of Heat Treating Processes. ASM International.
12. Krauss, G. (2015). Steels: Processing, Structure, and Performance. 2nd ed. ASM International.
13. Andrews, K.W. (1965). Empirical formulae for the calculation of some transformation temperatures. Journal of the Iron and Steel Institute, 203(7), 721–727.
14. Bell, T. (1997). Surface engineering: its current and future impact on tribology. Journal of Physics D: Applied Physics, 25(1A), A297.
15. Schulze, V. (2006). Modern Mechanical Surface Treatment. Wiley-VCH, Weinheim, Germany.

ISSN 3030-3907

GIDRAVLIK MASHINALARNING GIDROTIZIMIDAGI MUAMMOLAR VA ULARNING TAHLILI

Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti katta o‘qituvchisi.
E-mail: olympic9492@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqolada gidravlik mashinalar gidrotizimlarida uchraydigan asosiy nosozliklar — ishchi suyuqlikning ifloslanishi, sizib chiqishlar, qizib ketish, kavitatsiya, havo aralashishi va bosim tebranishlari kompleks tahlil qilindi. Tadqiqotda tizim elementlari o‘rtasidagi funksional bog‘liqlik, nosozliklarning paydo bo‘lish sabablari, ularning texnik-iqtisodiy oqibatlari hamda profilaktika choralariga alohida e’tibor qaratildi. Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, gidrotizim ishonchliligini oshirish uchun filtrlash sifatini yaxshilash, harorat rejimini nazorat qilish, germetiklikni tiklash, diagnostika sensorlaridan foydalanish va rejalashtirilgan texnik xizmatni raqamli monitoring bilan birlashtirish zarur. Maqolada nazariy sxema, tahliliy diagrammalar va muammolarni ustuvorlik bo‘yicha baholash jadvali keltirilgan.

Kalit so‘zlar: gidravlik tizim, ishchi suyuqlik, ifloslanish, kavitatsiya, sizib chiqish, harorat, diagnostika, filtratsiya, ishonchlilik.

Аннотация. В данной научной статье проведён комплексный анализ основных неисправностей, встречающихся в гидросистемах гидравлических машин, включая загрязнение рабочей жидкости, утечки, перегрев, кавитацию, попадание воздуха и колебания давления. В исследовании особое внимание уделено функциональной взаимосвязи между элементами системы, причинам возникновения неисправностей, их техническим и экономическим последствиям, а также мерам профилактики. Результаты анализа показывают, что для повышения надёжности гидросистем необходимо улучшить качество фильтрации, контролировать температурный режим, восстанавливать герметичность, использовать диагностические датчики и сочетать плановое техническое обслуживание с цифровым мониторингом. В статье представлены теоретическая схема, аналитические диаграммы и таблица оценки проблем по степени приоритетности.

Ключевые слова: гидравлическая система, рабочая жидкость, загрязнение, кавитация, утечка, температура, диагностика, фильтрация, надёжность.

Annotation. This scientific article provides a comprehensive analysis of the main faults occurring in the hydraulic systems of hydraulic machines, including working fluid contamination, leakage, overheating, cavitation, air entrainment, and pressure fluctuations. The study pays special attention to the functional interrelation between system elements, the causes of faults, their technical and economic

ISSN 3030-3907

consequences, as well as preventive measures. The analysis results show that in order to improve the reliability of hydraulic systems, it is necessary to enhance filtration quality, control the temperature regime, restore sealing integrity, use diagnostic sensors, and combine scheduled maintenance with digital monitoring. The article also presents a theoretical scheme, analytical diagrams, and a table for prioritizing problems.

Key woards: hydraulic system, working fluid, contamination, cavitation, leakage, temperature, diagnostics, filtration, reliability.

KIRISH.

Gidravlik mashinalar sanoat, qurilish, konchilik, transport va qishloq xo‘jaligi texnikalarida keng qo‘llaniladi. Ularning asosiy afzalligi katta quvvatni ixcham o‘lchamlarda uzatish, yukni silliq boshqarish va murakkab ish rejimlarida barqaror ishlash imkoniyatidir. Biroq gidrotizimning samaradorligi nafaqat nasos yoki gidrosilindrning konstruksiyasiga, balki ishchi suyuqlik holati, filtratsiya darajasi, muhrlarning sifati, harorat rejimi va boshqaruv armaturasi ishonchliligiga ham bevosita bog‘liq.

METODOLOGIYA. Amaliyot shuni ko‘rsatadiki, ko‘plab nosozliklar birdaniga emas, balki kichik belgilar ko‘rinishida boshlanadi: ish organining sekinlashuvi, shovqinning ortishi, vibratsiya, bosimning notekis o‘zgarishi, suyuqlikning ko‘piklanishi yoki rangining qorayishi. Ushbu belgilar e’tibordan chetda qolsa, natijada nasosning erta yeyilishi, klapanlarning qotib qolishi, muhrlarning kuyishi, energiya sarfining ortishi hamda favqulodda to‘xtashlar yuzaga keladi. Shu sababli gidrotizimdagi muammolarni alohida emas, balki o‘zaro bog‘liq jarayon sifatida tahlil qilish dolzarb hisoblanadi.

Mazkur maqolaning maqsadi gidravlik mashinalar gidrotizimida uchraydigan tipik muammolarni tizimlashtirish, ularning mexanizmini ilmiy-nazariy jihatdan sharhlash va ekspluatatsion ishonchlilikni oshirish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotda tizimli tahlil, sabab-oqibatli bog‘lanishlarni solishtirish, elementlar bo‘yicha xavf baholash hamda ishlab chiqarish amaliyotida qo‘llaniladigan 342iagnostic yondashuvlar umumlashtirildi. Muammolar uch guruhga ajratildi: 1) ishchi suyuqlik sifati bilan bog‘liq; 2) konstruktiv va montaj kamchiliklari bilan bog‘liq; 3) boshqaruv va ekspluatatsiya rejimlari bilan bog‘liq nosozliklar. Har bir muammo uchun sabab, tashqi belgi, texnik oqibat va profilaktika choralari alohida ko‘rib chiqildi.

1. Ishchi suyuqlikning ifloslanishi

Gidrotizimdagi eng xavfli omillardan biri ishchi suyuqlik tarkibiga qattiq zarrachalar, namlik va oksidlanish mahsulotlarining kirib borishidir. Qattiq

ISSN 3030-3907

zarrachalar nasos juftliklari, taqsimlash klapanlari va servo elementlar orasidagi nozik tirqishlarda abraziv yeyilishni kuchaytiradi. Namlik esa korroziya, moyning xossalari yomonlashuvi va kavitasiyaga moyillikni oshiradi. Natijada ish organlarining aniqligi pasayadi, ichki sizib chiqishlar ortadi va bosimni barqaror ushlab turish qiyinlashadi.

Ifloslanish manbalari sifatida bakning noto‘g‘ri germetikligi, eskirgan filtr elementlari, ta’mirdan 343eying yuvishning yetarli emasligi, noto‘g‘ri saqlangan moy va tez-tez ochiladigan ulanishlar ko‘rsatiladi. Shu bois gidrotizimda filtratsiya darajasini ISO 4406 kabi tozalik ko‘rsatkichlari asosida baholash, bak nafaslagichini to‘g‘ri tanlash va davriy laborator tahlillarni yo‘lga qo‘yish juda muhimdir.

2. Sizib chiqishlar va germetiklik buzilishi

Tashqi sizib chiqishlar odatda muhrlarning eskirishi, shtutser va fittinglarning bo‘shashi, shlanglarning yorilishi yoki silindr novdasidagi tirnalishlar tufayli yuzaga keladi. Ichki sizib chiqishlar esa ko‘proq taqsimlagichlar, gidrosilindr porsheni va nasos juftliklaridagi yeyilish bilan bog‘liq bo‘ladi. Tashqi sizib chiqish bevosita yog‘ sarfiga, ish joyining ifloslanishiga va ekologik xavfga olib kelsa, ichki sizib chiqish foydali ish koeffitsiyentini pasaytiradi hamda energiya yo‘qotishlarini kuchaytiradi.

3. Qizib ketish muammosi

Gidravlik tizimda ortiqcha issiqlik asosan energiya yo‘qotishlarining issiqlikka aylanishi natijasida paydo bo‘ladi. Bosim tushishlari katta bo‘lsa, klapanlar noto‘g‘ri sozlansa, ichki sizib chiqish ortsa yoki sovitish yetarli bo‘lmasa, moy harorati tez oshadi. Harorat ko‘tarilishi bilan viskozite kamayadi; bu esa moy plyonkasining yupqalashuvi, ishqalanishning ortishi va muhrlarning muddatidan oldin ishdan chiqishiga olib keladi.

Qizib ketish muammosi ko‘pincha bosim yo‘qotishlari bilan birgalikda kechadi. Masalan, ortiqcha katta bosim ostida ishlash, uzluksiz drossellash, qaytish liniyasidagi qarshiliklarning yuqoriligi yoki kichik hajmli bak issiqlik almashinuvini yomonlashtiradi. Amaliy tavsiya sifatida issiqlik balansini hisoblash, sovutgich qo‘llash, bosim klapanlarini qayta sozlash va moy markasini ishchi diapazonga mos ravishda tanlash maqsadga muvofiq.

4. Kavitatsiya va aeratsiya

Kavitatsiya — bosimning mahalliy pasayishi oqibatida suyuqlikda bug‘ pufakchalari hosil bo‘lib, keyin yuqori bosimli hududda ularning keskin parchalanishi hodisasidir. Ushbu jarayon metall yuzalarda mikrozarbalar hosil qilib, eroziya, shovqin va vibratsiyani kuchaytiradi. Nasosning so‘rish liniyasida

ISSN 3030-3907

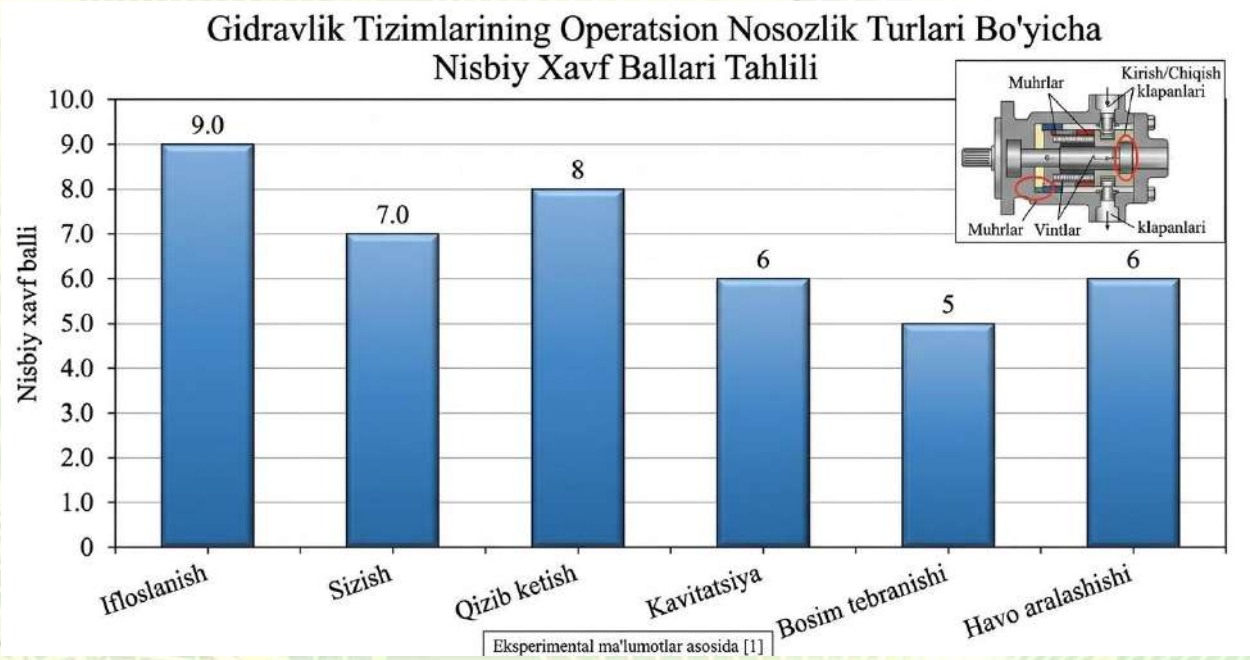
qarshilikning ortishi, bakdagi sathning pasayishi, juda qalin moy yoki havo kirishi kavitatsiyani kuchaytiruvchi omillardandir.

Aeratsiya esa tizimga havoning aralashib ketishi bilan bog‘liq bo‘lib, ko‘piklanish, siqiluvchanlikning ortishi va boshqaruv aniqligining pasayishiga sabab bo‘ladi. Natijada ijro organining yurishi notekis bo‘ladi, zarbali yuklamalar paydo bo‘ladi va sensor o‘qishlarida xatolik ortadi. So‘rish magistralini qisqartirish, ulanishlarni germetik qilish va bak ichidagi oqimni ko‘piklanmaydigan qilib tashkil etish muhim choralardir.

5. Bosim tebranishi va boshqaruv beqarorligi

Bosim pulsatsiyasi odatda nasosning konstruktiv xususiyati, akkumulyatorning noto‘g‘ri sozlanishi, klapan javob vaqtining kechikishi yoki gidroliniyalarda rezonans hodisalari bilan bog‘liq bo‘ladi. Pulsatsiya nafaqat shovqinni kuchaytiradi, balki sensor signallariga xalaqit beradi, servo boshqaruv aniqligini pasaytiradi va quvurlarda charchoq yorilishlarini tezlashtiradi.

Ayniqsa yuqori aniqlik talab qiladigan presslar, manipulyatorlar va konchilik gidravlik yuritmalarida bosim tebranishi ishchi jarayon barqarorligiga jiddiy ta’sir ko‘rsatadi. Bunday tizimlarda pulsatsiyani pasaytirish uchun akkumulyator, demfer, to‘g‘ri diametrdagi quvurlar va adaptiv boshqaruv algoritmlaridan foydalanish tavsiya etiladi.



1-rasm. Asosiy muammolarning nisbiy xavf darajasi (muallifning tahliliy bahosi)

Yuqoridagi muammolar alohida ko‘rilganda oddiy nosozlikdek tuyulishi mumkin, biroq ular o‘zaro mustahkam bog‘langan. Masalan, ifloslanish klapan tiqilib qolishiga olib keladi; bu esa ortiqcha bosim tushishi va qizib ketishni kuchaytiradi. Qizib ketish natijasida muhr materiali yumshaydi va sizib chiqish

ISSN 3030-3907

ortadi. Sizib chiqish esa bakdagi sathni kamaytirib, so‘rish liniyasida havo aralashishi yoki kavitatsiya xavfini oshiradi. Demak, diagnostika jarayonida faqat bitta alomatni emas, balki butun tizim zanjirini ko‘rish zarur.

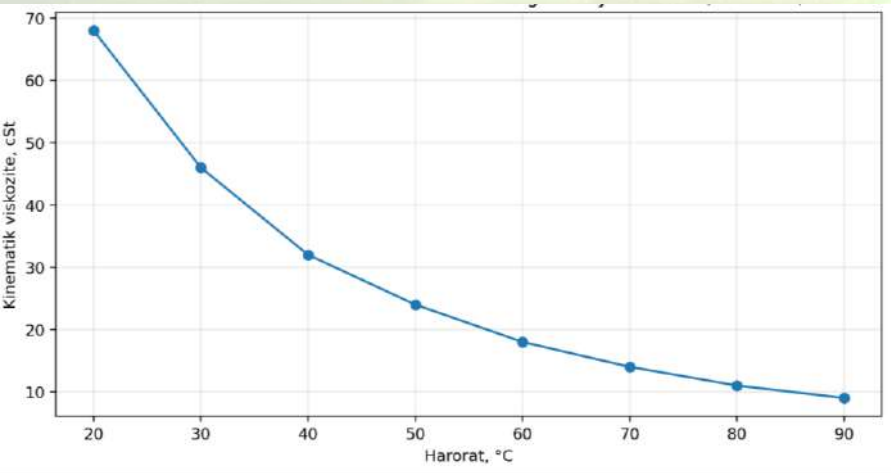
1-jadval.

Gidrotizim nosozliklarini kompleks baholash

Muammo turi	Asosiy sabab	Tashqi belgi	Texnik oqibat	Tavsiya
Ifloslanish	Qattiq zarracha, namlik, oksidlanish	Shovqin, sekinlashuv, klapan tiqilishi	Abraziv yeyilish, aniqlik pasayishi	Filtrlarni nazorat qilish, moy tahlili
Sizib chiqish	Muhr eskirishi, fitting bo‘shashi	Yog‘ tomchilashi, bosimni ushlamaslik	FOIK pasayishi, energiya yo‘qotilishi	Muhr almashtirish, ulanishlarni tortish
Qizib ketish	Ichki sizib chiqish, sovitish yetarli emas	Harorat ortishi, moy qorayishi	Viskozite pasayishi, muhr kuyishi	Sovutish va bosim rejimini optimallashtirish
Kavitatsiya/aeratsiya	So‘rish qarshiligi, bak sathi past	G‘uvillash, vibratsiya, ko‘pik	Eroziya, notekis yurish	So‘rish liniyasini yaxshilash, germetiklik
Bosim tebranishi	Rezonans, klapan kechikishi	Pulsatsiya, shovqin	Boshqaruv beqarorligi, quvur charchashi	Demfer, akkumulyator, to‘g‘ri sozlash

Jadvaldan ko‘rinadiki, eng yuqori tizimli xavf ko‘rsatkichlari ifloslanish, qizib ketish va sizib chiqish bilan bog‘liq. Ushbu uch omil bir-birini kuchaytirishi sababli texnik xizmat ko‘rsatishda ularni birgalikda nazorat qilish zarur.

ISSN 3030-3907



2-rasm. Harorat oshishi bilan viskozitening kamayish trendi (sxematik ko‘rinish)

Zamonaviy gidravlik tizimlarda texnik holatni baholash uchun faqat vizual ko‘rik yetarli emas. Bosim datchiklari, oqim o‘lchagichlar, harorat sensori, ifloslanish monitoringi va vibratsiya tahlili birgalikda qo‘llansa, nosozlikning dastlabki bosqichini aniqlash mumkin. Masalan, nasos samaradorligi pasayganda bir xil boshqaruv rejimida bosim va oqim orasidagi nisbat o‘zgaradi; muhrlar yeyilganda esa qizib ketish bilan birga ichki oqish ortishi kuzatiladi. Shuning uchun diagnostika faqat bitta parametr emas, balki ko‘p parametrli kuzatuvga asoslanishi lozim.

Profilaktik choralarni o‘z vaqtida qo‘llash iqtisodiy jihatdan ham muhimdir. Rejasiz to‘xtash, avariya ta’miri, yog‘ yo‘qotilishi va ortiqcha elektr sarfi ko‘pincha bitta filtr elementini o‘z vaqtida almashtirish yoki muhrni yangilash xarajatidan ancha yuqori bo‘ladi. Shuning uchun konchilik, presslash, metallga ishlov berish va mobil texnikalarda gidrotizimga oid servis xarajatlarini energiya samaradorligi bilan birga baholash tavsiya etiladi.

2-jadval.

Monitoring parametrlari va diagnostik alomatlar

Nazorat parametri	Me’yoriy holat	Ogohlantiruvchi alomat	Ehtimoliy tekshiruv yo‘nalishi
Bosim	Setpointga yaqin va silliq	Pulsatsiya yoki pasayish	Klapan, nasos, akkumulyator
Harorat	Barqaror ish diapazoni	Tez oshish	Sovutish, ichki sizib chiqish
Oqim sarfi	Hisobiy qiymatga yaqin	Quvvat pasayishi	Nasos yeyilishi, ichki oqish

ISSN 3030-3907

Tozalik kodi	Talab etilgan darajada	Kodning yomonlashuvi	Filtr, muhr, bak germetikligi
Shovqin/vibratsiya	Me’yoriy fon	G‘uvillash yoki zarba	Kavitatsiya, havo aralashishi

Gidravlik tizimdagi nosozliklar faqat texnik samaradorlikni pasaytirib qolmay, balki mehnat xavfsizligi uchun ham xavf tug‘diradi. Yuqori bosim ostidagi suyuqlikning tashqi sizib chiqishi teri ostiga kirib ketuvchi jarohatlar, issiq moy bilan kuyish va sirpanish xavfini kuchaytiradi. Shu sababli shlanglar, armaturalar va muhrlarning holati navbatchi ko‘rik paytida albatta tekshirilishi lozim.

Ekologik jihatdan ham ishlatilgan gidravlik moyni nazoratsiz saqlash yoki sizib chiqishini e’tiborsiz qoldirish tuproq va suv muhitining ifloslanishiga olib kelishi mumkin. Ayniqsa konchilik va mobil texnikalarda yog‘ oqishlari katta maydonda tarqaladi. Shu bois yig‘ish poddonlari, absorbent materiallar, qayta ishlash tartibi va favqulodda holat uchun tezkor yo‘riqnoma bo‘lishi shart.

Xavfsizlik nuqtai nazaridan texnik xizmat ko‘rsatishdan avval tizimni bosimsizlantirish, qoldiq bosimni chiqarish, blokirovka va belgilash tartibiga rioya qilish hamda faqat mos shaxsiy himoya vositalaridan foydalanish talab etiladi. Bu choralarning barchasi gidrotizim ishonchliligini oshirish bilan birga avariya xavfini ham kamaytiradi.

3-jadval.

Tezkor xavfsizlik nazorati uchun minimal

Tekshiruv obyekti	**Asosiy xavf belgisi**	**Tezkor chora**
Shlang va fittinglar	Yoriq, bo‘shashish, pufak	Darhol almashtirish yoki tortish
Bak sathi va holati	Sath past, ko‘pik, iflos rang	Sathni to‘ldirish, sababni aniqlash
Filtr indikatori	Qizil zona / Δp ortishi	Filtr elementini almashtirish
Moy harorati	Ruxsat etilgan diapazondan yuqori	Sovutish va yuklama rejimini tekshirish

Gidravlik tizim ishonchliligini oshirishning eng samarali yo‘li reaktiv ta’mirdan proaktiv servisga o‘tishdir. Buning uchun birinchidan, filtrlash tizimi bosqichli tashkil etilishi kerak: so‘rish, bosim va qaytish filtrlarining vazifasi alohida tanlanadi. Ikkinchidan, harorat, bosim, oqim sarfi va ifloslanish datchiklaridan iborat onlayn monitoring joriy etilishi kerak. Uchinchidan, texnik xizmat reglamenti faqat ish soatiga emas, balki moyning haqiqiy holati va yuklanish spektriga qarab moslashtirilishi lozim. To‘rtinchidan, montaj va

ISSN 3030-3907

ta’mirdan keyingi yuvish standarti qat’iy saqlanishi zarur. Beshinchidan, operator va texnik xodimlar uchun vizual diagnostika belgilarini tez tanish bo‘yicha malaka oshirish mashg‘ulotlari o‘tkazilishi kerak.

XULOSA.

Xulosa qilib aytganda, gidravlik mashinalar gidrotizimidagi asosiy muammolar ko‘pincha ishchi suyuqlik holati, germetiklik, issiqlik rejimi va oqim dinamikasi bilan uzviy bog‘liq. Tizim ishonchliligini oshirish uchun faqat alohida detalni almashtirish yetarli emas; suyuqlik tozaligi, bosim yo‘qotishlari, sovitish, havo kirishi va diagnostika signallarini yagona boshqaruv obyekti sifatida ko‘rish talab etiladi. Filtrlashni kuchaytirish, onlayn monitoring, mos viskoziteli moy tanlash, muhrlarni sifatli materialdan tayyorlash va rejali servisni raqamli nazorat bilan birlashtirish gidravlik mashinalarning xizmat muddatini uzaytiradi, energiya sarfini kamaytiradi va avariyaviy to‘xtashlar sonini sezilarli darajada qisqartiradi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li, Raxmatov Ramazonjon Ravshan o‘g‘li. Gidravlik tizimlardagi ichki nosozliklardan suyuqlik oqib chiqishini ishqalanish kuchlari asosida matematik modelini ishlab chiqish. Diversity Research: Journal of Analysis and Trends. Vol. 2, pp. 46-49, https://academiaone.org/index.php/2/article/view/854

2. Nabijon Abduazizov, Kamol Xakimov, Sardor Turdiyev, Akbar Zhuraev, Adxam Ismatov. The impact of the amount of pollution of the fluid in the hydraulic system on the working resource of the quarry excavator. E3S Web of Conferences, 2025. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562705001

3. B.R Toshov, A.D Nietbaev, A.A Ismatov. Vintsimon harakatda qattiq jismning ixtiyoriy nuqtasining harakat tenglamasi va tezligi, Educational Research in Universal Sciences, c-473-476.

4. Ismatov A. A. (2025). Gidronasos porshen harakatining matematik tahlili va differensial modellashtirish. Development Of Science, 7(2), pp. 409-414. https://doi.org/0

5. Turanov E. Z., Zoxidov O. U., Xudoyberdiyev L. N. & Ismatov A. A. (2025). Kon mashinalari radiator qurilmasi gidravlik tizimini sovutishning zamonaviy texnik yechimi. Development Of Science, 10(1), pp. 378-383. https://doi.org/0

6. Ismatov A. A. (2025). Gidravlik tizimdagi nasoslarning harakatlanish usullarining qiyosiy tahlillari . Development Of Science, 7(2), pp. 403-408. https://doi.org/0

7. S. Zhuraev, S. A. Turdiyev, S. T. Jurayev, and S.S. Q. Salimova, "Characteristics of packing gland seals in hydraulic systems of quarry excavators and results of

ISSN 3030-3907

comparative analysis of experimental tests," Vibroengineering Procedia, Vol. 54, pp. 252–257, Apr. 2024, https://doi.org/10.21595/vp.2024.24051.

8. Abdullayev Sardor Husniddinovich, Juraqulov Og‘abek Jurabek o‘g‘li, Kaxxarov Orif Odilovich, Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li. Suyuqlik haroratini tashqi ta'sir orqali suyuqlikning yopishqoqligini tahlili. Часть-45_ Том-3_ Май-2025. С.255-258.

9. Karshibaev A. I., Zokhidov O.U. Research of potential and effectiveness of renewable energy application at mining enterprises of the Republic of Uzbekistan. Australian Journal of Science and Technology, Volume 4; Issue 4; December 2020.

ISSN 3030-3907

NAVOIY KON-METALLURGIYA KOMBINATI XAVFLI ISHLAB CHIQARISH OB'EKTLARIDA TEXNIKA XAVFSIZLIGINI BOSHQARISH TIZIMINI TAKOMILLASHTIRISH

Normayev Qobilbek Husanovich
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalari universiteti, Hayot faoliyati xavfsizligi kafedrasi dotsent v.b. (PhD)
Pardayeva Shahlo Saxibjonovna
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalari universiteti, Hayot faoliyati xavfsizligi kafedrasi dotsent v.b. (PhD)
Barnoyev Oxun Mustafo o'g'li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalari universiteti 29A-22 MMTX guruh talabasi

Annotatsiya. Maqolada Navoiy kon-metallurgiya kombinati (NKMK) xavfli ishlab chiqarish ob'ektlarida texnika xavfsizligini boshqarish tizimini takomillashtirish masalalari yoritilgan. Tadqiqotda kon-metallurgiya sanoatining texnologik xususiyatlari, xavf omillari, tashkiliy va texnik nazorat mexanizmlari tahlil qilingan. Maqolada integratsiyalashgan boshqaruv modeli, ko'p bosqichli nazorat mexanizmi va raqamli monitoring tizimi taklif qilinib, xavfsizlik samaradorligini oshirish bo'yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: Navoiy kon-metallurgiya kombinati, xavfli ishlab chiqarish ob'ektlari, texnika xavfsizligi, boshqaruv tizimi, integratsiyalashgan nazorat, raqamli monitoring, risklarni baholash.

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы совершенствования системы управления техникой безопасности на опасных производственных объектах Навоийский горно-металлургический комбинат. В исследовании проанализированы технологические особенности горно-металлургической промышленности, факторы риска, а также организационные и технические механизмы контроля. В статье предложены интегрированная модель управления, многоуровневый механизм контроля и система цифрового мониторинга. На основе проведённого анализа разработаны научно-практические рекомендации, направленные на повышение эффективности обеспечения безопасности производства.

Ключевые слова: Навоийский горно-металлургический комбинат, опасные производственные объекты, техника безопасности, система управления, интегрированный контроль, цифровой мониторинг, оценка рисков.

Abstract. This article examines the issues of improving the occupational safety management system at hazardous production facilities of Navoiy Mining and Metallurgical Company. The study analyzes the technological features of the

ISSN 3030-3907

mining and metallurgical industry, risk factors, as well as organizational and technical control mechanisms. The paper proposes an integrated management model, a multi-level control mechanism, and a digital monitoring system. Based on the conducted analysis, scientific and practical recommendations aimed at improving the effectiveness of industrial safety management have been developed.
Keywords: Navoiy Mining and Metallurgical Company, hazardous industrial facilities, occupational safety, management system, integrated control, digital monitoring, risk assessment.

KIRISH.

Kon-metallurgiya sanoati texnologik jihatdan murakkab va xavf omillari yuqori bo‘lgan sohalardan biridir. NKMK tarkibidagi kon boshqarmalari, rudani qayta ishlash zavodlari, gidrometallurgiya sexlari va portlatish uchastkalari ishlab chiqarish jarayonlarining intensivligi va xavfliligi bilan ajralib turadi. Ushbu sharoitlarda texnika xavfsizligini samarali boshqarish tizimini yaratish inson salomatligi, atrof-muhit va korxona iqtisodiy samaradorligi nuqtai nazaridan muhim ahamiyatga ega.

Kon-metallurgiya ob’ektlarining texnologik xususiyatlari NKMK tarkibidagi kon boshqarmalari ochiq va yer osti usullarida rudani qazib olish bilan shug‘ullanadi. Yer osti konlarida gaz to‘planishi, tog‘ jinslarining qulash xavfi, portlatish ishlari va og‘ir texnika harakati xavf omillari sifatida namoyon bo‘ladi. Ochiq konlarda esa katta hajmdagi tog‘ jinslarini qazib olish va transport harakati xavfsizlikni ta’minlashni murakkablashtiradi.

Boyitish va gidrometallurgiya sexlarida rudani fizik-kimyoviy usullar yordamida qayta ishlash jarayonida shovqin, vibratsiya, kimyoviy moddalar ta’siri va yuqori quvvatli texnika xavf omillarini keltirib chiqaradi. Metallurgiya jarayonida esa ruda yoki konsentratni yuqori haroratli pechlarda eritish kuyish, yong‘in va portlash xavfini yuzaga keltiradi. Shu bilan birga portlatish ishlari noto‘g‘ri rejalashtirilsa jiddiy texnogen talafotlarga olib kelishi mumkin.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Xavfli ishlab chiqarish ob’ektlarida texnika xavfsizligini boshqarish tizimi.

Texnika xavfsizligini boshqarish tizimi. Navoiy kon-metallurgiya kombinatida (NKMK) xavfli ishlab chiqarish ob’ektlarida texnika xavfsizligini ta’minlash tizimi maxsus tashkiliy va texnik mexanizmlarga asoslangan bo‘lib, samarali boshqaruvni tashkil etishga xizmat qiladi. Bu tizimning asosiy maqsadi ish jarayonlarida yuzaga keladigan xavf omillarini erta aniqlash, ularni bartaraf etish va xodimlarning mehnat xavfsizligini doimiy nazorat qilishdir.

Tashkiliy boshqaruv. NKMKda xavfsizlikni boshqarish maxsus tuzilmalarga yuklatilgan bo‘lib, bu jarayon asosan mehnat muhofazasi va sanoat xavfsizligi bo‘limlari orqali amalga oshiriladi. Ushbu bo‘limlar quyidagi funksiyalarni bajaradi:

- Xavfsizlik siyosatini ishlab chiqish – korxona darajasida xavfsizlikni ta’minlash strategiyasi va siyosatini shakllantirish, xavf omillari va ularning oldini olish choralarini belgilash.
- Yo‘riqnomalar va standartlarni ishlab chiqish – ish jarayonida amal qilinadigan xavfsizlik qoidalari, texnik va mehnat muhofazasi talablarini normativ hujjatlar bilan mustahkamlash.
- Nazorat funksiyasi – ish joylarida xavfsizlik talablariga rioya qilinishini muntazam tekshirish, xavf zonalarini belgilash va zarur choralarni amalga oshirish.

Xodimlar muntazam ravishda brifinglar va o‘quv mashg‘ulotlaridan o‘tadi, bu esa xavfsizlik madaniyatini shakllantirishda muhim rol o‘ynaydi. Brifinglar ish boshlanishidan oldin xavf omillari, avariya holatlari va ularga qarshi chora-tadbirlarni eslatib turadi. Shu bilan birga, xodimlarning malaka darajasini oshirish

ISSN 3030-3907

va xavfli ishlarni xavfsiz bajarishga o‘rgatish maqsadida muntazam treninglar va simulyatsion mashg‘ulotlar tashkil etiladi.

Amaliyot shuni ko‘rsatadiki, tashkiliy nazorat tizimi mavjud bo‘lsa-da, axborot almashinuvi va tezkor tahlil mexanizmlarini yanada rivojlantirish zarur. Chunki kon-metallurgiya jarayonlaridagi xavflar tez o‘zgaradi, shuning uchun har bir ish bosqichi bo‘yicha real vaqt monitoring tizimi joriy qilinishi xavfsizlikni oshirishda muhimdir.

Texnik himoya vositalari. Texnika xavfsizligini ta’minlashda texnik himoya vositalari asosiy vosita hisoblanadi va ular jamoaviy hamda individual himoya vositalariga bo‘linadi.

Jamoaviy himoya vositalari quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

Ventilyatsiya tizimlari – yer osti konlarida havoning aylanishini ta’minlash, gaz tarkibini nazorat qilish va kislorod miqdorini me’yoriy darajada ushlab turish vazifasini bajaradi. Ventilyatsiya tizimi nosozligi gaz to‘planishi yoki kislorod yetishmovchiligiga olib kelishi mumkin, bu esa xavfli vaziyatlarni yuzaga chiqaradi.

Signalizatsiya va ogohlantirish tizimlari – ishlab chiqarish jarayonida favqulodda holatlar yoki texnologik parametrlarning normadan oshishi haqida xodimlarni ogohlantiradi. Avtomatlashtirilgan signalizatsiya tizimlari inson omili bilan bog‘liq xatoliklarni kamaytiradi va tezkor javob choralarini qo‘llash imkonini beradi.

Individual himoya vositalari xodimlarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri jarohatlardan himoya qiladi. Bunga respiratorlar, himoya kaskalari, maxsus kiyim-bosh, ko‘zoynaklar va qo‘lqoplar kiradi. Ularning sifati va ishlatilish uslubi xavfsizlik darajasiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Xodimlarning himoya vositalaridan to‘g‘ri foydalanishini ta’minlash uchun doimiy nazorat va mashg‘ulotlar olib boriladi.



a) Himoya kaskasi



b) Himoya ko‘zoynagi



c) Respirator va niqob

2-rasm. Individual himoya vositalari.

Monitoring va o‘lchov tizimlari shovqin, vibratsiya, chang, gaz konsentratsiyasi va harorat kabi parametrlarni aniqlash imkonini beradi. Ushbu

ISSN 3030-3907

ma’lumotlar asosida xavf zonalari belgilanadi, xavfsizlik choralarini rejalashtirish va amalga oshirish samaradorligi oshiriladi.

Ko‘p bosqichli nazorat mexanizmi. Texnika xavfsizligini ta’minlashda nazorat mexanizmi uch bosqichda amalga oshiriladi:

Operativ nazorat. Har smena boshlanishida ish joyi ko‘zdan kechiriladi, xodimlar himoya vositalarini tekshiradi, risk xaritasi yangilanadi. Ushbu bosqich real vaqt xavf monitoringini ta’minlaydi va favqulodda vaziyatlarning oldini olishga xizmat qiladi.

Rejalashtirilgan ichki nazorat. Har oy sex darajasida uskuna, ventilyatsiya va signalizatsiya tizimlari baholanadi. Bu jarayon texnologik uskunalarning sozligi, himoya vositalarining ishlash qobiliyati va ishlab chiqarish sharoitlarining xavfsizligini ta’minlashga qaratilgan.

Kompleks audit. Har chorakda korxona darajasida amalga oshiriladi. Audit davomida statistik ko‘rsatkichlar tahlil qilinadi, xodimlarning jarohatlanish darajasi va xavf indekslari aniqlanadi. Bu bosqich xavf omillarini tizimli ravishda aniqlash va ularni bartaraf etish choralarini belgilash imkonini beradi. Ushbu ko‘p bosqichli nazorat mexanizmi xavflarni erta aniqlash, ularni bartaraf etish va xavfsizlik darajasini doimiy monitoring qilishga imkon beradi.

ILMIY-AMALIY TAKLIFLAR. Taklif etilayotgan boshqaruv modeli uch darajali tizim asosida tashkil etiladi:

Operativ daraja (uchastka darajasi) – har smena boshida ish joyi, himoya vositalari va xavf zonalari tekshiriladi. Real vaqt nazorat orqali favqulodda holatlar erta aniqlanadi.

Taktika darajasi (sex/boshqarma darajasi) – oylik ichki nazorat va texnologik parametrlarni baholashni o‘z ichiga oladi. Bu daraja ishlab chiqarish jarayonlarining barqaror va xavfsiz ishlashini ta’minlaydi.

Strategik daraja (korxona darajasi) – choraklik va yillik auditlar, xavf darajasi indekslari va statistik tahlillar asosida uzoq muddatli xavfsizlik siyosati belgilanadi.

Ushbu model ish jarayonida xavflarni tizimli tarzda aniqlash va ularni bartaraf etish imkonini beradi. Shuningdek, har bir darajadagi vazifa va javobgarlik aniq belgilanishi boshqaruv samaradorligini oshiradi.

Raqamli monitoring tizimi. Texnologik jarayonlar parametrlarini real vaqt rejimida kuzatish xavfsizlikni sezilarli darajada oshiradi. Taklif etilayotgan raqamli monitoring tizimi quyidagi imkoniyatlarni beradi:

- Gaz konsentratsiyasi (metan, karbon oksidi va boshqa xavfli gazlar) doimiy nazorat qilinadi.

ISSN 3030-3907

• Chang miqdori va havoning ifloslanish darajasi o‘lchanadi, bu esa nafas olish kasalliklarini kamaytirishga yordam beradi.

• Harorat va vibratsiya parametrlarini aniqlash orqali uskunalarning normadan oshgan yuklanishi va portlash xavfi vaqtida aniqlanadi.

Barcha o‘lchovlar yagona serverga uzatiladi, shuningdek, xavf chegarasi oshganda avtomatik signal berish mexanizmi ishga tushadi. Bu xodimlar va texnika uchun xavfli holatlarni oldini olishga xizmat qiladi. Dinamik risk baholash tizimi. Xavf omillarini doimiy va dinamik baholash tizimi ishlab chiqarish jarayonlarini samarali boshqarishga yordam beradi. Taklif etilayotgan tizim:

• Har bir ishlab chiqarish nuqtasi bo‘yicha xavf darajasini indekslashni amalga oshiradi.

• Olingan indekslar asosida chora-tadbirlar tezkor belgilanadi va amalga oshiriladi.

• Dinamik baholash orqali xavfli vaziyatlarning oldini olish va resurslarni optimal taqsimlash mumkin bo‘ladi.

Bu tizim ish jarayonlarida xodimlar va texnika xavfsizligini oshirish bilan birga, favqulodda vaziyatlarni kamaytiradi. Xodimlar malakasini oshirish. Texnika xavfsizligini oshirishning muhim jihatlaridan biri – xodimlarning bilim va malaka darajasidir. Taklif etilayotgan chora-tadbirlar jadvali.

1-jadval.

№	Faoliyat turi	Mazmuni	Maqsadi
1	Simulyatsion treninglar	Xavfli vaziyatlarni model qilib, xodimlarni real sharoitga yaqin sharoitda tayyorlash	Xodimlarni favqulodda holatlarga tayyorlash va xavfsizlik ko‘nikmalarini oshirish
2	Interaktiv o‘quv platformalari	Onlayn kurslar va vizual qo‘llanmalar orqali xavfsizlik qoidalarini mustahkamlash	Xodimlarning bilimini zamonaviy usullar orqali oshirish
3	Attestatsiya va nazorat	Maxsus xavfli ish turlariga jalb etiladigan xodimlarni muntazam attestatsiyadan o‘tkazish	Xodimlarning malakasi va xavfsizlik talablariga mosligini nazorat qilish

Bu chora-tadbirlar xodimlarning xavfli vaziyatlarda tezkor va to‘g‘ri qaror qabul qilish qobiliyatini oshiradi.

IQTISODIY SAMARADORLIK. Taklif etilayotgan tizim nafaqat xavfsizlikni oshiradi, balki iqtisodiy jihatdan ham samarali hisoblanadi:

• Favqulodda vaziyatlar va jarohatlar soni kamayadi, bu esa moliyaviy zararlarni 30–40% ga kamaytirish imkonini beradi.

ISSN 3030-3907

- Ishlab chiqarish jarayonlari barqaror ishlaydi, texnika nosozligi va to‘xtash vaqtlari kamayadi.
- Resurslarni optimal taqsimlash orqali ishchi vaqt va uskunalardan foydalanish samaradorligi oshadi.

Shu bilan birga, xavfsizlik tizimini yaxshilash korxona obro‘sini mustahkamlash va mehnat muhofazasi talablariga rioya qilishni ta’minlaydi.

XULOSA. Navoiy kon-metallurgiya kombinati xavfli ishlab chiqarish ob’ektlarida texnika xavfsizligini boshqarish tizimi murakkab va ko‘p komponentli tizim sifatida tashkil etilishi lozim. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, xavflarni samarali boshqarish uchun integratsiyalashgan boshqaruv modeli**,** raqamli monitoring tizimi**,** ko‘p bosqichli nazorat mexanizmi va xodimlarni malakasini oshirish kabi chora-tadbirlarni qo‘llash zarur. Shu bilan birga, tizimning samarali ishlashi uchun axborot almashinuvi va tezkor tahlil mexanizmlarini doimiy rivojlantirish, shuningdek xavf indekslarini yangilash zarur. Umuman olganda, taklif etilgan ilmiy-amaliy yechimlar Navoiy kon-metallurgiya kombinati xavfli ishlab chiqarish ob’ektlarida texnika xavfsizligini yuqori darajada ta’minlashga, xodimlar hayotini himoya qilishga va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Axmedov, R. “Konchilik va metallurgiya sanoatida xavfsizlik nazariyasi.” Toshkent, 2020.
2. Sobirov, J. “Texnika xavfsizligi va sanoat xavfsizligi boshqaruvi.” Toshkent, 2019.
3. Karimov, A. “Kon-metallurgiya korxonalarida xavf omillari va ularni boshqarish.” Toshkent, 2021.
4. Rahmonov, S. “Zamonaviy sanoat xavfsizligi tizimlari.” Toshkent, 2020.
5. Tursunov, M. “Xavfli ishlab chiqarish ob’ektlarida risklarni baholash.” Toshkent, 2018.
6. ISO 45001:2018. “Occupational health and safety management systems.” International Organization for Standardization.
7. OSHA Guidelines, 2021. Occupational Safety and Health Administration, USA.
8. HSE Guidelines. “Risk assessment in metallurgical processes.” London, 2020.
9. Johnson, P. “Industrial Safety Management in Mining and Metallurgy.” New York, 2019.
10. Li, W. “Automation and Safety in Metallurgical Industry.” Beijing, 2020.

ISSN 3030-3907

MARKAZDAN QOCHMA NASOSLARNING EKSPLUATATSION ISHONCHLILIGINI OSHIRISHDA NOSOZLIKLAR ZANJIRINI TAHLIL QILISH VA DIAGNOSTIKA USULLARI

Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti katta o‘qituvchisi.

E-mail: olympic9492@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada markazdan qochma nasoslarda uchraydigan asosiy gidravlik, mexanik va ekspluatatsion muammolar tizimli ravishda tahlil qilinadi. Kavitatsiya, radial kuchlarning ortishi, tebranish, podshipnik va mexanik muhrlarning nosozlanishi, bosim hamda unumdorlikning pasayishi singari holatlar nasosning ishonchliligi va energiya samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Tadqiqotda analitik yondashuv, nasos xarakteristikalarini solishtirish va amaliy diagnostika belgilarini umumlashtirish usullaridan foydalanildi. Natijada markazdan qochma nasoslar uchun muammo-zanjir modeli taklif qilinib, nosozliklarni erta aniqlash, optimal ish rejimini saqlash va texnik xizmat ko‘rsatishni takomillashtirish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqildi. Maqola natijalari sanoat, kommunal va qishloq xo‘jaligi nasos stansiyalarida ekspluatatsion ishonchlilikni oshirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: markazdan qochma nasos, kavitatsiya, radial kuch, tebranish, podshipnik, mexanik muhr, bosim, sarf, FIK, diagnostika.

Аннотация. В данной статье систематически анализируются основные гидравлические, механические и эксплуатационные проблемы, возникающие в центробежных насосах. Такие явления, как кавитация, увеличение радиальных сил, вибрация, выход из строя подшипников и механических уплотнений, а также снижение давления и производительности, оказывают значительное влияние на надежность и энергоэффективность насоса. В исследовании применялись аналитический подход, сравнение характеристик насосов и методы обобщения признаков практической диагностики. В результате предложена модель «проблема-цепь» для центробежных насосов и разработаны рекомендации по раннему выявлению неисправностей, поддержанию оптимального режима работы и совершенствованию технического обслуживания. Результаты статьи послужат повышению эксплуатационной надежности на промышленных, коммунальных и сельскохозяйственных насосных станциях.

Ключевые слова: центробежный насос, кавитация, радиальная сила, вибрация, подшипник, механическое уплотнение, давление, расход, КПД, диагностика.

ISSN 3030-3907

Annotation. This article systematically analyzes the main hydraulic, mechanical, and operational problems encountered in centrifugal pumps. Conditions such as cavitation, increased radial forces, vibration, failure of bearings and mechanical seals, as well as decreases in pressure and productivity, significantly affect the reliability and energy efficiency of the pump. The study utilized an analytical approach, comparison of pump characteristics, and methods for summarizing practical diagnostic signs. As a result, a problem-chain model for centrifugal pumps was proposed, and recommendations were developed for the early detection of faults, maintaining an optimal operating mode, and improving maintenance. The results of the article will serve to increase operational reliability in industrial, municipal, and agricultural pumping stations.

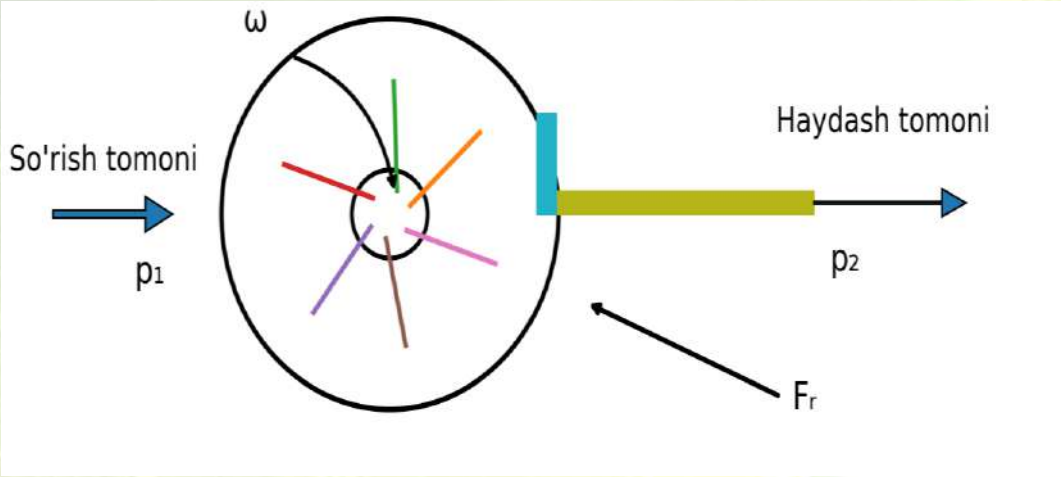
Keywords: centrifugal pump, cavitation, radial force, vibration, bearing, mechanical seal, pressure, flow rate, efficiency, diagnostics.

KIRISH.

Markazdan qochma nasoslar suyuqliklarni uzatish tizimlarida eng keng qo‘llaniladigan gidravlik mashinalardan biridir. Ular suv ta’minoti, irrigatsiya, neft-gaz, kimyo, energetika hamda konchilik tizimlarida uzluksiz ishlovchi asosiy agregat sifatida xizmat qiladi. Bunday nasoslarning ommaviy qo‘llanilishi ularning konstruksiyasi nisbatan sodda, texnik xizmat ko‘rsatish qulay va katta sarflar bilan ishlay olish xususiyatlari bilan izohlanadi. Shu bilan birga, ekspluatatsiya davomida bir qator muammolar paydo bo‘lib, ular nasosning bosim hosil qilish qobiliyati, foydali ish koeffitsiyenti va xizmat muddatini pasaytiradi.

Amaliyot shuni ko‘rsatadiki, nasosdagi ko‘plab nosozliklar bir-biri bilan uzviy bog‘liq. Masalan, kavitatsiya tebranishni kuchaytiradi, tebranish esa podshipnik va muhrlarning tezroq yeyilishiga olib keladi; gidravlik yuklamalar oshishi radial kuchlarni kuchaytirib, valning egilishi va markazlashuvning buzilishiga sabab bo‘ladi. Shu bois markazdan qochma nasoslarni alohida belgilar bo‘yicha emas, balki tizimli diagnostika tamoyili asosida o‘rganish muhim hisoblanadi.

ISSN 3030-3907



1-rasm. Markazdan qochma nasosning ishlash sxemasi va radial kuchning hosil bo‘lishi

METODOLOGIYA. Maqolada tahliliy va taqqoslama yondashuv qo‘llanildi. Dastlab markazdan qochma nasoslar uchun xos bo‘lgan tipik nosozliklar guruhlarga ajratildi: gidravlik, mexanik va ekspluatatsion. Keyin har bir guruh uchun sabablovchi omillar, kuzatiladigan belgilar va ehtimoliy oqibatlar tizimlashtirildi. Nasosning ish nuqtasi va samaradorligi orasidagi bog‘liqlik, shuningdek gidravlik kuchlarning o‘zgarishi nazariy tenglamalar orqali izohlandi. Nasos bosimi nazariy jihatdan quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$H = (u_2 c_{u2} - u_1 c_{u1}) / g \qquad (1)$$

Bu yerda; H — nasos hosil qiladigan bosim, u — g‘ildirakning aylana tezligi, c_u — suyuqlikning tangensial tezlik tarkibiy qismi, g — erkin tushish tezlanishi. Formuladan ko‘rinadiki, g‘ildirak geometriyasi va oqimning real tuzilishi buzilganda bosim ham pasayadi. Mexanik nuqtai nazardan esa radial kuchning ortishi spiral korpusda bosimning notekis taqsimlanishi natijasi bo‘lib, u ayniqsa nasos optimal ish nuqtasidan chetga chiqqanda sezilarli bo‘ladi.

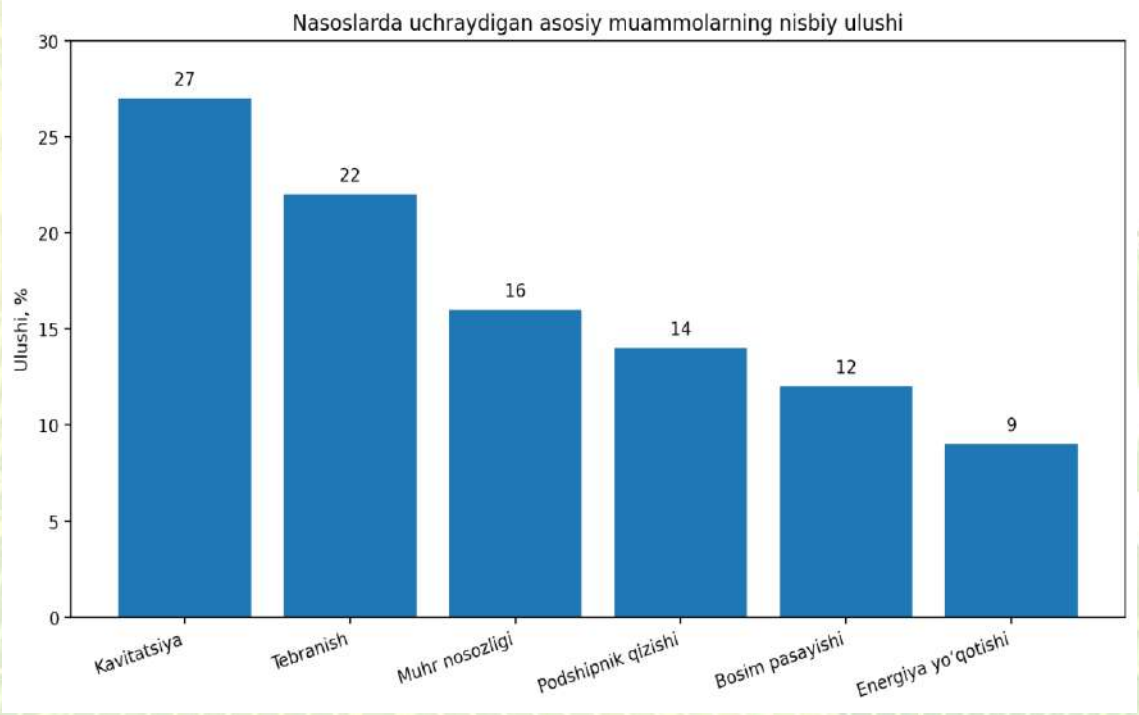
1-Jadval

Muammo turi	Asosiy sabablar	Tashqi belgilar	Oqibatlar
Kavitatsiya	So‘rish liniyasidagi yo‘qotishlar, NPSH yetishmasligi, yuqori harorat	Shovqin, mayda zarbli tovush, unumdorlik pasayishi	Kuraklarning yemirilishi, tebranish ortishi
Tebranish	Rotor nomuvozanati, markazlashuv	Korpus silkinishi, shovqin, murvat bo‘shashi	Podshipnik va muhr resursi kamayadi

ISSN 3030-3907

	buzilishi, kavitatsiya		
Bosim pasayishi	Ish g‘ildiragi yeyilishi, havo kirishi, quvur tiqilishi	Bosim manometrda kamayishi, sarf yetishmasligi	Tizim samaradorligi tushadi
Muhr nosozligi	Quruq ishga tushirish, abraziv zarrachalar, val silkinishi	Sizib chiqish, qizish, muhr zonasi namlanishi	To‘xtashlar va ta’mir xarajatlari ortadi

Jadvaldan ko‘rinadiki, nasoslardagi nosozliklar ko‘pincha bitta sabab bilan emas, balki bir nechta omillarning birikkan ta’siri bilan yuzaga keladi. Diagnostika jarayonida shovqin, tebranish, harorat va bosimdagi o‘zgarishlarni parallel tahlil qilish muhimdir.



2-rasm. Markazdan qochma nasoslarda eng ko‘p uchraydigan muammolarning nisbiy ulushi (tahliliy baholash)

Kavitatsiya va gidravlik yo‘qotishlar tahlili.

Kavitatsiya markazdan qochma nasosning eng xavfli gidravlik muammolaridan biri hisoblanadi. So‘rish qismida bosim suyuqlikning bug‘lanish bosimidan pastga tushganda bug‘ pufakchalari hosil bo‘ladi. Ular yuqori bosim zonasida yorilib, metall yuzalarda mikrozarbalar paydo qiladi. Natijada ish g‘ildiragi kuraklarida nuqtasimon shikastlanishlar, keyinchalik esa chuqurchalar va profil buzilishi hosil bo‘ladi.

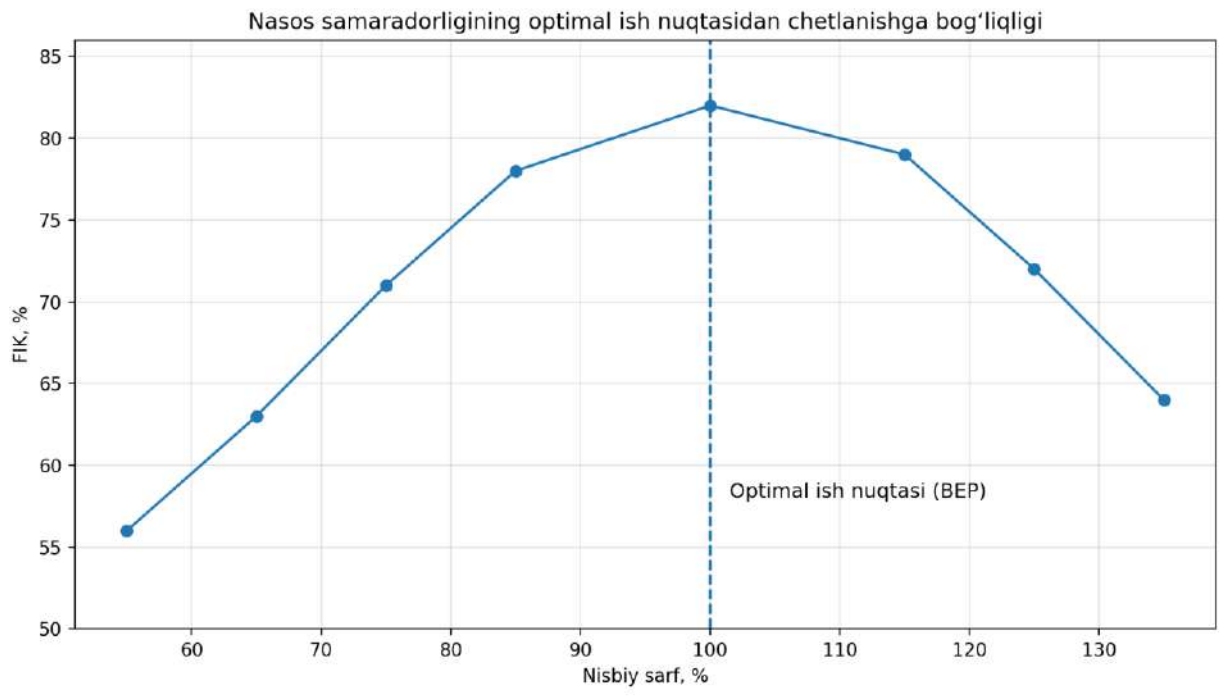
ISSN 3030-3907

Kavitatsiya nafaqat metall yemirilishini, balki nasos xarakteristikasining buzilishini ham keltirib chiqaradi. Sarf va bosim pasayadi, shovqin kuchayadi, elektr dvigatel yuklanishi o‘zgaradi. Kavitatsiyaning erta bosqichlarida tovush metall buyumlarning bir-biriga urilishiga o‘xshash bo‘ladi; keyingi bosqichlarda esa korpus bo‘ylab yuqori amplitudali tebranish tarqaladi. Bunday holatda faqat nasosning o‘zini emas, balki so‘rish liniyasidagi quvur diametri, armaturalar soni, filtr tozaligi va rezervuardagi sathni ham tekshirish talab etiladi.

Radial kuchlar, tebranish va mexanik nosozliklar

Nasos spiral korpusida bosimning notekis taqsimlanishi ish g‘ildiragiga radial kuch hosil qiladi. Optimal ish nuqtasida bu kuch nisbatan kichik bo‘lsa-da, sarf keskin kamayganda yoki ortganda u tez o‘sadi. Radial kuchning ortishi valning egilishiga, podshipniklarga qo‘shimcha yuk tushishiga va mexanik muhr juftligida notekis ishqalanishga sabab bo‘ladi. Natijada nasosning mexanik qismi tez yeyiladi.

Tebranish odatda muammoning yakuniy ko‘rinadigan belgisi sifatida namoyon bo‘ladi. Rotorning nomuvozanati, mufta markazlashuvining buzilishi, poydevorning bo‘shligi yoki quvurdan kelayotgan tashqi kuchlar tebranishni kuchaytiradi.



3-rasm. Nasos samaradorligining optimal ish nuqtasidan chetlanishga bog‘liqligi

Bosim, sarf va energiya samaradorligining pasayishi

Nasosning bosim yoki sarf bera olmasligi ko‘pincha gidravlik va mexanik omillarning birikmasi bilan bog‘liq bo‘ladi. Ish g‘ildiragi kuraklarining yeyilishi, ichki tirqishlarning ortishi, diffuzor yoki spiral korpusdagi lokal aşınish bosimning

ISSN 3030-3907

pasayishiga olib keladi. Shu bilan birga, quvur tizimida to‘sqinliklarning ko‘payishi yoki armaturalarning noto‘g‘ri holati ham tizim xarakteristikasini o‘zgartirib, ish nuqtasini samarasiz sohaga siljitadi.

Nasos shu nuqtadan uzoqlashganda FIK kamayadi va bir birlik foydali ish uchun ko‘proq elektr energiyasi sarflanadi. Shuning uchun amaliy ekspluatatsiyada nasosning real sarf rejimini bilish, kerak bo‘lsa chastota boshqaruvchisi qo‘llash va quvur liniyasining ortiqcha qarshiliklarini kamaytirish muhimdir. Aks holda uskunaning nominal quvvati katta bo‘lsa ham, umumiy tizim samaradorligi past bo‘lib qoladi. Ishonchlilikni baholash uchun amaliyotda quyidagi mezonlar tavsiya etiladi: birinchidan, bosim va sarfning pasport qiymatlaridan og‘ish darajasi; ikkinchidan, podshipnik harorati va tebranish tezligining dinamikasi; uchinchidan, mexanik muhr zonasidagi sizib chiqishlar; to‘rtinchidan, elektr quvvat sarfining o‘zgarishi. Ushbu mezonlar birgalikda kuzatilsa, nasosdagi nosozlik erta bosqichda aniqlanadi va favqulodda to‘xtashlarning oldi olinadi. Ayniqsa, energiya sarfi ortib, bosim esa kamayib borayotgan holatlar yashirin gidravlik yoki mexanik nuqsonning muhim belgisi bo‘lib xizmat qiladi.



4-rasm. Nasosdagi tipik muammolarning o‘zaro bog‘liqlik zanjiri

4-rasmda ko‘rsatilganidek, nasosdagi ko‘plab nosozliklar ketma-ket zanjir hosil qiladi. Boshlang‘ich bosqichda noto‘g‘ri gidravlik rejim yoki so‘rish liniyasidagi yo‘qotishlar paydo bo‘ladi. Keyin oqim beqarorlashib, kavitatsiya va bosim pulsatsiyalari kuchayadi. Bu holat radial kuch va tebranish amplitudasining ortishiga olib keladi. Yakunda podshipnik hamda muhrlarning yeyilishi tezlashadi va nasosning umumiy samaradorligi pasayadi. Shuning uchun ishonchlilikni baholashda faqat yakuniy shikastlanishni emas, balki butun sabablovchi zanjirni aniqlash zarur.

Profilaktika va amaliy tavsiyalar

ISSN 3030-3907

Markazdan qochma nasoslarda muammolarni kamaytirishning birinchi sharti to‘g‘ri tanlash va to‘g‘ri montajdir. Nasosning pasport xarakteristikasi tizim talabiga yaqin bo‘lishi, so‘rish liniyasi imkon qadar qisqa va gidravlik jihatdan yo‘qotishsiz loyihalanishi kerak. Ikkinchi shart — ish paytida monitoring yuritish: bosim, sarf, podshipnik harorati, tebranish va sizib chiqish ko‘rsatkichlari muntazam qayd etilishi lozim. Uchinchidan, texnik xizmat ko‘rsatish faqat avariya yuz berganda emas, balki reja asosida amalga oshirilishi zarur.

Amaliy tavsiyalar sifatida quyidagilarni ajratish mumkin: a) so‘rish quvurida ortiqcha armatura va o‘tkir burilishlarni kamaytirish; b) nasos-dvigatel muftasini periodik markazlash; c) podshipnik moylanishini me’yor asosida yuritish; d) mexanik muhr zonasini abraziv zarrachalardan himoyalash; e) nasosni uzoq muddat BEPdan juda uzoq rejimlarda ishlatmaslik; f) vibrodiagnostika va termografiya kabi zamonaviy diagnostika usullarini joriy etish. Ushbu choralar nosozliklarni erta aniqlash va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirishga yordam beradi.

XULOSA.

Olib borilgan chuqur ilmiy va amaliy tahlil natijalari shuni yaqqol ko‘rsatadiki, markazdan qochma nasoslarning ishlash jarayonida yuzaga keladigan asosiy muammolarni tabiatiga ko‘ra uchta yirik guruhga tasniflash maqsadga muvofiqdir. Bular: gidravlik muammolar (jumladan, kavitatsiya hodisasi va bosimning me'yordan pasayib ketishi), mexanik nosozliklar (ish g‘ildiragiga ta’sir qiluvchi ortiqcha radial kuchlar, kuchli tebranishlar, podshipnik hamda mexanik muhrlarning yemirilib ishdan chiqishi), shuningdek, ekspluatatsion kamchiliklar (nasosni noto‘g‘ri ish rejimida ekspluatatsiya qilish va texnik xizmat ko‘rsatish intizomining sustligi). Garchi ushbu nosozliklarning har biri alohida olinganda ham uskunaga jiddiy zarar keltirsa-da, amaliyotda ular ko‘pincha bir-biri bilan uzviy zanjirdek bog‘langan holda namoyon bo‘ladi va oqibatda nasosning umumiy ish resursi hamda foydali ish koeffitsiyentini keskin darajada kamaytirib yuboradi.

Shu sababli, bugungi kunda markazdan qochma nasoslarni boshqarishning eng samarali va zamonaviy tamoyili – bu nosozlik yuzaga kelgandan so‘ng uni ta’mirlash (reaktiv yondashuv) emas, balki ko‘rsatkichlarni doimiy kuzatib borish orqali muammolarni erta diagnostika qilish va ularning oldini olish (proaktiv yondashuv) hisoblanadi. Buning uchun nasosning optimal ish nuqtasini (eng yuqori samaradorlik rejimini) barqaror saqlash, tizimda kavitatsiya xavfini minimal darajaga tushirish, zamonaviy asboblar yordamida tebranish va harorat monitoringini muntazam tashkil etish hamda qat’iy rejalashtirilgan profilaktik texnik ko‘rik choralarini ko‘rish talab etiladi. Ushbu amaliyotlar jihozning mexanik va ekspluatatsion ishonchliligini sezilarli darajada kafolatlaydi.

ISSN 3030-3907

Umuman olganda, mazkur tadqiqotda ilgari surilgan tahliliy xulosalar va amaliy tavsiyalar sanoat, qishloq xo‘jaligi hamda kommunal soha nasos stansiyalarida keng joriy etilsa, tizimda ortiqcha energiya sarfi sezilarli darajada kamayadi. Eng muhimi, ishlab chiqarish jarayonini to‘xtatib qo‘yuvchi kutilmagan favqulodda avariyalarning soni qisqaradi va qimmatbaho jihozlarning umumiy xizmat qilish muddati maksimal darajada uzaytirilishiga erishiladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li, Raxmatov Ramazonjon Ravshan o‘g‘li. Gidravlik tizimlardagi ichki nosozliklardan suyuqlik oqib chiqishini ishqalanish kuchlari asosida matematik modelini ishlab chiqish. Diversity Research: Journal of Analysis and Trends. Vol. 2, pp. 46-49, https://academiaone.org/index.php/2/article/view/854
2. Nabijon Abduazizov, Kamol Xakimov, Sardor Turdiyev, Akbar Zhuraev, Adxam Ismatov. The impact of the amount of pollution of the fluid in the hydraulic system on the working resource of the quarry excavator. E3S Web of Conferences, 2025. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562705001
3. B.R Toshov, A.D Nietbaev, A.A Ismatov. Vintsimon harakatda qattiq jismning ixtiyoriy nuqtasining harakat tenglamasi va tezligi, Educational Research in Universal Sciences, c-473-476.
4. Ismatov A. A. (2025). Gidronasos porshen harakatining matematik tahlili va differensial modellashtirish. Development Of Science, 7(2), pp. 409-414. https://doi.org/0
5. Turanov E. Z., Zoxidov O. U., Xudoyberdiyev L. N. & Ismatov A. A. (2025). Kon mashinalari radiator qurilmasi gidravlik tizimini sovutishning zamonaviy texnik yechimi. Development Of Science, 10(1), pp. 378-383. https://doi.org/0
6. Ismatov A. A. (2025). Gidravlik tizimdagi nasoslarning harakatlanish usullarining qiyosiy tahlillari . Development Of Science, 7(2), pp. 403-408. https://doi.org/0
7. S. Zhuraev, S. A. Turdiyev, S. T. Jurayev, and S.S. Q. Salimova, "Characteristics of packing gland seals in hydraulic systems of quarry excavators and results of comparative analysis of experimental tests," Vibroengineering Procedia, Vol. 54, pp. 252–257, Apr. 2024, https://doi.org/10.21595/vp.2024.24051.
8. Abdullayev Sardor Husniddinovich, Juraqulov Og‘abek Jurabek o‘g‘li, Kaxxarov Orif Odilovich, Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li. Suyuqlik haroratini tashqi ta'sir orqali suyuqlikning yopishqoqligini tahlili. Часть-45_ Том-3_ Май-2025. С.255-258.

ISSN 3030-3907

9. Karshibaev A. I., Zokhidov O.U. Research of potential and effectiveness of renewable energy application at mining enterprises of the Republic of Uzbekistan. Australian Journal of Science and Technology, Volume 4; Issue 4; December 2020.

ISSN 3030-3907

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА ВЫСОКООКТАНОВЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ, СООТВЕТСТВУЮЩИХ СТАНДАРТУ ЕВРО-5

Ходиев Илёсбек Акрам угли
Магистр кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, Ташкентский химико-технологический институт.
Уринбоев Темурбек Жалолдин угли
Стажёр-исследователь кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, Ташкентский химико-технологический институт.
Раупова Азизбека Анис угли
Студент кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, Ташкентский химико-технологический институт.
Менглиев Шерзод Шоимович
PhD, доцент кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, Ташкентский химико-технологический институт.
Игамкулова Наргиса Абдувалиевна
К.х.н., доцент кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, Ташкентский химико-технологический институт.

Abstract. The article presents a comparative analysis of modern technologies for producing high-octane motor gasolines that comply with the Euro-5 standard. The main refining processes used to obtain high-octane gasoline components, including catalytic reforming, isomerization, alkylation, and catalytic cracking, are considered. The influence of these processes on octane number, component composition, and environmental characteristics of gasoline is evaluated. It was found that the production of gasolines meeting the Euro-5 requirements is most effectively achieved through the integrated use of several technological processes followed by component blending. It is shown that catalytic reforming and alkylation provide components with high octane numbers, whereas isomerization contributes to improving the environmental performance of the fuel. The obtained results can be used in selecting and improving technological solutions for the production of high-octane motor gasolines.

Keywords: high-octane gasoline, Euro-5 standard, catalytic reforming, isomerization, alkylation, catalytic cracking, blending, environmental characteristics, petroleum refining.

Annotatsiya. Maqolada Yevro-5 standarti talablariga javob beruvchi yuqori oktanli avtomobil benzinlarini ishlab chiqarishning zamonaviy texnologiyalari qiyosiy tahlil qilingan. Yuqori oktanli benzin komponentlarini olishda qo‘llaniladigan asosiy neftni qayta ishlash jarayonlari, jumladan katalitik

ISSN 3030-3907

riforming, izomerizatsiya, alkillash va katalitik kreking ko‘rib chiqilgan. Mazkur jarayonlarning oktan soni, benzinning komponent tarkibi hamda ekologik ko‘rsatkichlariga ta’siri baholangan. Yevro-5 talablariga mos benzinlarni olishning eng samarali yo‘li bir nechta texnologik jarayonlarni kompleks qo‘llash va keyinchalik komponentlarni kompaundlash ekani aniqlangan. Katalitik riforming va alkillash yuqori oktan sonli komponentlar olishda muhim ahamiyatga ega bo‘lsa, izomerizatsiya yoqilg‘ining ekologik ko‘rsatkichlarini yaxshilashda ustunlik qilishi ko‘rsatildi. Olingan natijalar yuqori oktanli avtomobil benzinlarini ishlab chiqarish texnologiyalarini tanlash va takomillashtirishda qo‘llanishi mumkin.

Kalit so‘zlar: yuqori oktanli benzin, Yevro-5 standarti, katalitik riforming, izomerizatsiya, alkillash, katalitik kreking, kompaundlash, ekologik ko‘rsatkichlar, neftni qayta ishlash.

Аннотация. В статье представлен сравнительный анализ современных технологий производства высокооктановых автомобильных бензинов, соответствующих требованиям стандарта Евро-5. Рассмотрены основные процессы нефтепереработки, применяемые для получения высокооктановых компонентов бензина, включая каталитический риформинг, изомеризацию, алкилирование и каталитический крекинг. Проведена оценка влияния указанных процессов на октановое число, компонентный состав и экологические характеристики бензинов. Установлено, что получение бензинов, отвечающих требованиям стандарта Евро-5, наиболее эффективно достигается при комплексном применении нескольких технологических процессов с последующим компаундированием компонентов. Показано, что каталитический риформинг и алкилирование обеспечивают получение компонентов с высоким октановым числом, тогда как изомеризация способствует улучшению экологических показателей топлива. Полученные результаты могут быть использованы при выборе и совершенствовании технологических решений в производстве высокооктановых автомобильных бензинов.

Ключевые слова: высокооктановый бензин, стандарт Евро-5, каталитический риформинг, изомеризация, алкилирование, каталитический крекинг, компаундирование, экологические характеристики, нефтепереработка.

ВВЕДЕНИЕ.

В последние годы развитие нефтеперерабатывающей промышленности сопровождается ужесточением экологических требований к качеству моторных топлив. Одним из наиболее значимых международных стандартов

ISSN 3030-3907

является экологический стандарт Евро-5, который устанавливает строгие ограничения на содержание серы, бензола и ароматических углеводородов в автомобильных бензинах [1–6].

Одной из важнейших задач современной нефтепереработки является повышение октанового числа автомобильных бензинов. Высокое октановое число топлива обеспечивает устойчивость к детонации, повышает эффективность работы двигателя и способствует снижению выбросов вредных веществ в атмосферу [1, 2].

В мировой практике для получения высокооктановых компонентов бензинов широко применяются процессы каталитического риформинга, изомеризации лёгких бензиновых фракций, алкилирования и каталитического крекинга. Каждый из этих процессов имеет свои технологические особенности и по-разному влияет на качество и экологические характеристики конечного продукта [3–6].

Таким образом, анализ современных технологий производства высокооктановых автомобильных бензинов, соответствующих стандарту Евро-5, является актуальной научной задачей.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В качестве объекта исследования рассматривались современные технологические процессы производства высокооктановых автомобильных бензинов, применяемые на нефтеперерабатывающих предприятиях. Исследование выполнено на основе анализа научных публикаций последних лет, посвящённых вопросам повышения октанового числа бензинов и улучшения их экологических характеристик [1–6].

В работе использованы методы сравнительного анализа, систематизации научных данных и оценки технологических показателей процессов переработки нефтяных фракций. Основное внимание уделялось анализу каталитического риформинга, изомеризации, алкилирования и каталитического крекинга.

При сравнительной оценке технологий учитывались следующие показатели: октановое число, экологические характеристики, технологическая эффективность и пригодность процессов для получения бензинов стандарта Евро-5.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Проведённый анализ показал, что получение высокооктановых бензинов, соответствующих требованиям стандарта Евро-5, достигается за счёт рационального сочетания нескольких процессов нефтепереработки.

ISSN 3030-3907

Каталитический риформинг обеспечивает получение компонентов с наиболее высоким октановым числом, однако сопровождается увеличением содержания ароматических углеводородов. Изомеризация отличается более благоприятными экологическими характеристиками, поскольку позволяет повышать октановое число без значительного увеличения содержания ароматических соединений. Алкилирование обеспечивает получение высокооктановых и экологически предпочтительных компонентов бензина. Каталитический крекинг играет важную роль в увеличении выхода бензиновых фракций, однако требует последующей корректировки состава при компаундировании.

Таблица 1.

Сравнительная характеристика технологий получения высокооктановых компонентов бензина

Технология	Основной продукт	Октаное число	Экологические характеристики
Изомеризация	изопарафины	88–92	низкое содержание ароматических соединений
Каталитический крекинг	бензиновые фракции	90–95	повышенное содержание олефинов
Алкилирование	изопарафиновые углеводороды	94–98	хорошие экологические показатели
Каталитический риформинг	ароматические углеводороды	95–100	повышенное содержание ароматических соединений

Как видно из таблицы 1, наиболее высокие значения октанового числа достигаются при использовании процессов алкилирования и каталитического риформинга. Вместе с тем с точки зрения экологических требований более предпочтительными являются изомеризация и алкилирование.

Таблица 2.

Технологические особенности процессов производства высокооктановых бензинов

Процесс	Основные реакции	Преимущества	Ограничения

ISSN 3030-3907

Изомеризация	изомеризация нормальных парафинов	улучшение экологических характеристик	умеренное повышение октанового числа
Каталитический крекинг	расщепление тяжёлых углеводородов	высокий выход бензиновых компонентов	повышенное содержание олефинов
Алкилирование	взаимодействие олефинов с изобутаном	высокое октановое число, химическая стабильность	сложность технологического оформления
Каталитический риформинг	дегидрирование, циклизация, ароматизация	максимальное повышение октанового числа	рост содержания ароматических углеводородов

Данные таблицы 2 показывают, что наиболее эффективный результат достигается при комбинированном использовании нескольких процессов с последующим компаундированием бензиновых компонентов.

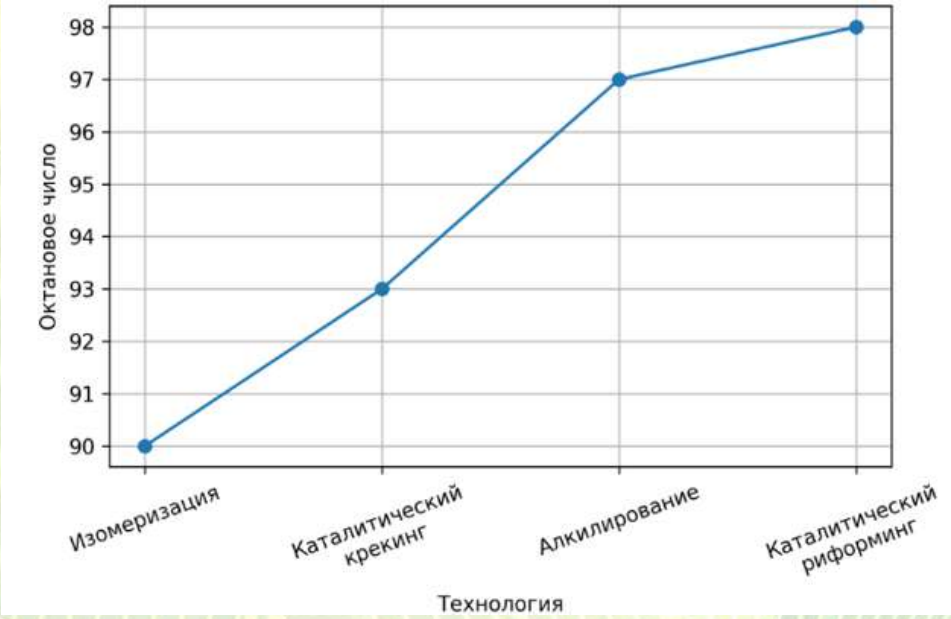


Рис.1. Зависимость октанового числа бензина от технологии переработки

Анализ результатов, представленных на рисунке 1, показывает, что наиболее высокое октановое число бензиновых компонентов достигается при использовании процессов каталитического риформинга и алкилирования. Процесс изомеризации обеспечивает умеренное повышение октанового

ISSN 3030-3907

числа, однако отличается более благоприятными экологическими характеристиками.

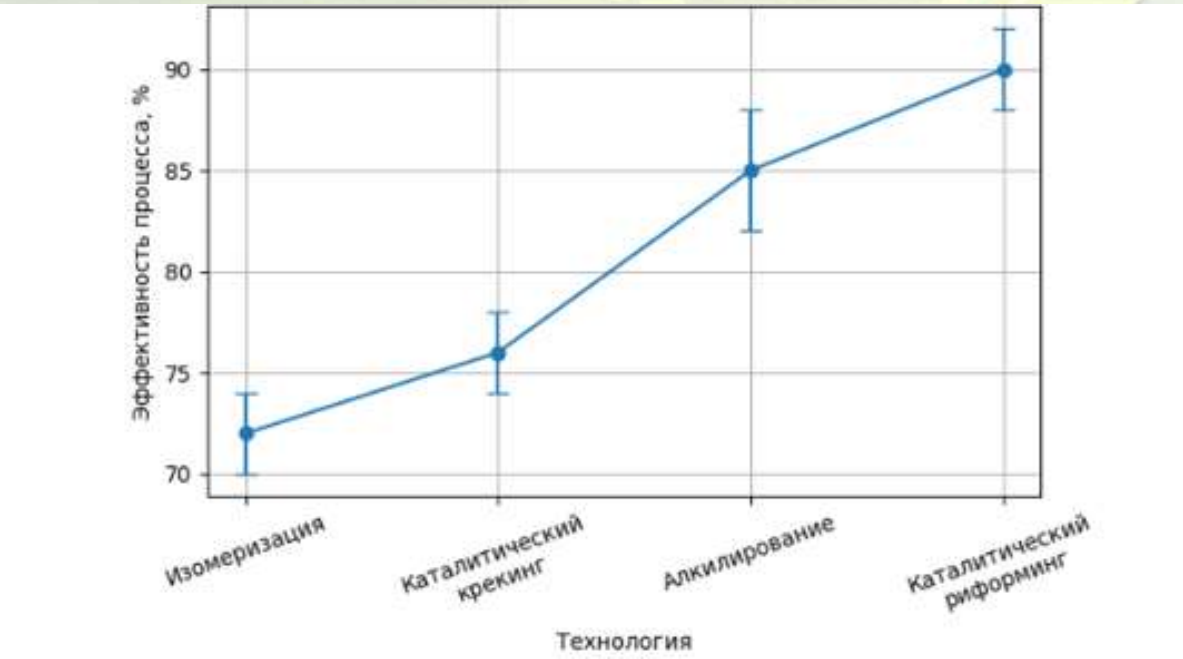


Рис.2. Сравнительная эффективность технологий производства бензина

Как видно из рисунка 2, наибольшая технологическая эффективность достигается при использовании процесса каталитического риформинга, тогда как процессы алкилирования и каталитического крекинга также демонстрируют высокую эффективность при производстве бензиновых компонентов. Процесс изомеризации характеризуется несколько более низкими показателями эффективности, однако обладает значительными экологическими преимуществами.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. Проведённый анализ показал, что производство высокооктановых автомобильных бензинов, соответствующих стандарту Евро-5, требует комплексного применения современных процессов нефтепереработки. Установлено, что наибольшее значение для повышения октанового числа имеют каталитический риформинг и алкилирование, тогда как изомеризация обеспечивает улучшение экологических характеристик бензина.

Выявлено, что получение бензинов требуемого качества невозможно за счёт использования только одного процесса. Наиболее эффективным решением является комбинирование процессов изомеризации, каталитического крекинга, алкилирования и каталитического риформинга с последующим компаундированием компонентов.

Таким образом, для получения экологически чистых высокооктановых автомобильных бензинов стандарта Евро-5 необходимо оптимизировать

ISSN 3030-3907

состав бензиновых компонентов и рационально сочетать современные технологические процессы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ershov M.A., Potanin D.A., Gueseva A.B., Abdellatief T.M.M., Kapustin V.M. Novel strategy to develop the technology of high-octane alternative fuel based on low-octane gasoline Fischer-Tropsch process // Fuel. 2020. Vol. 261. Art. 116330. DOI: 10.1016/j.fuel.2019.116330.
2. Abdellatief T.M.M., Ershov M.A., Kapustin V.M., Abdelkareem M.A., Kamil M., Olabi A.G. Recent trends for introducing promising fuel components to enhance the anti-knock quality of gasoline: A systematic review // Fuel. 2021. Vol. 291. Art. 120112. DOI: 10.1016/j.fuel.2020.120112.
3. Ershov M.A., Grigorieva E.V., Abdellatief T.M.M., Kapustin V.M., Abdelkareem M.A., Kamil M., Olabi A.G. Hybrid low-carbon high-octane oxygenated gasoline based on low-octane hydrocarbon fractions // Science of the Total Environment. 2021. Vol. 751. Art. 142715. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2020.142715.
4. Abdellatief T.M.M., Ershov M.A., Kapustin V.M. New recipes for producing a high-octane gasoline based on naphtha from natural gas condensate // Fuel. 2020. Vol. 276. Art. 118075. DOI: 10.1016/j.fuel.2020.118075.
5. Oloruntoba A., Zhang Y., Hsu C.S. State-of-the-Art Review of Fluid Catalytic Cracking (FCC) Catalyst Regeneration Intensification Technologies // Energies. 2022. Vol. 15, No. 6. Art. 2061. DOI: 10.3390/en15062061.
6. Akhtar M.S., Ali S., Zaman W. Recent Advancements in Catalysts for Petroleum Refining // Catalysts. 2024. Vol. 14, No. 12. Art. 841. DOI: 10.3390/catal14120841.

ISSN 3030-3907

MARKAZDAN QOCHMA NASOSLARDA ISHCHI SUYUQLIKNI HARAKATIDAGI TAHLILI

Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti katta o‘qituvchisi.
E-mail: olympic9492@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada markazdan qochma nasoslarda ishchi suyuqlikning harakatlanish jarayoni nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilindi. Nasosning kirish qismi, ish g‘ildiragi ko‘zi, kuraklar oralig‘i, spiral korpus va haydash quvuridagi oqim xarakteri bosim, tezlik va energiya almashinuvi nuqtai nazaridan izohlandi. Euler tenglamasi, uzluksizlik qonuni va Bernulli tenglamasiga tayangan holda ishchi suyuqlikning energiya o‘zgarishi, yo‘qotishlar hamda samaradorlikka ta’sir etuvchi omillar ko‘rsatildi. Shuningdek, kavitatsiya, qaytma oqim, turbulizatsiya va gidravlik yo‘qotishlarning nasos ish rejimiga ta’siri tahlil qilinib, oqimni barqarorlashtirish bo‘yicha tavsiyalar berildi.

Kalit so‘zlar: Markazdan qochma nasos, ishchi suyuqlik, oqim, bosim, tezlik, spiral korpus, ish g‘ildiragi, kavitatsiya, gidravlik yo‘qotish, samaradorlik.

Аннотация. В данной статье с теоретической и практической точек зрения проанализирован процесс движения рабочей жидкости в центробежных насосах. Характер потока во входной части насоса, входе (глазе) рабочего колеса, межлопаточном пространстве, спиральном отводе и нагнетательном трубопроводе объяснен с точки зрения давления, скорости и энергообмена. На основе уравнения Эйлера, уравнения неразрывности и уравнения Бернулли показаны изменения энергии рабочей жидкости, потери, а также факторы, влияющие на эффективность. Кроме того, проанализировано влияние кавитации, обратного потока, турбулентности и гидравлических потерь на режим работы насоса, а также даны рекомендации по стабилизации потока.

Ключевые слова: Центробежный насос, рабочая жидкость, поток, давление, скорость, спиральный отвод, рабочее колесо, кавитация, гидравлические потери, эффективность.

Abstract. This article theoretically and practically analyzes the process of working fluid movement in centrifugal pumps. The flow characteristics in the pump inlet, impeller eye, inter-blade space, volute casing, and discharge pipe were explained from the perspective of pressure, velocity, and energy exchange. Based on Euler's equation, the continuity equation, and Bernoulli's equation, the changes in the energy of the working fluid, losses, and factors affecting efficiency were demonstrated. Furthermore, the impact of cavitation, backflow, turbulence, and

ISSN 3030-3907

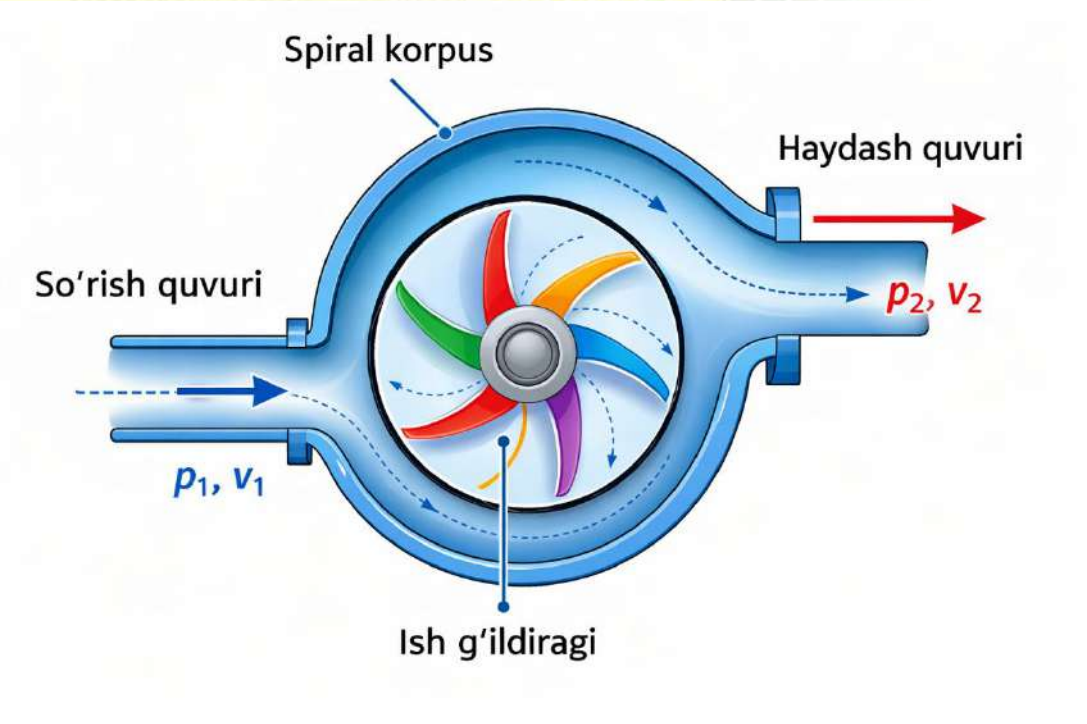
hydraulic losses on the pumps operating mode was analyzed, and recommendations for flow stabilization were provided.

Keywords: Centrifugal pump, working fluid, flow, pressure, velocity, volute casing, impeller, cavitation, hydraulic loss, efficiency.

KIRISH.

Markazdan qochma nasoslar suv ta’minoti, irrigatsiya, energetika, kimyo va kon sanoatida eng ko‘p qo‘llaniladigan gidravlik mashinalar sirasiga kiradi. Ularning ishlash asosi aylanuvchi ish g‘ildiragi orqali suyuqlikka kinetik energiya berish va ushbu energiyani spiral korpus yoki diffuzor yordamida bosim energiyasiga aylantirishdan iborat. Shu sababli nasos ichidagi ishchi suyuqlik harakatini chuqur tahlil qilish nasosning foydali ish koeffitsiyenti, bosim hosil qilishi, ishonchliligi hamda nosozliklarini tushunishda muhim ahamiyatga ega.

Nasosdagi oqim ideal emas: ichki ishqalanish, mahalliy qarshiliklar, oqimning ajralishi, kuraklar orasidagi qaytma sirkulyatsiya va kavitatsiya kabi jarayonlar real ko‘rsatkichlarni pasaytiradi. Maqolaning maqsadi — markazdan qochma nasosda ishchi suyuqlikning kirishdan chiqishgacha bo‘lgan harakatini ilmiy maqola formatida tahlil qilish, asosiy fizik qonunlarni ko‘rsatish va amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdir.



1-rasm. Markazdan qochma nasosda ishchi suyuqlik harakatining sxematik ko‘rinishi

METODOLOGIYA. Markazdan qochma nasosning nazariy tahlili uchta asosiy qonunga tayangan holda bajariladi: uzluksizlik tenglamasi, Bernulli tenglamasi va Euler nasos tenglamasi. Uzluksizlik qonuniga ko‘ra, barqaror

ISSN 3030-3907

oqimda massa sarfi doimiy bo‘ladi. Demak, oqim kesimi kichraygan zonalarda tezlik ortadi, kesim kengaygan joylarda esa kamayadi.

Bernulli tenglamasi oqimning mexanik energiya balansini ifodalaydi va amalda yo‘qotishlar bilan birga ko‘riladi. Nasos ichida esa ish g‘ildiragi suyuqlikka qo‘shimcha energiya uzatgani uchun umumiy energiya darajasi ko‘tariladi. Eyler tenglamasi shu jarayonni quyidagicha ifodalaydi:

Amaliy jihatdan nasos kirish qismida suyuqlik nisbatan kichik tezlik bilan keladi. Ish g‘ildiragi ko‘zida kesim va yo‘nalish o‘zgarishi sababli tezlanish boshlanadi. Kuraklar oralig‘ida markazdan qochma ta’sir ostida oqim periferiyaga siljiydi, shu bilan tezlik va kinetik energiya ortadi. Spiral korpusda oqim kesimi bosqichma-bosqich kengayib, kinetik energiyaning katta qismi bosim energiyasiga aylantiriladi. 2. Nasosning asosiy zonalarida oqim xarakteri

2.1. So‘rish quvuri va kirish zonasi

So‘rish quvurida oqim imkon qadar tekis va girdobsiz bo‘lishi talab etiladi. Quvur bo‘ylab keskin burilishlar, uzunlikning ortishi va armaturalar sonining ko‘pligi gidravlik yo‘qotishlarni oshiradi. Natijada nasos ko‘zidagi bosim pasayadi va kavitatsiya xavfi kuchayadi.

2.2. Ish g‘ildiragi ko‘zi

Ish g‘ildiragi ko‘zida oqim o‘q bo‘ylab kiradi. Bu hududda bosim minimal qiymatlarga yaqinlashishi mumkin. Agar statik bosim ishchi suyuqlikning bug‘lanish bosimidan pastga tushsa, bug‘ pufakchalari hosil bo‘ladi. Shu bois ko‘z geometriyasini va NPSH shartini to‘g‘ri tanlash juda muhim.

2.3. Kuraklar oralig‘i

Kuraklar oralig‘ida oqim murakkab fazoviy trayektoriya bo‘ylab harakatlanadi. Suyuqlik bir vaqtning o‘zida aylana, radial va nisbiy harakatga ega bo‘ladi. Kuraklar qiyaligi, soni va sirt sifati oqimning ajralishi yoki silliq yurishiga bevosita ta’sir qiladi.

2.4. Spiral korpus va haydash qismi

Spiral korpusning vazifasi ish g‘ildiragidan chiqayotgan katta tezlikdagi oqimni yig‘ish va bosimga aylantirishdir. Korpusning kengayuvchi kesimi oqim tezligini kamaytirib, statik bosimni oshiradi. Agar spiral qism noto‘g‘ri tanlansa, radial kuchlar ortadi va nasos tebranishi kuchayadi.

3. OQIM HARAKATINING NAZARIY TAHLILI VA ENERGIYA ALMASHINUVI

3.1. Suyuqlik kinematikasi va oqim yo‘nalishlari

Ish g‘ildiragi ichida harakatlanayotgan suyuqlik zarrasining harakatini faqat bir chiziqli jarayon sifatida baholab bo‘lmaydi. Suyuqlik bu zonada bir vaqtning o‘zida ikkita asosiy harakatni amalga oshiradi: g‘ildirak bilan birgalikda aylanma

ISSN 3030-3907

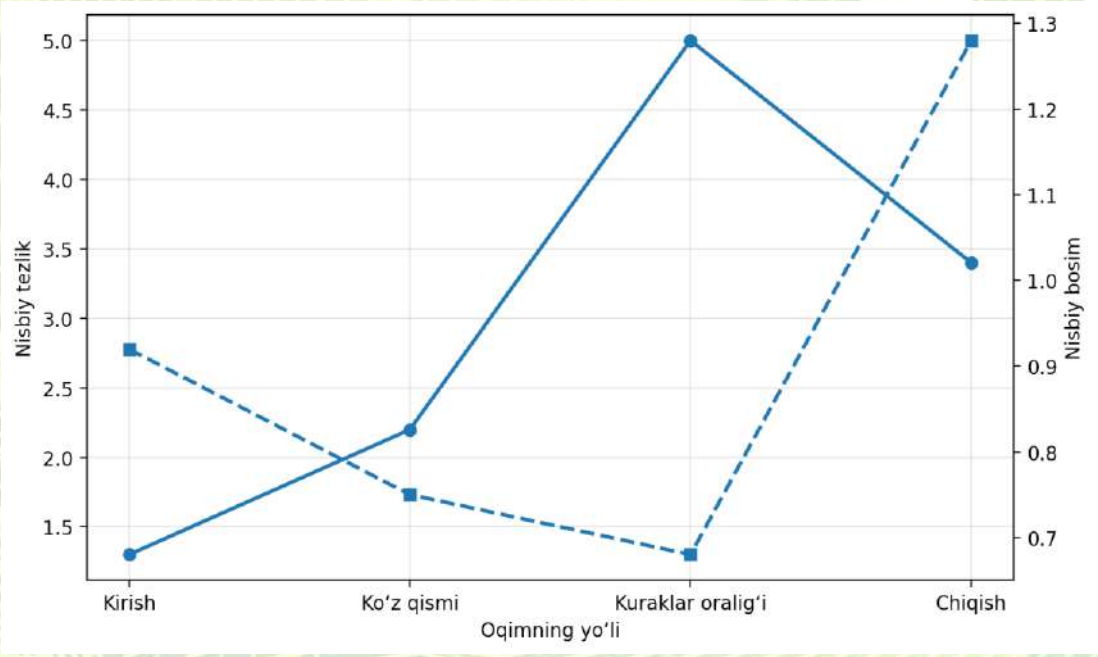
harakat (ko‘chirma harakat) hamda kuraklar oralig‘idagi kanallar bo‘ylab oqish (nisbiy harakat). Ushbu ikki harakatning yig‘indisi suyuqlikning mutlaq tezligini va uning nasos ichidagi haqiqiy trayektoriyasini belgilab beradi. Suyuqlik nasos ko‘ziga asosan o‘q bo‘ylab kiradi, so‘ngra kuraklar ta’sirida yo‘nalishini 90 gradusga o‘zgartirib, markazdan qochma kuch ta’sirida chekkaga qarab harakatlanishni boshlaydi.

3.2. Suyuqlikka energiya uzatish tamoyili (Eyler nazariyasi)

Suyuqlik g‘ildirakdan o‘tish jarayonida nasos valining mexanik energiyasi oqimning gidravlik energiyasiga aylanadi. Bu energiya almashinuvining asosiy nazariy qonuniyati shuni ko‘rsatadiki, nasosning hosil qiladigan bosimi (napori) ish g‘ildiragining aylanish tezligi va suyuqlikning g‘ildirakdan chiqishdagi oqim burchagiga bevosita bog‘liq. G‘ildirak kuraklari suyuqlikka ta’sir ko‘rsatib, uning ham tezligini (kinetik energiya), ham bosimini (potensial energiya) oshiradi. Nasosning samaradorligi aynan mana shu energiya uzatish jarayonining qay darajada silliq va yo‘qotishlarsiz kechishiga bog‘liq.

3.3. Ideal va haqiqiy nasos oqimidagi farqlar

Nazariy jihatdan, cheksiz ko‘p sonli va mutlaqo silliq kuraklarga ega bo‘lgan ideal nasosda oqim hech qanday qarshiliksiz, kurak shaklini to‘liq takrorlagan holda oqib o‘tishi kerak. Biroq, amaliyotda suyuqlikning qovushqoqligi, kuraklar sonining cheklanganligi hamda oqimning ishchi yuzalardan ajralishi (uzilishi) kabi omillar ta’sirida oqim xarakteri o‘zgaradi. Natijada, ish g‘ildiragi kanallarining ichida turli uyurmalar (girdoblar) hosil bo‘ladi va oqim tezligi kesim bo‘ylab bir xil taqsimlanmaydi.



2-rasm. Oqim yo‘li bo‘ylab nisbiy tezlik va nisbiy bosimning o‘zgarishi

ISSN 3030-3907

To‘rtinchidan, suyuqlik tarkibidagi qattiq zarralar kuraklarning ishlov berilgan sirtini yemiradi va mahalliy turbulizatsiyani kuchaytiradi. Beshinchidan, kirish quvuridagi havo aralashishi oqim uzluksizligini buzib, bosim pulsatsiyasini paydo qiladi.

4. OQIM ZONALARI BO‘YICHA TAHLILIY JADVAL

1-Jadval

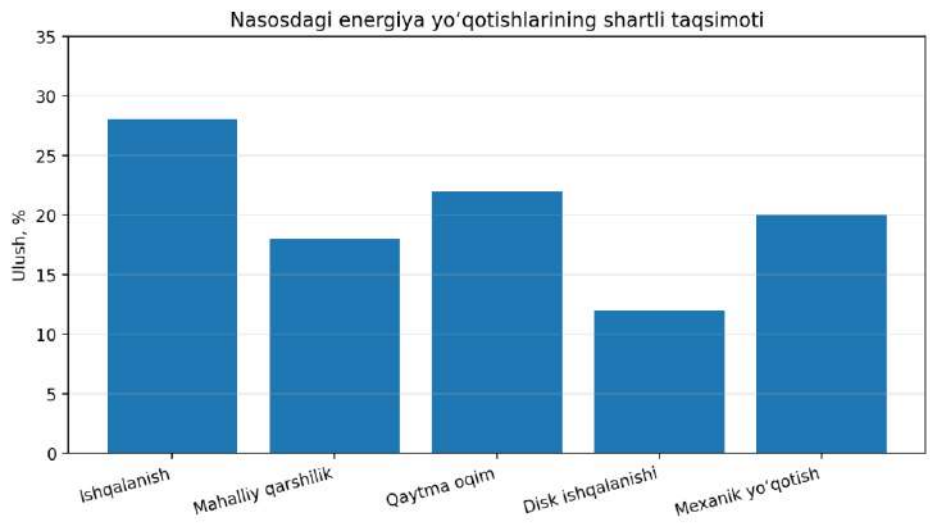
Zona	Asosiy jarayon	Bosim holati	Tezlik holati	Xavf/xususiyat
So‘rish quvuri	Tashqi manbadan oqim keladi	Nisbatan past	O‘rtacha	Mahalliy yo‘qotishlar
Ish g‘ildiragi ko‘zi	O‘q bo‘ylab kirish va tezlanish	Minimal	Ortib boradi	Kavitatsiya xavfi
Kuraklar oralig‘i	Radial va aylana harakat	O‘suvchi	Yuqori	Qaytma oqim ehtimoli
Spiral korpus	Kinetik energiya bosimga aylanadi	Yuqori	Pasayadi	Radial kuchlar
Haydash quvuri	Barqaror uzatish	Barqaror yuqori	O‘rtacha	Tizim qarshiligi ta’siri

5. GIDRAVLIK YO‘QOTISHLAR VA AMALIY MUAMMOLAR

Real nasoslarda oqimning ma’lum qismi foydali bosim hosil qilishga emas, balki yo‘qotishlarni qoplashga sarflanadi. Gidravlik yo‘qotishlar asosan ichki ishqalanish, oqim ajralishi, disk ishqalanishi va mahalliy qarshiliklar bilan bog‘liq. Kuraklar sirtining qo‘polligi yoki yeyilishi oqim chizig‘ining buzilishiga olib keladi. Natijada oqimning bir qismi girdob hosil qiladi va foydali energiya pasayadi.

Kavitatsiya amaliyotda eng xavfli gidravlik hodisalardan biridir. U metall yuzalarda eroziya, shovqin va tebranish keltirib chiqaradi. Bundan tashqari, nasos kirishida havo aralashishi bosim tebranishlarini kuchaytirib, uzluksiz oqimni pulsatsion rejimga o‘tkazishi mumkin.

ISSN 3030-3907



3-rasm. Nasosdagi energiya yo‘qotishlarining shartli tarkibi

MUHOKAMA. Olib borilgan nazariy va amaliy tahlillar markazdan qochma nasos ichida ishchi suyuqlik harakati bir tekis va ideal emasligini ko‘rsatdi. Oqim nasosning har bir zonasida turlicha xarakterga ega bo‘lib, kirish qismida asosan o‘q bo‘ylab, ish g‘ildiragi kuraklari oralig‘ida esa radial va aylanma yo‘nalishda harakatlanadi. Spiral korpusda esa ushbu harakat bosim energiyasiga aylantiriladi. Demak, nasos samaradorligi faqat ish g‘ildiragining aylanish tezligiga emas, balki oqimning ichki geometriya bo‘ylab qanday shakllanishiga ham bevosita bog‘liq.

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, suyuqlikning nasos ko‘zidagi bosimi eng past qiymatga tushadigan zona bo‘lib, aynan shu hududda kavitatsiya paydo bo‘lish xavfi yuqori hisoblanadi. Agar so‘rish quvuridagi mahalliy yo‘qotishlar ortsa yoki NPSH talabi to‘liq bajarilmasa, oqim uzluksizligi buziladi va bug‘ pufakchalari hosil bo‘ladi. Bu esa keyingi zonalarda bosim pulsatsiyasi, shovqin, tebranish va metall sirtlarda eroziya jarayonlarini yuzaga keltiradi. Shunday qilib, nasosning kirish qismi butun gidravlik jarayon barqarorligining eng muhim nuqtasi ekanligi aniqlandi.

Kuraklar oralig‘idagi oqim alohida muhokamani talab qiladi. Bu hududda suyuqlikning nisbiy, ko‘chirma va mutlaq tezliklari bir vaqtning o‘zida shakllanadi. Nazariy jihatdan oqim kurak profili bo‘ylab silliq harakat qilishi kerak, biroq haqiqiy sharoitda qovushqoqlik, ishqalanish, kuraklar sonining cheklanganligi va yuzalar qo‘polligi sababli oqimda ajralish va mikro-girdoblar paydo bo‘ladi. Natijada nasosning haqiqiy napori nazariy qiymatdan kamayadi. Shu nuqtai nazardan, nasosning konstruktsion parametrlarini tanlashda faqat geometrik o‘lchamlar emas, balki oqimning ichki aerogidrodinamik xususiyatlarini ham hisobga olish zarur.

ISSN 3030-3907

Spiral korpusdagi jarayonlar ham nasos samaradorligida hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Spiral korpusning asosiy vazifasi ish g‘ildiragidan chiqayotgan yuqori tezlikli oqimni yig‘ish va kinetik energiyani bosim energiyasiga aylantirishdan iborat. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, agar spiral korpusning kesimi oqim sarfiga mos ravishda o‘zgarmasa, oqim notekis taqsimlanadi va radial kuchlar paydo bo‘ladi. Bu kuchlar esa valga va podshipniklarga qo‘shimcha yuklama berib, nasosning mexanik barqarorligini pasaytiradi. Demak, spiral korpusning optimal profili nafaqat gidravlik, balki mexanik nuqtai nazardan ham muhim ahamiyatga ega.

Maqoladagi tahliliy jadvaldan ko‘rinadiki, har bir zona o‘ziga xos xavf va cheklovlarga ega. So‘rish quvurida mahalliy qarshiliklar ustun bo‘lsa, ish g‘ildiragi ko‘zida kavitatsiya xavfi, kuraklar oralig‘ida qaytma oqim va turbulizatsiya, spiral korpusda esa radial kuchlar hamda bosim taqsimotining notekisligi muhim omil sifatida namoyon bo‘ladi. Bu esa markazdan qochma nasosni bir butun mexanik qurilma sifatida emas, balki o‘zaro uzviy bog‘langan gidravlik zonalar tizimi sifatida ko‘rib chiqish zarurligini anglatadi.

Amaliy jihatdan nasos samaradorligini oshirish uchun kirish quvurini imkon qadar qisqa va silliq loyihalash, ish g‘ildiragi ko‘zida oqimni tekislash, kuraklar sirtini yuqori sifatda ishlov berish, spiral korpus kesimini hisoblangan sarfga moslashtirish va haydash quvuridagi ortiqcha gidravlik yo‘qotishlarni kamaytirish lozim. Bundan tashqari, ekspluatatsiya jarayonida vibrodiagnostika, bosim monitoringi va harorat nazorati kabi usullarni qo‘llash nasosning optimal rejimdan chiqishini erta aniqlash imkonini beradi.

Muhokama natijalariga tayangan holda aytish mumkinki, markazdan qochma nasoslarda ishchi suyuqlik harakati murakkab, ko‘p omilli va zonalar bo‘yicha keskin farqlanuvchi jarayondir. Shu sababli nasosni loyihalash, tanlash va ekspluatatsiya qilishda nazariy tenglamalar bilan bir qatorda real gidravlik yo‘qotishlar, oqimning turbulizatsiyasi va ichki notekisliklar ham albatta inobatga olinishi kerak.

XULOSA. Ushbu maqolada markazdan qochma nasoslarda ishchi suyuqlikning harakatlanish jarayoni nazariy va amaliy jihatdan tahlil qilindi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, nasos ichidagi oqim kirish qismi, ish g‘ildiragi ko‘zi, kuraklar oralig‘i, spiral korpus va haydash quvurida turli gidravlik xususiyatlarga ega bo‘lib, har bir zona nasosning umumiy ish rejimiga o‘ziga xos ta’sir ko‘rsatadi.

Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, suyuqlik energiyasining o‘zgarishi Euler tenglamasi, uzluksizlik qonuni va Bernulli tenglamasi asosida tushuntiriladi. Ish g‘ildiragi suyuqlikka mexanik energiya uzatadi, spiral korpus esa ushbu energiyaning muhim qismini bosim energiyasiga aylantiradi. Biroq haqiqiy ish

ISSN 3030-3907

sharoitida ichki ishqalanish, oqim ajralishi, turbulizatsiya, qaytma oqim va mahalliy qarshiliklar tufayli nazariy ko‘rsatkichlar to‘liq amalga oshmaydi.

Maqolada nasos samaradorligiga salbiy ta’sir etuvchi asosiy omillar sifatida kavitatsiya, bosim yo‘qotishlari, oqim notekisligi, havo aralashishi va gidravlik qarshiliklarning ortishi aniqlandi. Ayniqsa, ish g‘ildiragi ko‘zidagi minimal bosim zonasi kavitatsiya paydo bo‘lishi nuqtai nazaridan eng xavfli hudud ekani asoslab berildi. Spiral korpusning noto‘g‘ri tanlanishi esa radial kuchlar ortishiga va tebranishlarning kuchayishiga olib kelishi qayd etildi.

Shu asosda markazdan qochma nasoslarning samarali ishlashi uchun quyidagi tavsiyalar ishlab chiqildi: so‘rish liniyasidagi yo‘qotishlarni kamaytirish, NPSH shartini ta’minlash, ish g‘ildiragi va spiral korpus geometriyasini oqim rejimiga mos tanlash, kuraklar sirt sifatini yaxshilash hamda ekspluatatsiya jarayonida bosim, tebranish va harorat monitoringini muntazam olib borish. Ushbu choralar nasosning foydali ish koeffitsiyentini oshirish, xizmat muddatini uzaytirish va energiya sarfini kamaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Umuman olganda, markazdan qochma nasoslarda ishchi suyuqlik harakatini chuqur o‘rganish nasosning ish jarayonini to‘g‘ri baholash, nosozliklarning oldini olish va yuqori samarali konstruktsiyalar yaratish uchun zarur ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li, Raxmatov Ramazonjon Ravshan o‘g‘li. Gidravlik tizimlardagi ichki nosozliklardan suyuqlik oqib chiqishini ishqalanish kuchlari asosida matematik modelini ishlab chiqish. Diversity Research: Journal of Analysis and Trends. Vol. 2, pp. 46-49, https://academiaone.org/index.php/2/article/view/854

2. Nabijon Abduazizov, Kamol Xakimov, Sardor Turdiyev, Akbar Zhuraev, Adxam Ismatov. The impact of the amount of pollution of the fluid in the hydraulic system on the working resource of the quarry excavator. E3S Web of Conferences, 2025. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562705001

3. B.R Toshov, A.D Nietbaev, A.A Ismatov. Vintsimon harakatda qattiq jismning ixtiyoriy nuqtasining harakat tenglamasi va tezligi, Educational Research in Universal Sciences, c-473-476.

4. Ismatov A. A. (2025). Gidronasos porshen harakatining matematik tahlili va differensial modellashtirish. Development Of Science, 7(2), pp. 409-414. https://doi.org/0

5. Turanov E. Z., Zoxidov O. U., Xudoyberdiyev L. N. & Ismatov A. A. (2025). Kon mashinalari radiator qurilmasi gidravlik tizimini sovutishning zamonaviy texnik yechimi. Development Of Science, 10(1), pp. 378-383. https://doi.org/0

ISSN 3030-3907

6. Ismatov A. A. (2025). Gidravlik tizimdagi nasoslarning harakatlanish usullarining qiyosiy tahlillari . Development Of Science, 7(2), pp. 403-408. https://doi.org/0
7. S. Zhuraev, S. A. Turdiyev, S. T. Jurayev, and S.S. Q. Salimova, "Characteristics of packing gland seals in hydraulic systems of quarry excavators and results of comparative analysis of experimental tests," Vibroengineering Procedia, Vol. 54, pp. 252–257, Apr. 2024, https://doi.org/10.21595/vp.2024.24051.
8. Abdullayev Sardor Husniddinovich, Juraqulov Og‘abek Jurabek o‘g‘li, Kaxxarov Orif Odilovich, Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li. Suyuqlik haroratini tashqi ta'sir orqali suyuqlikning yopishqoqligini tahlili. Часть-45_ Том-3_ Май-2025. С.255-258.
9. Karshibaev A. I., Zokhidov O.U. Research of potential and effectiveness of renewable energy application at mining enterprises of the Republic of Uzbekistan. Australian Journal of Science and Technology, Volume 4; Issue 4; December 2020.

ISSN 3030-3907

ЎУК: 624.012.04

ТЕМИРБЕТОН УСТУНЛАРНИ АНЪАНАВИЙ ВА ЗАМОНАВИЙ КУЧАЙТИРИШ УСУЛЛАРИНИНГ ТУРЛАРИ ВА УЛАРНИНГ АФЗАЛ ҲАМДА КАМЧИЛИКЛАРИ

Алимов Х.Т.
Тошкент архитектура қурилиш университети PhD., доцент
Азимов А.А.
Тошкент архитектура қурилиш университети, **кат.ўқ.**
Шарибов Х.Ж.
Тошкент архитектура қурилиш университети магистр

Аннотация. Темирбетон конструкциялар қурилиш соҳасида энг кўп қўлланиладиган конструктив элементлардан бири ҳисобланади. Уларнинг хизмат муддати давомида турли омиллар таъсирида мустаҳкамлиги пасайиши мумкин. Бундай ҳолатларда конструкцияларни кучайтириш муҳим аҳамиятга эга. Мазкур мақолада темирбетон устунларни анъанавий ва замонавий усуллар орқали кучайтириш технологиялари таҳлил қилинган. Темирбетон ҳалқа, пўлат ҳалқа, композит материаллар ва полимербетонлар асосида кучайтириш усулларининг техник хусусиятлари, афзалликлари ва камчиликлари ўрганилган. Шунингдек, устунларни кучайтиришда юк кўтариш қобилиятини ҳисоблаш усуллари келтирилган ва уларнинг самарадорлиги таҳлил қилинган.

Калит сўзлар. темирбетон устун, кучайтириш усуллари, бетон ҳалқа, пўлат ҳалқа, композит материаллар, FRP, конструкция мустаҳкамлиги, реконструкция, қурилиш технологияси.

Аннотация. Железобетонные конструкции являются одними из наиболее широко применяемых конструктивных элементов в строительной отрасли. В течение срока их эксплуатации прочность может снижаться под воздействием различных факторов. В таких случаях усиление конструкций приобретает важное значение. В данной статье проанализированы технологии усиления железобетонных колонн с использованием традиционных и современных методов. Изучены технические характеристики, преимущества и недостатки методов усиления на основе железобетонной обоймы, стальной обоймы, композитных материалов и полимербетонов. Также приведены методы расчёта несущей способности при усилении колонн и проанализирована их эффективность.

Ключевые слова: железобетонная колонна, методы усиления, бетонная обойма, стальная обойма, композитные материалы, FRP, прочность конструкции, реконструкция, строительная технология.

ISSN 3030-3907

Abstract. Reinforced concrete structures are among the most widely used structural elements in the construction industry. During their service life, their strength may decrease under the influence of various factors. In such cases, strengthening the structures becomes very important. This article analyzes the technologies for strengthening reinforced concrete columns using both traditional and modern methods. The technical characteristics, advantages, and disadvantages of strengthening methods based on reinforced concrete jackets, steel jackets, composite materials, and polymer concretes are studied. In addition, methods for calculating the load-bearing capacity when strengthening columns are presented, and their effectiveness is analyzed.

Keywords: reinforced concrete column, strengthening methods, concrete jacket, steel jacket, composite materials, FRP, structural strength, reconstruction, construction technology.

КИРИШ.

Бугунги кунда қурилиш соҳасида мавжуд бинолар ва иншоотларни реконструкция қилиш, уларнинг хизмат муддатини узайтириш ва хавфсизлигини таъминлаш муҳим вазифалардан бири ҳисобланади. Темирбетон устунлар биноларнинг асосий юк кўтарувчи элементларидан бири бўлиб, уларнинг шикастланиши бутун бино мустаҳкамлилигига салбий таъсир кўрсатиши мумкин.

Темирбетон устунларни кучайтириш зарурати қуйидаги ҳолатларда пайдо бўлади:

- бинога тушадиган юкларнинг ортиши;
- конструкция материалларининг эскириши;
- коррозия;
- лойиҳалашдаги хатолар;
- сейсмик таъсирлар;
- реконструкция ишлари [1].

Шу сабабли темирбетон устунларни кучайтириш усулларини тадқиқ қилиш ва уларнинг самарадорлигини таҳлил қилиш муҳим ҳисобланади.

АСОСИЙ ҚИСМ. Темирбетон устунларни кучайтириш усуллари икки асосий гуруҳга бўлинади [2]:

1. Анъанавий усуллар.
2. Замонавий усуллар.

1. АНЪАНАВИЙ КУЧАЙТИРИШ УСУЛЛАРИ.

1.1. Темирбетон ҳалқа билан кучайтириш.

Бу мавжуд конструкциянинг атрофига арматура ўрнатиб, уни бетон билан қоплаш орқали унинг мустаҳкамлиги ва юк кўтариш қобилиятини

ISSN 3030-3907

ошириш усулидир. Бу усул одатда эскирган ёки юклама ошган устун ва бошқа темирбетон конструкцияларни реконструкция қилишда қўлланилади.



1-расм. Темирбетон халқа билан устуннларни кучайтириш

Темирбетон ҳалқа билан кучайтириш одатда қуйидаги тартибда бажарилади:

Мавжуд конструкция юзасини тайёрлаш

- бетон юзаси тозаланади;
- заиф қисмлар олиб ташланади.

Арматура ўрнатиш

- янги арматура каркаси ёки тўри ўрнатилади;
- у мавжуд конструкцияга анкерлар билан бириктирилади.

Қолип ўрнатиш

- бетонни шаклда ушлаб туриш учун қолип ўрнатилади.

Бетон қуйиш

- янги темирбетон қоплама ҳосил қилинади.

Қотиш ва парвариш

- бетон мустаҳкам бўлиши учун маълум вақт сақланади.

АФЗАЛЛИКЛАРИ:

- юқори мустаҳкамлик таъминлайди;
- технологияси оддий;
- арзон материаллар ишлатилади.

КАМЧИЛИКЛАРИ:

- конструкция оғирлиги ортиб кетади;
- устун ўлчами катталашади;
- қурилиш вақти узаяди [1, 2].

1.2. Пўлат қоплама билан кучайтириш

ISSN 3030-3907

Бу мавжуд темирбетон ёки бетон конструкцияни унинг атрофига пўлат листлар, бурчаклар ёки швеллерлар ўрнатиш орқали мустаҳкамлаш усулидир. Бу усул конструкциянинг юк кўтариш қобилиятини оширади, деформация ва ёрилишларни камайтиради ҳамда реконструкция ишларида кенг қўлланилади.



2-расм. Пўлат ҳалқа билан кучайтириш

Пўлат ҳалқа билан кучайтиришни бажариш босқичлари қуйидагилардан иборат:

1. Конструкция юзасини тайёрлаш – бетон ёки темирбетон юзаси тозаланади, шикастланган жойлар бартараф этилади.

2. Пўлат элементларни тайёрлаш – пўлат листлар, бурчаклар ёки швеллерлар керакли ўлчамда тайёрланади.

3. Пўлат ҳалқани ўрнатиш – пўлат элементлар конструкция атрофига жойлаштирилиб, болтлар ёки пайвандлаш орқали маҳкамланади.

4. Боғлаш ва мустаҳкамлаш – пўлат ҳалқа конструкция билан ишончли боғланиши таъминланади.

5. Ҳимоя ишлари – пўлат қисмлар занглашдан сақлаш учун махсус қоплама ёки бўёқ билан қопланади.

Афзалликлари:

- монтажи тез;
- юк кўтариш қобилияти сезиларли ошади;
- конструкция қаттиқлиги ортади.

Камчиликлари:

- коррозия хавфи бор;
- металл қиммат;
- доимий техник хизмат талаб қилинади [1, 2].

2. ЗАМОНАВИЙ КУЧАЙТИРИШ УСУЛЛАРИ

2.1 Композит материаллар (FRP) билан кучайтириш

ISSN 3030-3907

FRP материаллари (Fiber Reinforced Polymer) углерод, шиша ёки арамид толаларидан ташкил топган композит материаллардир. Бу темирбетон ёки бетон конструкцияларни махсус толали полимер материаллар (углерод, шиша ёки арамид толали ленталар) ёрдамида мустаҳкамлаш усулидир. Бу материаллар конструкция юзасига ёпиштирилиб, унинг юк кўтариш қобилиятини оширади, ёрилишларни камайтиради ва конструкциянинг хизмат муддатини узайтиради [3, 4, 5].



3-расм. Композит материаллар (FRP) билан кучайтириш

Композит материаллар (FRP) билан кучайтиришни бажариш босқичлари қуйидагилардан иборат:

1. Юзани тайёрлаш – конструкция юзаси тозаланади, чанг ва бўш қисмлар олиб ташланади, юза текисланади.

2. Грунтовка суртиш – махсус праймер (грунтовка) суртилиб, композит материалнинг яхши ёпишиши таъминланади.

3. Ёпиштирувчи қатлам қўллаш – эпоксидли смола ёки махсус клей юзага суртилади.

4. FRP материалини ўрнатиш – композит тасма ёки мато юзага жойлаштирилиб, маҳкам босиб ёпиштирилади.

5. Қотиш ва ҳимоя – материал тўлиқ қотиши учун вақт керак бўлади ва зарур бўлса ҳимоя қопламаси билан қопланади.

Афзалликлари:

- жуда енгил;
- коррозияга чидамли;
- монтажи тез;
- устун геометрияси ўзгармайди.

Камчиликлари:

- нархи юқори;
- юқори ҳароратга сезгир;
- махсус технология талаб қилади [3, 4, 5].

ISSN 3030-3907

2.2. Полимербетон ёрдамида кучайтириш.

Бу бетон ёки темирбетон конструкцияларни махсус полимер қўшимчали бетон аралашмаси билан мустаҳкамлаш усулидир. Бу материал конструкциянинг шикастланган ёки заиф қисмларини тўлдириб, унинг мустаҳкамлигини, чидамлилигини ва хизмат муддатини оширишга ёрдам беради.



4-расм. Полимербетон ёрдамида кучайтириш

Полимербетон ёрдамида кучайтиришни бажариш босқичлари қуйидагилардан иборат:

1. Юзани тайёрлаш – конструкция юзаси тозаланади, чанг ва шикастланган қисмлар олиб ташланади.
2. Юзани текислаш – зарур бўлса ёриқлар ва бўш жойлар тайёрланади.
3. Полимербетон аралашмасини тайёрлаш – полимер қўшимчали махсус бетон аралашмаси тайёрланади.
4. Полимербетонни қўллаш – аралашма шикастланган ёки кучайтириладиган жойга қуйилади ёки суртилади.
5. Қотиш ва парвариш – материал қотиши учун маълум вақт сақланади ва ҳимоя чоралари кўрилади.

Афзалликлари:

- юқори адгезия
- тез қотади
- мустаҳкамлик юқори

Камчиликлари:

- материал қиммат
- технология мураккаб

ISSN 3030-3907

1-жадвал

Кучайтириш усулларини солиштириш (1-жадвал)

№	Кучайтириш усули	Мустаҳкамлик	Монтаж тезлиги	Нархи	Камчилик
1	Бетон қоплама	Юқори	Ўрта	Арзон	Оғирлик ортиши
2	Пўлат қоплама	Юқори	Тез	Ўрта	Коррозия
3	FRP композит	Жуда юқори	Жуда тез	Қиммат	Ҳароратга сезгир
4	Полимербетон	Ўрта	Тез	Қиммат	Технология мураккаб

Ҳисоблаш методлари:

Темирбетон устуннинг юк кўтариш қобилияти қуйидаги формула орқали аниқланади:

$$N = R_b \cdot A_b + R_s \cdot A_s$$

Бу ерда:

N - юк кўтариш қобилияти

R_b - бетон қаршилиги

A_b - бетон кесими

R_s - арматура қаршилиги

A_s - арматура кесими

FRP билан кучайтиришда:

$$N_{frp} = E_f \cdot A_f \cdot \varepsilon_f$$

Бу ерда:

E_f - композит материал эластиклик модули

A_f - композит материал кесими

ε_f - деформация

График таҳлил

Кучайтириш усулларининг самарадорлиги шартли равишда қуйидаги 2-жадвалда кўришимиз мумкин.

2-жадвал

Усул	Юк кўтариш қобилияти ошиши (%)
Бетон ҳалқа	40–60 %
Пўлат ҳалқа	50–70 %
FRP композит материаллари	60–90 %
Полимербетон	30–45 %

ISSN 3030-3907

Бу маълумотлардан кўриниб турибдики, FRP технологияси энг юқори самарадорликни таъминлайди.

ТАДҚИҚОТ НАТИЖАЛАРИ. Олиб борилган таҳлиллар натижасига кўра:

- анъанавий усуллар иқтисодий жиҳатдан самарали;
- замонавий усуллар технологик жиҳатдан устун;
- FRP материаллари реконструкция ишларида кенг қўлланмоқда;
- устун кесими ўзгармаслиги замонавий усулларнинг муҳим афзаллиги ҳисобланади.

МУҲОКАМА. Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, кучайтириш усулини танлашда қуйидаги омиллар муҳим:

- конструкция ҳолати
- иқтисодий самарадорлик
- қурилиш муддати
- сейсмик шароит
- эксплуатация муҳити

Айниқса сейсмик ҳудудларда композит материаллардан фойдаланиш конструкциянинг пластиклигини оширади.

ХУЛОСА.

1. Темирбетон устунларни кучайтириш бинолар хавфсизлигини таъминлашда муҳим аҳамиятга эга.
2. Анъанавий кучайтириш усуллари арзон ва ишончли ҳисобланади.
3. Замонавий композит материаллар конструкция геометриясини ўзгартирмасдан кучайтириш имконини беради.
4. FRP технологияси юқори самарадорликка эга бўлиб, реконструкция ишларида кенг қўлланилиши мақсадга мувофиқ.
5. Ҳар бир ҳолатда кучайтириш усули техник ва иқтисодий таҳлил асосида танланиши лозим.

АДАБИЁТЛАР РЎЙХАТИ

1. Xotamov A.T., Alimov X.T., Juraev I.E. “Bino va inshootlarning texnik holatini baholash”. O‘quv qo‘llanma. –T.: 2023, 130 bet.
2. Георгиев С. В., Маилян Д.Р., Соловьева А.И. Новый метод усиления железобетонных сжатых колонн, основанный на использовании бетона и композита. Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий 2022. Т. 1. № 2.
3. Grace N.F., Ragheb W.F., Abdel-Sayed G. Development and application of innovative triaxially braided ductile frp fabric for strengthening concrete beams // Composite structures. - 2004 - V. 64. - № 3-4. P. 521-530.

ISSN 3030-3907

4. ACI 440. Guide for the Design and Construction of FRP Systems. 2017
5. Teng J.G. Behaviour and strength of FRP-strengthened RC structures: a state-of-the-art review. Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Structures and Buildings 156(1):51-62 2003.

ISSN 3030-3907

TEKSTIL MOYINI OLISH UCHUN I-12 BAZA MOYINI MAKSIMAL DARAJADA CHUQUR GIDROTOZALASH JARAYONINI LOYIHALASH

Davletov Zafar Quvondiq o‘g‘li
Toshkent kimyo texnologiya instituti
Yusupova Go‘zal Xusan qizi
Olmaliq tehnika instituti
G‘ulomov Shuxratqodir Tashmatovich
Toshkent kimyo texnologiya instituti
Xabipov Ruslan Serverovich
Toshkent kimyo texnologiya institute
Suyunbayev Serik Nurlan o‘g‘li
Toshkent kimyo texnologiya instituti
Mengliyev Sherzod Shoimovich
Toshkent kimyo texnologiya instituti

Annotatsiya. Mazkur tadqiqot ishida tekstil sanoati uchun mo‘ljallangan yuqori tozalikka ega moy olish maqsadida I-12 marka baza moyini maksimal darajada chuqur gidrotozalash jarayonini loyihalash masalasi ko‘rib chiqildi. Tadqiqot davomida baza moyining fizik-kimyoviy xossalari tahlil qilindi hamda gidrotozalash jarayonining asosiy texnologik parametrlari – temperatura, bosim va hajmiy tezlikning mahsulot sifatiga ta’siri o‘rganildi. Olingan natijalar gidrotozalash jarayonida oltingugurt va azot birikmalari miqdori keskin kamayishini hamda aromatik uglevodorodlar miqdori pasayishini ko‘rsatdi. Jarayon natijasida baza moyining rang ko‘rsatkichi yaxshilanib, tekstil sanoati talablariga mos yuqori tozalikka ega moy olish imkoniyati aniqlandi. Tadqiqot natijalari asosida I-12 baza moyini gidrotozalash jarayonining optimal texnologik parametrlari aniqlangan hamda tekstil moylari ishlab chiqarish uchun samarali texnologik yechim taklif etilgan.

Kalit so‘zlar: baza moyi, gidrotozalash, tekstil moyi, gidrodesulfurizatsiya, katalizator, LHSV, neftni qayta ishlash

Аннотация. В данной работе рассмотрена разработка процесса глубокой гидроочистки базового масла марки I-12 с целью получения высокоочищенного масла для текстильной промышленности. Проведен анализ физико-химических свойств исходного сырья, а также исследовано влияние основных технологических параметров процесса гидроочистки – температуры, давления и объемной скорости подачи сырья на качество конечного продукта. Результаты исследования показали значительное снижение содержания сернистых и азотсодержащих соединений, а также

ISSN 3030-3907

уменьшение количества ароматических углеводородов. В результате гидроочистки наблюдается улучшение цветности базового масла и повышение его эксплуатационных характеристик. На основании полученных данных определены оптимальные технологические параметры процесса гидроочистки базового масла I-12, обеспечивающие получение высококачественных масел для текстильной промышленности.

Ключевые слова: базовое масло, гидроочистка, текстильное масло, гидродесульфуризация, катализатор, LHSV, нефтепереработка

Abstract. This study investigates the design of a deep hydrotreating process for I-12 base oil aimed at producing high-purity oils for the textile industry. The physicochemical properties of the feedstock were analyzed, and the influence of key process parameters such as temperature, pressure, and liquid hourly space velocity (LHSV) on product quality was evaluated. The obtained results demonstrated a significant reduction in sulfur and nitrogen compounds as well as a decrease in aromatic hydrocarbons during the hydrotreating process. As a result, the color index and overall quality of the base oil improved considerably. Based on the experimental data, optimal technological parameters for the hydrotreating process were determined, providing an efficient technological solution for producing high-quality textile oils from I-12 base oil.

Keywords: base oil, hydrotreating, textile oil, hydrodesulfurization, catalyst, LHSV, petroleum refining

KIRISH

So‘nggi yillarda tekstil sanoatining jadal rivojlanishi yuqori sifatli texnologik moylarga bo‘lgan talabni keskin oshirdi. Tekstil ishlab chiqarish jarayonlarida ishlatiladigan moylar tolalarni qayta ishlash jarayonida muhim rol o‘ynaydi. Ular ip yigirish, to‘qish va tolalarni qayta ishlash jarayonlarida ishqalanishni kamaytiradi, uskunalarning ishlash barqarorligini ta’minlaydi hamda mahsulot sifatini yaxshilaydi [1]. Shu sababli tekstil sanoatida qo‘llaniladigan moylarning fizik-kimyoviy xossalariga juda yuqori talablar qo‘yiladi.

Tekstil moylari tolalar bilan bevosita aloqa qilganligi sababli ular rangsiz, kimyoviy jihatdan barqaror, oksidlanishga chidamli hamda minimal miqdorda heteroatomli birikmalarni o‘z ichiga olishi kerak. Agar moy tarkibida oltingugurt, azot yoki aromatik uglevodorodlar ko‘p bo‘lsa, ular tolalarning rangini o‘zgartirishi, matolarda dog‘lar hosil qilishi yoki mahsulot sifatini pasaytirishi mumkin [2]. Bundan tashqari, bunday aralashmalar moyning oksidlanish barqarorligini ham yomonlashtiradi.

Neftni qayta ishlash jarayonida olinadigan baza moylari tarkibida turli xil heteroatomli birikmalar mavjud bo‘ladi. Ular asosan quyidagi moddalardan iborat:

ISSN 3030-3907

–oltingugurtli birikmalar (tiollar, sulfidlar, tiofenlar)
– azotli birikmalar (piridin, kinolin hosilalari)
– aromatik uglevodorodlar
– smola va oksidlanish mahsulotlari

Mazkur birikmalar moyning rang ko‘rsatkichini yomonlashtiradi, katalizatorlarni zaharlaydi va oksidlanish jarayonlarini tezlashtiradi [3]. Shu sababli yuqori sifatli texnologik moylar ishlab chiqarishda chuqur tozalash jarayonlari qo‘llaniladi.

Baza moylarini tozalashning bir necha usullari mavjud bo‘lib, ularga selektiv ekstraksiya, adsorbsion tozalash, kislotali tozalash hamda gidrotozalash jarayonlari kiradi. Ammo zamonaviy neftni qayta ishlash sanoatida eng samarali usullardan biri sifatida gidrotozalash (hydrotreating) jarayoni keng qo‘llaniladi [4].

Gidrotozalash jarayoni vodorod muhitida katalizator ishtirokida amalga oshiriladi. Ushbu jarayonda heteroatomli birikmalar vodorod bilan reaksiyaga kirishib gazsimon mahsulotlar – vodorod sulfidi (H_2S), ammiak (NH_3) va suv hosil qiladi. Natijada xomashyo tarkibidagi zararli aralashmalar sezilarli darajada kamayadi [5].

Gidrotozalash jarayonida quyidagi asosiy reaksiyalar sodir bo‘ladi:
– gidrodesulfurizatsiya (HDS)
– gidrodenitrifikatsiya (HDN)
– aromatik uglevodorodlarni gidrogenlash
– olefinlarni to‘yintirish

Mazkur reaksiyalar natijasida baza moyining rang ko‘rsatkichi yaxshilanadi, oksidlanish barqarorligi ortadi va moyning ekspluatatsion xossalari sezilarli darajada yaxshilanadi [6].

Bugungi kunda neftni qayta ishlash sanoatida gidrotozalash jarayonlari turli xildagi katalizatorlar yordamida amalga oshiriladi. Eng ko‘p qo‘llaniladigan katalizatorlar qatoriga Co-Mo/Al_2O_3 va Ni-Mo/Al_2O_3 katalizatorlari kiradi. Bu katalizatorlar yuqori gidrogenlash faolligi va uzoq xizmat muddati bilan ajralib turadi [7]. Ular yordamida og‘ir neft fraksiyalarini ham samarali tozalash mumkin.

Tekstil moylari ishlab chiqarish uchun ishlatiladigan baza moylari odatda past qovushqoqlikka ega bo‘lgan fraksiyalardan olinadi. Shunday fraksiyalardan biri I-12 marka baza moyi hisoblanadi. Ushbu moy o‘rtacha qovushqoqlik xossalariga ega bo‘lib, turli xil texnologik moylar ishlab chiqarishda keng qo‘llaniladi. Biroq uning tarkibida aromatik uglevodorodlar va heteroatomli birikmalar mavjudligi sababli qo‘shimcha tozalash jarayonlari talab etiladi [8].

Tekstil sanoati uchun mo‘ljallangan moylar ishlab chiqarishda maksimal darajada chuqur yoki “тонкий” gidrotozalash jarayonlari qo‘llaniladi. Bunday

ISSN 3030-3907

jarayonlarda xomashyo nisbatan yumshoq sharoitlarda, ammo uzoqroq kontakt vaqti va optimal vodorod sarfi bilan qayta ishlanadi. Bu esa baza moyining strukturaviy uglevodorod tarkibini saqlagan holda zararli aralashmalarni maksimal darajada olib tashlash imkonini beradi.

Shu nuqtai nazardan, I-12 baza moyini gidrotozalash jarayonining texnologik parametrlarini optimallashtirish muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega. Bunday tadqiqotlar tekstil sanoati uchun yuqori sifatli moylar ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirishga yordam beradi.

Mazkur tadqiqot ishining asosiy maqsadi – I-12 marka baza moyini maksimal darajada chuqur gidrotozalash jarayonini loyihalash hamda tekstil moyi ishlab chiqarish uchun optimal texnologik sharoitlarni aniqlashdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun quyidagi vazifalar belgilandi:

- I-12 baza moyining fizik-kimyoviy xossalarini tahlil qilish;
- gidrotozalash jarayonining texnologik sxemasini ishlab chiqish;
- jarayon parametrlarining (temperatura, bosim, hajmiy tezlik) ta’sirini baholash;
- tozalangan mahsulotning sifat ko‘rsatkichlarini aniqlash.

Tadqiqot natijalari tekstil sanoati uchun yuqori tozalikka ega moylar ishlab chiqarish texnologiyalarini rivojlantirishda muhim ahamiyatga ega bo‘lishi kutilmoqda.

MATERIALLAR VA USULLAR

Xomashyo tavsifi

Tadqiqot ishida xomashyo sifatida neftni vakuum distillyatsiyasi va selektiv tozalash jarayonlaridan olingan I-12 marka baza moyi ishlatildi. Mazkur fraksiya o‘rta qovushqoqlikka ega bo‘lib, turli xil texnologik moylar, jumladan tekstil moylari ishlab chiqarishda keng qo‘llaniladi.

Biroq ushbu moy tarkibida aromatik uglevodorodlar, oltingugurt va azotli birikmalar mavjudligi sababli uning sifat ko‘rsatkichlari tekstil sanoati talablariga to‘liq javob bermaydi. Shu sababli I-12 baza moyini chuqur gidrotozalash jarayonida qayta ishlash zarur hisoblanadi [6].

Xomashyoning asosiy fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari laboratoriya sharoitida standart tahlil usullari yordamida aniqlangan.

1-Jadval

I-12 baza moyining fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	Qiymat	Tahlil usuli
Zichlik (20°C)	0.865–0.875 g/cm³	ASTM D4052
Kinematik qovushqoqlik (40°C)	11–13 mm²/s	ASTM D445
Oltingugurt miqdori	0.12–0.16 %	ASTM D4294
Azot miqdori	0.015–0.025 %	ASTM D4629

ISSN 3030-3907

Aromatik uglevodorodlar	18–22 %	ASTM D2007
Rang ko‘rsatkichi	3–4	ASTM D1500

Ushbu ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, I-12 baza moyi tarkibida sezilarli miqdorda aromatik va heteroatomli birikmalar mavjud bo‘lib, ular gidrotozalash jarayonida kamaytirilishi kerak.

Gidrotozalash katalizatori

Gidrotozalash jarayonida kobalt-molibden asosidagi Co-Mo/Al_2O_3 katalizatori qo‘llanildi. Bunday katalizatorlar neftni qayta ishlash sanoatida keng qo‘llaniladi va gidrodesulfurizatsiya hamda gidrodenitrifikatsiya reaksiyalarida yuqori faollikka ega [7].

Katalizator γ-Al_2O_3 tashuvchisi ustiga CoO va MoO_3 oksidlarining impregnatsiyasi orqali tayyorlangan. Reaktor ishga tushirilishidan oldin katalizator vodorod sulfidi va vodorod aralashmasida sulfidlanadi.

2-Jadval

Gidrotozalash katalizatorining asosiy xossalari

Ko‘rsatkich	**Qiymat**
Faol komponentlar	CoO – 3–5 %
	MoO_3 – 12–15 %
Tashuvchi	γ-Al_2O_3
Sirt maydoni	180–220 m^2/g
G‘ovak hajmi	0.40–0.50 cm^3/g
Granula diametri	1.2–1.6 mm

Mazkur katalizator yuqori gidrogenlash faolligi hamda aromatik uglevodorodlarni qisman gidrogenlash qobiliyati bilan ajralib turadi.

Gidrotozalash jarayonining texnologik sxemasi

I-12 baza moyini gidrotozalash jarayoni uzluksiz ishlaydigan reaktor tizimida amalga oshiriladi. Jarayonning umumiy texnologik sxemasi quyidagi asosiy bosqichlardan iborat:

1. Xomashyoni mexanik aralashmalardan tozalash
2. Xomashyoni issiqlik almashtirgichlarda qizdirish
3. Vodorod bilan aralashtirish
4. Katalitik reaktorda gidrotozalash
5. Gaz-suyuqlik aralashmasini separatorlarda ajratish
6. Stabilizatsiya kolonnasida mahsulotni yakuniy tozalash

ISSN 3030-3907

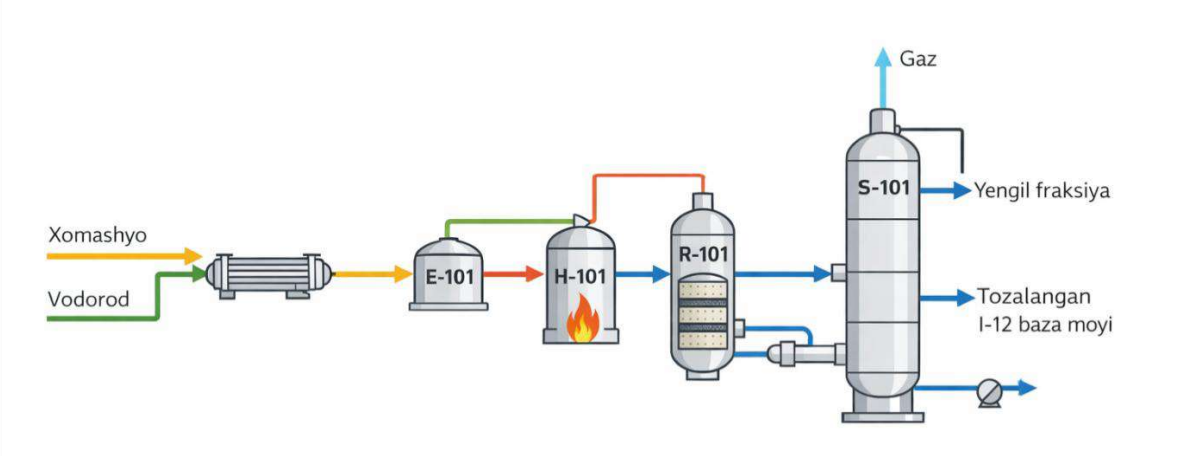


Figura 1. I-12 baza moyini gidrotozalash texnologik sxemasi

Texnologik sxemada xomashyo nasos yordamida issiqlik almashtirgichga yuboriladi va reaktor kirish temperaturagacha qizdiriladi. Keyin u vodorod bilan aralashtirilib, statsionar katalizator qatlamiga ega bo‘lgan reaktorga uzatiladi. Reaktordan chiqqan mahsulot separatorga yuborilib, gaz fazasi (H_2S, NH_3 va ortiqcha vodorod) ajratiladi. Tozalangan moy stabilizatsiya kolonnasida engil fraksiyalardan tozalanadi.

Tajriba qurilmasi

Laboratoriya tajribalari yuqori bosimli gidrotozalash qurilmasida o‘tkazildi. Qurilma quyidagi asosiy elementlardan iborat:

- xomashyo rezervuari
- yuqori bosimli nasos
- vodorod ta’minlash tizimi
- quvurli katalitik reaktor
- separator
- gaz tozalash bloki

Reaktor zanglamaydigan po‘latdan tayyorlangan bo‘lib, ichida granulali katalizator qatlamlari joylashtirilgan.

2-Jadval

Reaktorning asosiy parametrlari

Ko‘rsatkich	**Qiymat**
Reaktor diametri	25 mm
Reaktor balandligi	500 mm
Katalizator hajmi	120 ml
Ishchi bosim	5 MPa gacha

Jarayon parametrlari

Gidrotozalash jarayonining asosiy texnologik parametrlari quyidagilar hisoblanadi:

- temperatura

ISSN 3030-3907

– vodorod bosimi
– hajmiy tezlik (LHSV)
– vodorod/xomashyo nisbati

Tajriba davomida quyidagi parametr diapazonlari o‘rganildi:

4-Jadval.

Tadqiqotda o‘rganilgan texnologik parametrlar

Parametr	**Diapazon**
Temperatura	320–360 °C
Bosim	3–5 MPa
LHSV	0.8–1.5 $soat^{-1}$
Vodorod sarfi	200–350 Nm^3/m^3

Mazkur parametrlar gidrotozalash jarayonining samaradorligini baholash imkonini beradi.

Tahlil usullari

Gidrotozalash jarayonidan olingan mahsulot namunalarining sifat ko‘rsatkichlari quyidagi standart usullar yordamida aniqlangan:

5-Jadval

Ko‘rsatkich	**Tahlil usuli**
Oltingugurt miqdori	ASTM D4294
Azot miqdori	ASTM D4629
Aromatik uglevodorodlar	ASTM D2007
Rang ko‘rsatkichi	ASTM D1500
Qovushqoqlik	ASTM D445

Mazkur usullar neft mahsulotlari sifatini aniqlashda xalqaro miqyosda keng qo‘llaniladi.

Jarayon samaradorligini baholash

Gidrotozalash jarayonining samaradorligi asosan oltingugurt va azot birikmalarining kamayish darajasi bilan baholanadi.

Tozalanish darajasi quyidagi formula yordamida hisoblandi:

$$\eta=(C_0-C)/C_0\times 100$$

bu yerda:

C_0 — xomashyo tarkibidagi aralashma miqdori

C— mahsulot tarkibidagi aralashma miqdori

Natijalar asosida gidrotozalash jarayonining optimal parametrlari aniqlanadi va keyingi bo‘limda tahlil qilinadi.

ISSN 3030-3907

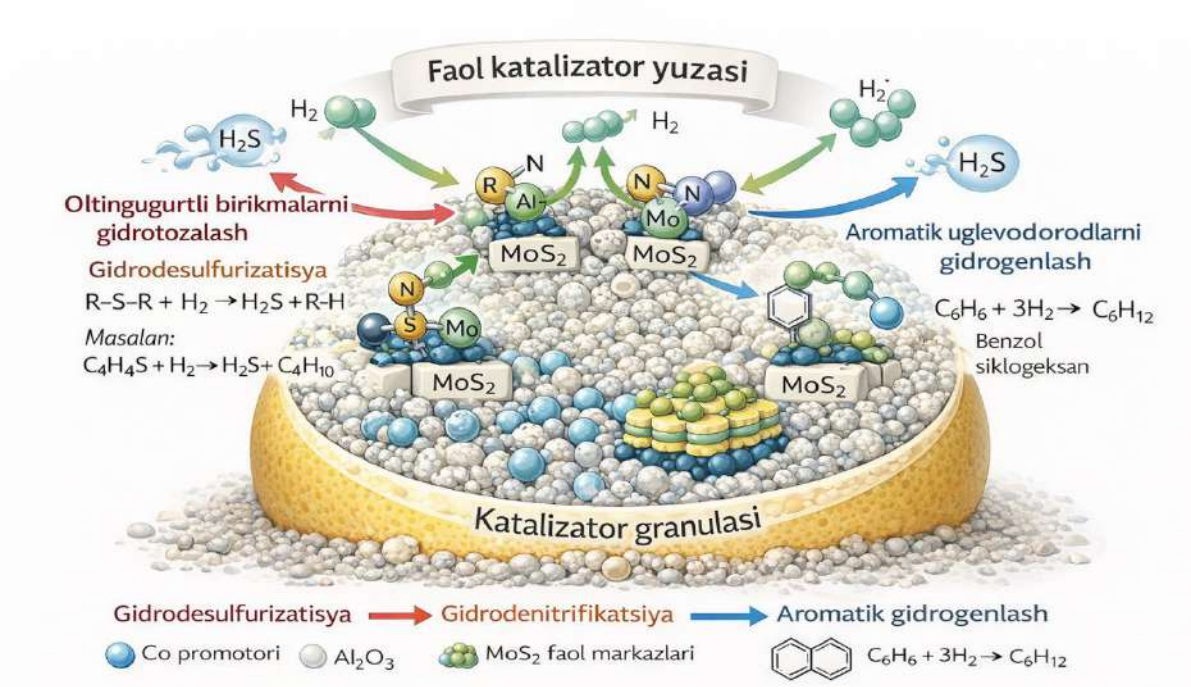


Figura 2. Co–Mo/Al_2O_3 katalizatori yuzasida gidrotozalash jarayonining mexanizmi.

2-figurada Co–Mo/Al_2O_3 katalizatori granulasi yuzasida sodir bo‘ladigan asosiy gidrotozalash reaksiyalari vizual tarzda ko‘rsatilgan. Katalizatorning asosiy tarkibi alyuminiy oksid (Al_2O_3) tashuvchisiga joylashtirilgan molibden sulfidi (MoS_2) faol markazlari va kobalt promotori hisoblanadi. Ushbu faol markazlarda neft fraksiyalaridagi oltingugurtli, azotli va aromatik birikmalar vodorod ishtirokida katalitik gidrogenlanish reaksiyalariga kirishadi. Jarayonning birinchi bosqichida uglevodorod molekulalari katalizator yuzasiga adsorbsiya qilinadi. Shu bilan birga vodorod molekulalari katalizator yuzasida dissotsiyalanib faol atomar vodorodga aylanadi: $H_2 \rightarrow 2H$

Hosil bo‘lgan aktiv vodorod atomlari katalizator yuzasida joylashgan organik birikmalar bilan reaksiyaga kirishadi.

Katalizator yuzasida sodir bo‘ladigan asosiy reaksiyalardan biri gidrodesulfurizatsiya hisoblanadi. Bu jarayonda oltingugurtli birikmalar vodorod bilan reaksiyaga kirishib vodorod sulfidi hosil qiladi:

$$R{-}S{-}R{+}H_2 \rightarrow H_2S{+}R{-}H$$

Masalan, tiofen molekulasi gidrogenlanish natijasida vodorod sulfidi va to‘yingan uglevodorodlarga parchalanadi:

$$C_4H_4S{+}H2 \rightarrow H_2S{+}C_4H_{10}$$

Ikkinchi muhim jarayon gidrodenitrifikatsiya hisoblanadi. Ushbu reaksiyada azotli organik birikmalar vodorod bilan reaksiyaga kirishib ammiak hosil qiladi:

$$R{-}NH_2{+}H_2 \rightarrow NH_3{+}R{-}H$$

Natijada azot birikmalari katalizator yuzasidan gaz fazaga ajralib chiqadi.

ISSN 3030-3907

Bundan tashqari katalizator yuzasida aromatik uglevodorodlarning gidrogenlanish reaksiyalari ham sodir bo‘ladi. Masalan, benzol molekulasi vodorod bilan reaksiyaga kirishib siklogeksanga aylanadi:

$$C_6H_6+3H_2\rightarrow C_6H_{12}$$

Ushbu reaksiyalar natijasida aromatik uglevodorodlar miqdori kamayadi va baza moyining oksidlanish barqarorligi yaxshilanadi.

Reaksiyalar yakunida hosil bo‘lgan mahsulotlar – vodorod sulfidi (H_2S), ammiak (NH_3) va to‘yingan uglevodorodlar katalizator yuzasidan desorbsiya qilib gaz yoki suyuq fazaga o‘tadi. Natijada xomashyo tarkibidagi zararli heteroatomli birikmalar kamayadi va yuqori tozalikka ega baza moyi hosil bo‘ladi.

Shunday qilib, Co–Mo/Al_2O_3 katalizatori yuzasida sodir bo‘ladigan gidrotozalash reaksiyalari neft fraksiyalarini chuqur tozalashda muhim rol o‘ynaydi hamda tekstil sanoati uchun zarur bo‘lgan yuqori sifatli baza moylarini olish imkonini beradi.

NATIJALAR

I-12 baza moyini gidrotozalash jarayonining samaradorligini baholash uchun jarayon parametrlarining (temperatura, bosim va hajmiy tezlik) mahsulot sifatiga ta’siri o‘rganildi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, gidrotozalash jarayoni natijasida heteroatomli birikmalar miqdori sezilarli darajada kamayadi hamda moyning fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari yaxshilanadi.

Gidrotozalash jarayonidan oldingi va keyingi mahsulot tarkibi laboratoriya tahlillari asosida solishtirildi.

6-Jadval

Gidrotozalashdan oldingi va keyingi mahsulot xossalari

Ko‘rsatkich	Xomashyo	Gidrotozalangan mahsulot
Oltingugurt miqdori	0.14 %	0.001–0.002 %
Azot miqdori	0.02 %	<0.001 %
Aromatik uglevodorodlar	20 %	8–10 %
Rang ko‘rsatkichi	3–4	0.5–1
Kinematik qovushqoqlik (40°C)	12 mm^2/s	11.8 mm^2/s

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, gidrotozalash jarayonida heteroatomli birikmalar deyarli to‘liq olib tashlanadi, aromatik uglevodorodlar esa qisman gidrogenlanadi. Shu bilan birga baza moyining qovushqoqlik ko‘rsatkichi deyarli o‘zgarmaydi, bu esa tekstil moylari ishlab chiqarishda muhim ahamiyatga ega.

Temperatura ta’siri

Gidrotozalash jarayonining samaradorligiga eng katta ta’sir ko‘rsatadigan omillardan biri temperatura hisoblanadi. Temperatura oshishi bilan katalitik

ISSN 3030-3907

reaksiyalar tezligi ortadi va oltingugurtli birikmalarni vodorodlash jarayoni tezlashadi.

Tadqiqot natijalari 320–360 °C temperaturalar oralig‘ida o‘rganildi.

7-Jadval

Temperatura ta’sirida oltingugurt miqdorining kamayishi

Temperatura (°C)	Oltingugurt miqdori (%)	Tozalanish darajasi (%)
320	0.045	68
330	0.020	86
340	0.010	93
350	0.004	97
360	0.002	98

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, temperatura oshishi bilan gidrodesulfurizatsiya reaksiyalari tezlashadi va oltingugurt miqdori keskin kamayadi.

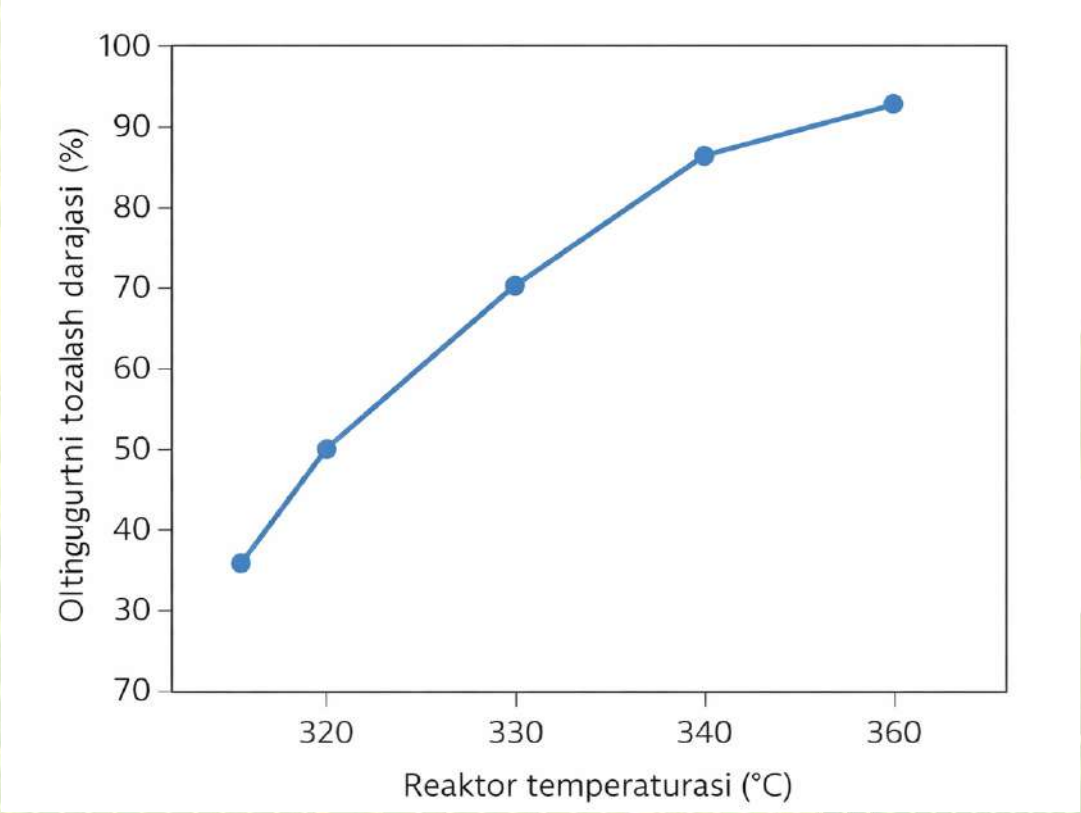


Figura 3. Temperaturaning oltingugurtni tozalash darajasiga ta’siri

Grafikda temperatura oshishi bilan gidrotozalash samaradorligining ortishi ko‘rsatilgan. 320 °C da oltingugurtni tozalash darajasi taxminan 70 % ni tashkil etsa, 350–360 °C temperaturada bu ko‘rsatkich 97–98 % gacha yetadi.

Bosimning ta’siri

Vodorod bosimi gidrotozalash jarayonining muhim parametrlaridan biridir. Bosim ortishi vodorodning katalizator yuzasida adsorbsiyasini kuchaytiradi va gidrogenlash reaksiyalarini tezlashtiradi. Samaradorlik oshadi.

ISSN 3030-3907

7-Jadval

Bosimning aromatik uglevodorodlar miqdoriga ta’siri

Bosim (MPa)	Aromatik uglevodorodlar (%)
3	12
4	10
5	8

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, bosim oshishi bilan aromatik uglevodorodlarning gidrogenlanish darajasi ortadi. Bu esa moyning rang ko‘rsatkichini yaxshilaydi va oksidlanish barqarorligini oshiradi. Aramatik uglevodorodlarni kamayishi qovushqoqlikni ham oshiradi

Hajmiy tezlik (LHSV) ta’siri

Hajmiy tezlik katalizator bilan kontakt vaqtini belgilaydi. LHSV kamayishi bilan xomashyoning katalizator bilan aloqa vaqti ortadi va gidrotozalash jarayoni samaradorligi oshadi.

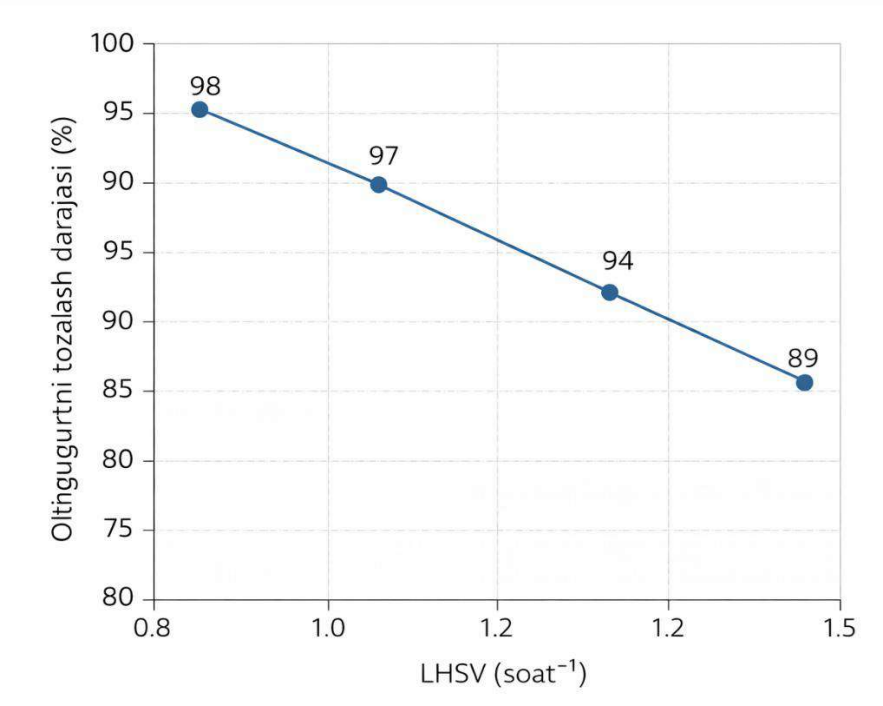


Figura 4 LHSV (hajmiy tezlik)ning tozalanish samaradorligiga ta’siri

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, LHSV kamayishi bilan gidrodesulfurizatsiya samaradorligi ortadi. Biroq juda past hajmiy tezlik sanoat jarayonlarida iqtisodiy samaradorlikni kamaytirishi mumkin.

Optimal jarayon parametrlari

Olingan natijalar asosida I-12 baza moyini gidrotozalash uchun optimal texnologik sharoitlar aniqlangan.

ISSN 3030-3907

8-Jadval

Optimal texnologik parametrlar

Parametr	Optimal qiymat
Temperatura	340–350 °C
Bosim	4–5 MPa
LHSV	1.0 $soat^{-1}$
Vodorod sarfi	300 Nm^3/m^3

Ushbu sharoitlarda baza moyidagi heteroatomli birikmalar miqdori minimal darajaga tushadi va tekstil moylari ishlab chiqarish uchun zarur bo‘lgan sifat ko‘rsatkichlariga erishiladi.

MUHOKAMA

Ushbu tadqiqot natijalari I-12 marka baza moyini gidrotozalash jarayonida texnologik parametrlarning mahsulot sifatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishini tasdiqlaydi. 3-bo‘limda keltirilgan natijalar (Jadval 4–8) shuni ko‘rsatdiki, gidrotozalash jarayonida heteroatomli birikmalar miqdori keskin kamayadi va moyning asosiy fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari sezilarli darajada yaxshilanadi.

Birinchi navbatda, gidrotozalash jarayonida oltingugurtli birikmalarning kamayishi gidrodesulfurizatsiya reaksiyalari hisobiga sodir bo‘ladi. Bu jarayonda oltingugurtli organik birikmalar vodorod bilan reaksiyaga kirishib vodorod sulfidi hosil qiladi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, gidrotozalash jarayonidan so‘ng oltingugurt miqdori 0.14 % dan 0.002 % gacha kamayadi (Jadval 4). Bu ko‘rsatkich gidrotozalash jarayonining yuqori samaradorligini ko‘rsatadi va boshqa tadqiqotlarda keltirilgan ma’lumotlar bilan mos keladi [3].

Temperaturaning jarayon samaradorligiga ta’siri 3.1-bo‘limda ko‘rib chiqildi. Olingan natijalar (Jadval 5 va 2-Figura) shuni ko‘rsatadiki, temperatura oshishi bilan gidrodesulfurizatsiya reaksiyalari tezlashadi. 320 °C da oltingugurtni tozalash darajasi taxminan 70 % ni tashkil etgan bo‘lsa, temperatura 350 °C ga yetganda bu ko‘rsatkich 97 % dan yuqori bo‘ladi. Bu holat katalizator yuzasida sodir bo‘ladigan reaksiyalarning aktivatsiya energiyasi bilan izohlanadi.

Biroq temperaturaning haddan tashqari oshishi gidrokraking reaksiyalarining kuchayishiga olib kelishi mumkin. Bunday sharoitda uglevodorod zanjirlari parchalanib, engil fraksiyalar hosil bo‘ladi. Bu esa baza moyining qovushqoqlik xossalariga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli gidrotozalash jarayonida optimal temperatura diapazoni 340–350 °C atrofida bo‘lishi maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Bosimning ta’siri ham gidrotozalash jarayonida muhim ahamiyatga ega. Vodorod bosimi ortishi bilan aromatik uglevodorodlarning gidrogenlanish darajasi ortadi. Tadqiqot natijalari (Jadval 6) shuni ko‘rsatadiki, bosim 3 MPa dan 5 MPa

ISSN 3030-3907

gacha oshirilganda aromatik uglevodorodlar miqdori 12 % dan 8 % gacha kamayadi. Aromatik birikmalarning kamayishi moyning rang ko‘rsatkichini yaxshilaydi hamda oksidlanish barqarorligini oshiradi.

Hajmiy tezlik (LHSV) ham gidrotozalash jarayonining samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. LHSV kamayishi bilan xomashyoning katalizator bilan kontakt vaqti ortadi. Natijada gidrodesulfurizatsiya va gidrodenitrifikatsiya reaksiyalari chuqurroq sodir bo‘ladi. Jadval 7 ma’lumotlariga ko‘ra, LHSV 1.5 $soat^{-1}$ dan 0.8 $soat^{-1}$ gacha kamayganda oltingugurtni tozalash darajasi 89 % dan 98 % gacha ortadi.

Biroq juda past hajmiy tezlik sanoat qurilmalarining ishlab chiqarish quvvatini kamaytirishi mumkin. Shu sababli texnologik jarayonlarni loyihalashda samaradorlik va iqtisodiylik o‘rtasida optimal muvozanatni tanlash muhim hisoblanadi.

Olingan natijalar asosida gidrotozalash jarayonining optimal texnologik parametrlari aniqlangan (Jadval 8). Ushbu parametrlar quyidagilarni tashkil etadi:

- temperatura: 340–350 °C
- bosim: 4–5 MPa
- LHSV: 1.0 $soat^{-1}$
- vodorod sarfi: 300 Nm^3/m^3

Ushbu sharoitlarda I-12 baza moyining asosiy sifat ko‘rsatkichlari sezilarli darajada yaxshilanadi. Xususan, oltingugurt miqdori ppm darajasigacha kamayadi, aromatik uglevodorodlar miqdori esa ikki martadan ortiq kamayadi.

Tekstil sanoati uchun mo‘ljallangan moylarning asosiy talablaridan biri ularning rangsizligi va kimyoviy barqarorligidir. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, gidrotozalash jarayoni natijasida moyning rang ko‘rsatkichi 3–4 birlikdan 0.5–1 birlikgacha kamayadi. Bu esa tekstil sanoati talablariga mos keladigan yuqori sifatli moy olish imkonini beradi.

Bundan tashqari, gidrotozalash jarayoni baza moyining qovushqoqlik xossalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatmaydi. Jadval 4 ma’lumotlariga ko‘ra, gidrotozalashdan so‘ng qovushqoqlik qiymati deyarli o‘zgarmaydi. Bu esa tekstil moylari ishlab chiqarishda juda muhim hisoblanadi, chunki moyning qovushqoqligi texnologik jarayonlarning barqarorligini belgilaydi.

Shunday qilib, tadqiqot natijalari gidrotozalash jarayonining I-12 baza moyidan yuqori tozalikka ega tekstil moylari ishlab chiqarishda samarali texnologik usul ekanligini ko‘rsatadi. Ushbu jarayon neftni qayta ishlash sanoatida mavjud gidrotozalash qurilmalarida amalga oshirilishi m umkin va katta qo‘shimcha texnologik o‘zgarishlarni talab qilmaydi.

XULOSA

ISSN 3030-3907

Ushbu tadqiqot ishida tekstil sanoati uchun mo‘ljallangan yuqori tozalikka ega moy olish maqsadida I-12 marka baza moyini maksimal darajada chuqur gidrotozalash jarayonini loyihalash masalasi ko‘rib chiqildi. Tadqiqot davomida xomashyoning fizik-kimyoviy xossalari tahlil qilindi, gidrotozalash jarayonining texnologik sxemasi ishlab chiqildi hamda jarayon parametrlarining mahsulot sifatiga ta’siri o‘rganildi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, gidrotozalash jarayoni I-12 baza moyi tarkibidagi heteroatomli birikmalarni samarali ravishda kamaytirish imkonini beradi. Laboratoriya tajribalari natijasida oltingugurt miqdori 0.14 % dan 0.002 % gacha kamaygani aniqlandi. Shu bilan birga azot birikmalari miqdori ham sezilarli darajada kamayib, mahsulot tarkibidagi aromatik uglevodorodlar miqdori ikki martadan ortiq pasaydi. Bunday o‘zgarishlar gidrotozalash jarayonida sodir bo‘ladigan gidrodesulfurizatsiya, gidrodenitrifikatsiya va aromatik uglevodorodlarni gidrogenlash reaksiyalari bilan izohlanadi.

Tadqiqot jarayonida gidrotozalash samaradorligiga temperatura, vodorod bosimi va hajmiy tezlik kabi asosiy texnologik parametrlarning ta’siri o‘rganildi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, temperatura oshishi bilan gidrodesulfurizatsiya reaksiyalari tezlashadi va tozalanish darajasi ortadi. Biroq juda yuqori temperaturalar gidrokraking reaksiyalarini kuchaytirishi mumkin. Shu sababli jarayon uchun optimal temperatura diapazoni 340–350 °C deb belgilandi.

Vodorod bosimining ortishi aromatik uglevodorodlarning gidrogenlanish darajasini oshiradi hamda moyning rang ko‘rsatkichini yaxshilaydi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, 4–5 MPa bosim diapazoni gidrotozalash jarayoni uchun eng maqbul sharoit hisoblanadi. Bundan tashqari, hajmiy tezlikning kamayishi katalizator bilan kontakt vaqtini oshirib, jarayon samaradorligini yaxshilashi aniqlangan. Ammo juda past hajmiy tezlik sanoat qurilmalarining ishlab chiqarish quvvatini kamaytirishi mumkinligi sababli optimal qiymat sifatida 1.0 $soat^{-1}$ qabul qilindi.

Olingan natijalar asosida I-12 baza moyini gidrotozalash jarayonining optimal texnologik parametrlari quyidagicha aniqlangan:

- temperatura: **340–350 °C**
- bosim: **4–5 MPa**
- hajmiy tezlik (LHSV): **1.0 $soat^{-1}$**
- vodorod sarfi: **300 Nm^3/m^3**

Mazkur sharoitlarda baza moyining sifat ko‘rsatkichlari sezilarli darajada yaxshilanadi. Xususan, moyning rang ko‘rsatkichi 3–4 birlikdan 0.5–1 birlikgacha kamayadi, aromatik uglevodorodlar miqdori kamayadi va moyning oksidlanish barqarorligi ortadi. Shu bilan birga gidrotozalash jarayoni moyning qovushqoqlik

ISSN 3030-3907

xossalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatmaydi, bu esa tekstil moylari ishlab chiqarishda muhim ahamiyatga ega.

Shunday qilib, olib borilgan tadqiqotlar natijasida I-12 baza moyini chuqur gidrotozalash asosida tekstil sanoati talablariga javob beradigan yuqori tozalikka ega moy olish mumkinligi ilmiy jihatdan asoslab berildi. Taklif etilgan texnologik yechim mavjud gidrotozalash qurilmalarida amalga oshirilishi mumkin bo‘lib, neftni qayta ishlash sanoatida tekstil moylari ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirish uchun muhim ahamiyatga ega.

Kelgusida olib boriladigan tadqiqotlar gidrotozalash katalizatorlarining faolligini oshirish, aromatik uglevodorodlarni chuqurroq gidrogenlash hamda jarayonning energiya samaradorligini yaxshilash yo‘nalishlarida davom ettirilishi maqsadga muvofiq hisoblanadi.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Robinson, P. R., Dolbear, G. E. *Practical Advances in Petroleum Processing*. Springer, New York, 2006. https://doi.org/10.1007/978-0-387-25789-1

2. Speight, J. G. *The Chemistry and Technology of Petroleum*. 5th ed. CRC Press, Boca Raton, 2014. https://doi.org/10.1201/b16559

3. Tanimu, A., Alhooshani, K. Advanced hydrodesulfurization catalysts: A review of design and recent progress. *Energy & Fuels*, 2019, 33(4), 2810–2838. https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.9b00354

4. Furimsky, E. Catalytic hydrodesulfurization. *Applied Catalysis A: General*, 2000, 199(2), 147–190. https://doi.org/10.1016/S0926-860X(99)00508-5

5. Topsøe, H., Clausen, B. S., Massoth, F. E. *Hydrotreating Catalysis: Science and Technology*. Springer-Verlag, Berlin, 1996.

6. Gil, A., et al. Progress and perspectives in catalytic hydrotreatment technologies. *Industrial & Engineering Chemistry Research*, 2024. https://doi.org/10.1021/acs.iecr.4c00747

7. Kwao, S., et al. Review of current advances in hydrotreating catalyst supports. *Catalysis Today*, 2024.

8. De Paz Carmona, H., et al. Hydrotreating of atmospheric gas oil and co-processing with renewable oils. *Catalysts*, 2021, 11, 357. https://doi.org/10.3390/catal11030357

10. Doukeh, R., et al. Catalytic hydrotreating of bio-oil over CoMo/Al_2O_3 catalysts. *Scientific Reports*, 2021, 11, 85244. https://doi.org/10.1038/s41598-021-85244-z

11. Anthonykutty, J. M., et al. Hydrotreating reactions of tall oil over commercial NiMo catalyst. *Energy Science & Engineering*, 2015. https://doi.org/10.1002/ese3.70

ISSN 3030-3907

12. Zacher, A. H., et al. A review and perspective of recent bio-oil hydrotreating research. *Green Chemistry*, 2014, 16, 491–515. ttps://doi.org/10.1039/C3GC41382A

13. Liu, Z., Zhang, L., Jiang, J. Advancement of hydro-desulfurization catalyst and its application. *Advances in Chemical Engineering and Science*, 2013, 3, 36–46. https://doi.org/10.4236/aces.2013.31004

ISSN 3030-3907

BIR JINSLI NOSTANDART SHAKLNING OG‘IRLIK MARKAZINI ANIQLASH.

Pardayev Obid Raximbobyevich

Jizzax politexnika instituti, professor.v.b.,

Annotatsiya. Ushbu maqolada kultivator o‘qyoysimon panjasi uchraydigan umumiy qarshiligining taxminan 80 % dan ortiq qismi o‘qyoysimon panja tumshug‘iga to‘g‘ri kelishi va shu qarshilik kuchlari ta’sirida tumshug‘ining egilishga uchrashi va abraziv muhitda harakatlanganligi tufayli uning geometrik o‘lchamlarining o‘zgarishi tahlil qilingan.

Kalit so‘zlar: Kultivator, tumshuq, ishchi organ, tortishga qarshilik, namlik, tezlik, abraziv muhit, konstruksiyasi, materiali, qamrov kengligi, ishqalanish.

Аннотация. В данной статье проанализировано, что более 80% общего сопротивления приходится на носке экспериментального рабочего органа культиватора, а также он изгибается под действием этих сил сопротивления и движения в абразивной среде её изменение геометрическую размеров.

Ключевые слова: Культиватор, носка, рабочий орган, тяговое сопротивление, влажность, скорость, абразивная среда, конструкция, материал, ширина захвата, трение.

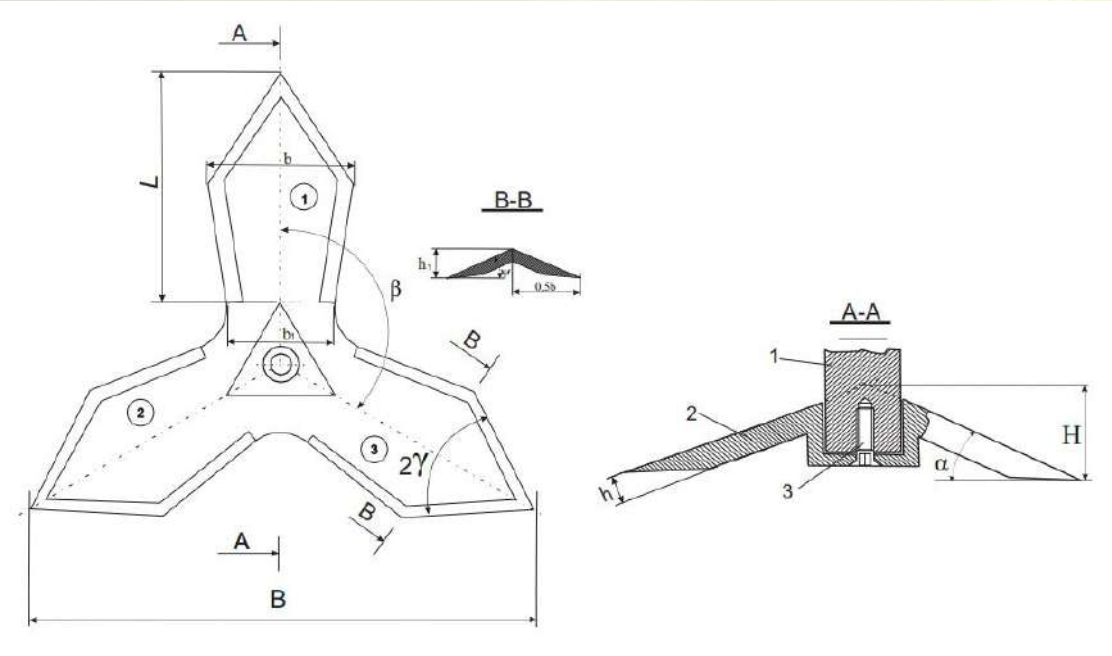
Annotation. This article analyzes that more than 80% of the total resistance falls on the toe of the experimental working element of the cultivator, and it also bends under the action of these forces of resistance and movement in an abrasive environment, changing its geometric dimensions.

Keywords: Cultivator, sock, working element, traction resistance, humidity, speed, abrasive environment, design, material, working width, friction.

KIRISH

Paxta va boshqa ekinlarning vegetatsiya davrida yuqori sifatli ishlov berish muhim ahamiyat kasb etadi. Ta’kidlash lozimki, tuproqqa ishlov beruvchi mashinalar ishchi organlarining yeyilishga chidamliligini orttirish, ularning ishonchliligini ortishiga olib keladi. Resursni oshirish maqsadida “Kultivator uchun aylanma ishchi organ” nomli № FAP 01985 raqamli foydali modelga olingan patent bilan himoyalangan kultivator ishchi organini ishlab chiqildi (1-rasm).

ISSN 3030-3907



1-rasm. Uch iskanali panjaning sxemasi

1-ustun, 2-uch iskanali panja, 3- yashirin kallakli mahsus bolt M12

Eksperimental ishchi organ tumshug‘iga tushadigan tuproq qatlamining og‘irlik kuchi, kuch yelkasi tumshug‘ining egilishida asosiy parametrler hisoblanadi. Yuqorida aytib o‘tilgan parametrlarni aniqlash maqsadida tajribalar “Qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash ilmiy-tadqiqot instituti” dala maydonlarida amalga oshirildi. Tajribada olingan ma’lumotlar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

O‘qyoysimon panjalarning tortishga qarshilik qiymatlari

№	Ko‘rsatkichlarning nomlari va birliklari	Tezliklari	
		5 км/соат	7 км/соат
1	Yangi eksperimental ishchi organ, N	340	430
2	Yangi eksperimental ishchi organ tumshugida, N	276	293

Eksperimental ishchi organ tumshug‘iga ta‘sir etuvchi tuproq qatlamining og‘irlik kuchi va shu og‘irlik kuchi markazi o‘tadi.

Og‘irlik kuchi

$$G = mg$$

Bu yerda: m-tuproq qatlamining massasi (kg); $g = 9{,}8\ m/s^2$ erkin tushish tezlanishi.

Tuproq qatlamining massasi.

$$m = V \cdot \rho$$

V-tuproq qatlamining hajmi (m^3).

$\rho = 1180 - 1360\ kg/m^3$ tuproq qatlamining zinchligi.

ISSN 3030-3907

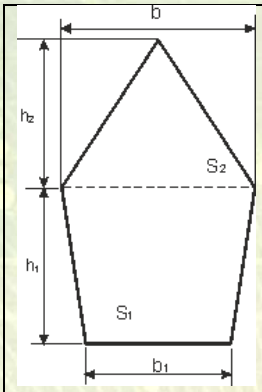
Tuproq qatlamining hajmi

$$V = s \cdot h$$

s-eksperimental ishchi organ tumshug‘i sirtining yuzasi (m^2).

$h = 0{,}12 - 0{,}14$ m tuproq qatlami qalinligi, ishlov berish chuqurligiga teng.

Eksperimental ishchi organ tumshug‘ini ikkita qismga ajratamiz, ya’ni tengyonli trapesiyaga va tengyonli uchburchak ajratamiz (2-rasm).



2-rasm. Eksperimental ishchi organ tumshug‘i sirti yuzasini aniqlashga doir sxema.

Eksperimental ishchi organ tumshug‘i sirti yuzasini bo‘laklarga ajratib aniqlaymiz:

$$S = S_1 + S_2$$

Bu yerda: S_1 −tengyonli trapesiyaganing yuzasi; S_2 −tengyonli uchburchakning yuzasi.

Tengyonli trapesiyaganing yuzasi

$$S_1 = \frac{(b + b_1)}{2} h_1$$

Bu yerda: teng yonli trapesiyaganing

$b = 0{,}78$ m katta asosi; $b_1 = 0{,}7$ m kichik asosi;

$L = h_1 + h_2$ ekanligini $L = 0{,}15$m liginini hisobga olganda

$h_1 = L - h_2 = 0{,}15 - 0{,}056 = 0{,}094$ m balandligi.

$$S_2 = \frac{b \cdot h_2}{2}$$

Bu yerda: b −teng yonli uchburchakning asosi;$h_2 = 0{,}056$ m balandligi.

$$S = \frac{(b + b_1)}{2} h_1 + \frac{b \cdot h_2}{2} = \frac{1}{2}[(b + b_1)h_1 + b \cdot h_2]$$

$$V = S \cdot h = \frac{1}{2} h[(b + b_1)h_1 + b \cdot h_2]$$

$$m = V \cdot \rho = \frac{1}{2} h\rho[(b + b_1)h_1 + b \cdot h_2]$$

$$G = mg = \frac{1}{2} h\rho g[(b + b_1)h_1 + b \cdot h_2] = 0{,}5 \cdot 0{,}13 \cdot 1270 \cdot 9{,}8[(0{,}078 + 0{,}07) \cdot 0{,}094 + 0{,}078 \cdot 0{,}056] = 14{,}79 \text{ N}.$$

Eksperimental ishchi organ tumshug‘ini qismlariga ta’sir etuvchi og‘irlik kuchlarini teng ta’sir etuvchisi ta’sir etayotgan nuqtadan havfli kesimgacha bolgan kuch yelkasini aniqlashimiz lozim.

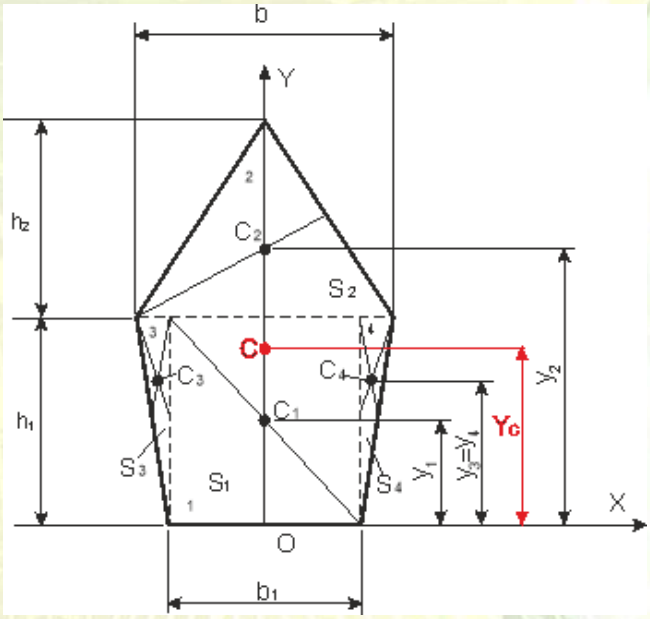
Og‘irlik kuchlarining teng ta’sir etuvchisi ta’sir etayotgan nuqta eksperimental ishchi organ tumshug‘i og‘irlik markazida joylashgan bo‘ladi.

Eksperimental ishchi organ tumshug‘ini og‘irlik markazini aniqlash usullarini ko‘rib chiqamiz va o‘zimizga maqbulini tanlab olamiz.

ISSN 3030-3907

Birinchi usul: simmetriya usuli, simmetriya o‘qiga ega bo‘lgan jismlarning og‘irlik markazi simmetriya o‘qida joylashgan bo‘ladi;
Ikkinchi usul: bo‘laklarga ajratish usuli;
Uchinchi usul: tajriba usuli.

Eksperimental ishchi organ tumshug‘i simmetriya o‘qiga ega demak uning og‘irlik markazi simmetriya o‘qida joylashgan bo‘ladi. Ikkinchi va uchinchi usullardan og‘irlik markazini aniqlaymiz va og‘irlik markazini simmetriya o‘qida yotish yoki yotmasligiga qarab xulosa qilamiz.



3-rasm. Eksperimental ishchi organ tumshug‘ini og‘irlik markazini aniqlash sxemasi.

Eksperimental ishchi organ tumshug‘i murakkab shaklga ega bo‘lganligi uchun uning og‘irlik markazini og‘irlik markazlari ma’lum bo‘lgan to‘rtta bo‘laklarga ajratamiz (3-rasm). 1 to‘g‘rito‘rtburchak, 2 tengyonli uchburchak, 3 va 4 to‘g‘ri burchakli uchburchaklar, bu bo‘laklar yuzalarini mos ravishda S_1, S_2, S_3, S_4 deb olib, bo‘laklarning xususiy og‘irlik markazlarini C_1, C_2, C_3, C_4 deb belgilaymiz. Xususiy og‘irlik markazlarini C_1, C_2, C_3, C_4 larning koorditalarining y o‘qidagi proyeksiyalarini mos ravishda y_1, y_2, y_3, y_4 deb belgilaymiz va ularning qiymatlarini aniqlaymiz.

$$y_1 = \frac{h_1}{2} = \frac{0{,}094}{2} = 0{,}047 \text{ m}$$

$$y_2 = h_1 + \frac{h_2}{3} = 0{,}094 + \frac{0{,}056}{3} = 0{,}113 \text{ m}$$

$$y_3 = y_4 = h_1 - \frac{h_1}{3} = 0{,}094 - \frac{0{,}094}{3} = 0{,}0627 \text{ m}$$

$$S_1 = b \cdot h_1 = 0{,}078 \cdot 0{,}094 = 0{,}073 \text{ m}^2$$

$$S_2 = \frac{b \cdot h_2}{2} = \frac{0{,}078 \cdot 0{,}056}{2} = 0{,}0022 \text{ m}^2$$

ISSN 3030-3907

$$S_3 = S_4 = \frac{(b - b_1) \cdot h_1}{2} = \frac{(0{,}078 - 0{,}07) \cdot 0{,}094}{2} = 0{,}0004\ m^2$$

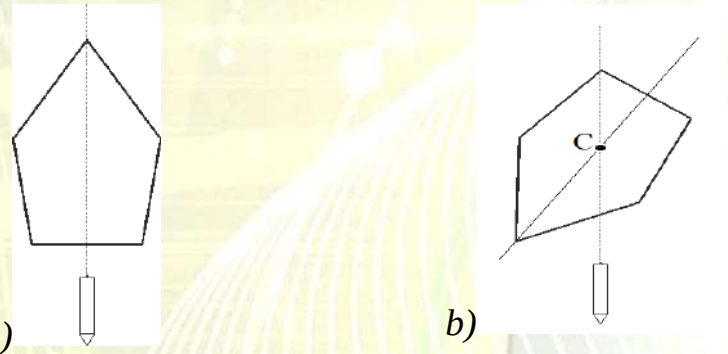
Yuqorida aniqlangan qiymatlardan foydalanib og‘irlik markazi koordinatasini y o‘idagi proyeksiyasini aniqlaymiz.

$$Y_C = \frac{y_1S_1 + y_2S_2 + y_3S_3 + y_4S_4}{S_1 + S_2 + S_3 + S_4}$$

$$Y_C = 0{,}086\ m.$$

Yuqorida aniqlangan qiymatni to‘g‘ri aniqlanganiga ishonch hosil qilish uchun, og‘irlik markazi roordinatasini tajriba usulida aniqlaymiz.

Buni uchun eksperimental panja tumshug‘ini ikkita joyidan shayn (otves) bilan ikki marta osamiz va otves iplari kesishgan nuqta og‘irlik markazi koordinatasi bo‘ladi. (3-rasm).



a) *b)*

3-rasm. Eksperimental ishchi organ tumshug‘ini og‘irlik markazini tajriba usulida aniqlash sxemasi.

XULOSA.

Eksperimental ishchi organining yeyilish dinamikasini tadqiq qilish, ya’ni ishchi organga ta’sir etuvchi statik va dinamik kuchlarni salbiy ta’siri to‘g‘risida aniq ma’lumotlarni olish imkonini beradi. Bu olingan natijalar tajribalarda asoslangan.

Ushbu maqolada kultivator o‘qyoysimon panjasi uchraydigan umumiy qarshiligining taxminan 80 % dan ortiq qismi o‘qyoysimon panja tumshug‘iga to‘g‘ri kelishi va shu qarshilik kuchlari ta’sirida tumshug‘ining egilishga uchrashi va abraziv muhitda harakatlanganligi tufayli uning geometrik o‘lchamlarining o‘zgarishi tahlil qilingan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Нуриев К.К. Повышение эксплуатационно-технологических показателей почвообрабатывающих машин хлопководческого комплекса.: Дисс. ... док. тех. наук. – Янгиюль, 2005. – 540 с.

2. Yo.T.Kuvandikovning “Kultivator panjasining yeyilish dinamikasini tadqiq qilish va yuqori resursli konstruksiyasini yaratish” mavzusidagi Texnika fanlari

ISSN 3030-3907

bo‘yicha falsafa doktori (PhD) ilmiy darajasini olish uchun tayyorlangan dissertatsiya ishi. Andijon, 2024.-107 b.
3. Кувандиков Ё.Т. Обоснование длины носка и высоты скалы поворотного рабочего органа культиватора // Universum: технические науки. – 2024. – Т. 2. – №. 1 (118). – С. 15-18.
4. Яблонский.А.А., и др. Сборник заданий для курсовых работ по теоретической механике. Учеб. Пособие для техн. Вузов/ М.: Высш. Шк.,1985.-49 с.
5. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. – Москва: «Высшая школа», 1998 г. – 135 с.

ISSN 3030-3907

STATIKANING MUVOZANAT TENGLAMALARI YORDAMIDA TORTISHGA QARSHILIK KUCHINI ANIQLASH

Pardayev Obid Raximbobyevich
Jizzax politexnika instituti, professor.v.b.
Kuvandikov Yokub Tursunbayevich
Jizzax politexnika instituti, dotsent.v.b. (PhD)
E-mail: yokubjonyokubjon399@gmail.com

Annotasiya. Ushbu maqolada ekinlarning qator oralariga ishlov berishda ishlatiladigan o‘qyoysimon panja o‘rniga taklif etilayotgan eksperimenta ishchi organga ta’sir etadigan qarshilik kuchining miqdori nazariy jihatdan aniqlangan va amaldagi mavjud o‘qyoysimon panja bilan qiyoslab tahlil qilinganligi haqidagi ma’lumotlar berilgan hamda qarshilik kuchining tezlikga bog‘liqligi to‘g‘risida diagramma keltirilgan.

Kalit so‘zlar. Tuproq, o‘qyoysimon panja, yonilg‘i sarfi, tortishga qarshiligi, harakat tezligi, tuproq zinchligi, tuproq qattiqligi va tuproq namliga.

Аннотация. В статье приведены сведения по теоретическому определению величины силы сопротивления, действующей на экспериментальный рабочий орган, который предлагается использовать вместо серийной стрельчатой лапы, применяемой при обработке рядов сельскохозяйственных культур, и её сравнение с существующей серийной стрельчатой лапы, а также схема, показывающая представлена зависимость силы сопротивления от скорости.

Ключевые слова: почва, стрельчатая лапа, расход топлива, тяговое сопротивление, скорость движение, плотность почва, твёрдость почва и влажность почва.

Abstract. The article presents information on the theoretical determination of the magnitude of the resistance force acting on the experimental working element, which is proposed to be used instead of the serial arrow paw used in the processing of rows of agricultural crops, and its comparison with the existing serial arrow paw, as well as a diagram showing the dependence of the resistance force on speed.

Keywords: soil, arrow paw, fuel consumption, traction resistance, speed of movement, soil density, soil hardness and soil moisture.

KIRISH

Kultivator panjasining tortishga qarshiligi uning energiya hajmdorligini baholaydi. Shuning uchun uning qiymati mumkin qadar kam bo‘lishi lozim. Shundan kelib chiqib o‘qyoysimon panjaning tortishga qarshiligini tadqiq etamiz. Ekinlardan, ayniqsa paxtadan yuqori hosil olishga qaratilgan agrotexnik tadbirlar ichida g‘o‘za qator oralariga ishlov berish juda muhim o‘rin tutadi. Chunki qator

ISSN 3030-3907

oralariga ishlov berish 4-5 oy davom etadi. KXU-4M chopiq kultivatorini ishchi organlari doimo tuproq bilan yopiq kontaktda bo‘lganligi sababli ular juda og‘ir sharoitlarda ishlaydi. Kultivator ishchi organlariga tushadigan tuproq qarshiligi yig‘ilib traktorga tushadigan umumiy qarshilikni tashkil etadi. Traktorga tushadigan umumiy qarshilik chopiq kultivatorlarini tezligiga, ishchi organlar soniga ishlov berish chuqurligiga uzviy bog‘liq bo‘ladi.

1-jadval

KXU-4M chopiq kultivatori ishchi organlarining nomi va soni

№	Ishchi organlar nomi va modeli	Ishchi organlar soni, dona	
		60 sm qator oralari uchun	90 sm qator oralari uchun
1	2	3	3
1	Takomillashtirilgan yulduzcha: o‘ng chap	4 4	4 4
2	Yumshatgich lappak (KMX-81)	8	8
3	165 mm. Pichoqlar: o‘ng (NKU-46) chap (NKU-47)	4 4	8 8
4	Yumshatgich panja (KMX-570)	7	7
5	O‘qyoysimon panja	5	5
6	Yumshatgich panja (KMX-540)	21	29
7	O‘g‘it soshnigi (KMX-62 A)	4	4
8	Ariqochgich (KXU-21.000)	5	5
	Jami	66	74

Traktorga tushadigan umumiy qarshilik ortgan agregat ramasiga tushadigan yuklanish ortishi sababli har xil nuqsonlar kelib chiqadi va yonilg‘i-moylash mahsulotlari sarfi ham ortib boradi. Bizning Respublikamizga yonilg‘i-moylash mahsulotlarining katta qismi xorijdan keltiriladi. Bu yetishtiriladigan mahsulotning tannaxini oshib ketishiga sabab bo‘ladi. Shularni hisobga olib biz o‘qyoysimon panjaning tortishga qarshiligini aniqlaymiz.

Ma’lumki KXU-4M chopiq kultivatorining umumiy yonilg‘i sarfi kultivator ishchi organlari soniga bevosita bog‘liq bo‘ladi. KXU-4M chopiq kultivatori ishchi organlar nomi va soni 1-jadvalda keltirilgan.

Ishchi organlarni kerakli chuqurlikda yuradigan qilib sozlash uchun kultivator seksiyalarining tayanch g‘ildiraklari tagiga taxtachalar qo‘yiladi. Bu taxtachalarning qalinligi kerakli ishlov berish chuqurligidan 1-2 sm kam bo‘lishi kerak (g‘ildiraklarning tuproqqa botish chuqurligi). hisobga olish uchun ishchi

ISSN 3030-3907

organlarni joylashtirishdan avval barcha seksiyalarning shtangalari gorizontal holga keltiriladi.

O‘qyoysimon panjaning tortishga qarshiligi uning energiya hajmdorligini baholaydi. Agar ishchi organ qanchalik ko‘p qarshilikka uchrasa traktor shunchalik yuklanadi va yonilg‘i moylash mahsulotlari sarfi ortadi. Har xil ekinlar uchun mexanizatsiyalashtirilgan ishlarda sarflanadigan yonilg‘ining foiz miqdori 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

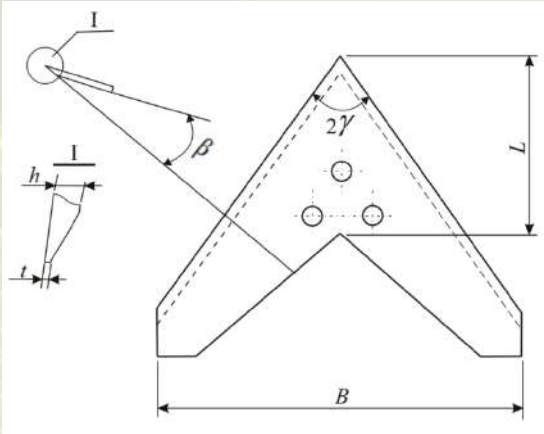
Mexanizatsiyalashtirilgan ishlarda yonilg‘i moylash mahsulotlarini ekinlar turi bo‘yicha sarflanishi

Ekinning nomi	Mexanizatsiyalashtirilgan ishning nomi			
	Shudgorda %	Ekish %	Qator oralariga ishlov berish %	Hosilni yig‘ish %
Makkajo‘xori-don uchun	40	15	13	32
Makkajo‘xori-silos uchun	32	13	11	44
Kungaboqar	40	16	13	31
Paxta	31	13	40	16
Bug‘doy	61	11	9	19

2-jadvaldan ko‘rishimiz mumkinki paxta yetishtirishda uning qator oralariga ishlov berishda sarflanadigan yonilg‘i miqdori 40% yerni shudgorlashda 31% ni tashkil etmoqda, sabab shundaki paxta ekish uchun yer bir marta shudgorlanadi, qator oralariga esa besh martagacha ishlov beriladi. Shuning uchun ishchi organlar loyihalanayotganda qarshilik kuchlarini umumiy miqdorini mumkin qadar kam bo‘lishiga erishish lozim. Shundan kelib chiqib o‘qyoysimon panjaning tortishga qarshiligini tadqiq etamiz. O‘qyoysimon panja paxta egatlari tubiga 120-140 mm chuqurlikda ishlov berganda yopiq kesish sharoitida ishlaydi.

Bu olingan ifoda tahlili shuni ko‘rsatadiki, ekinlar qator oralariga (pushta) ishlov beradigan agregat o‘qyoysimon panjasining tortishga qarshiligi 1-rasmda ko‘rsatilgan parametrlari (B_o, γ, β, l, V), ishlov berish chuqurligi (h), agregatning harakat tezligi (V) hamda tuproqning fizik-mexanik xossalari (T, φ_1, φ_2, ε_{yo}, ψ_{yo}) ga bog‘liq ekan.

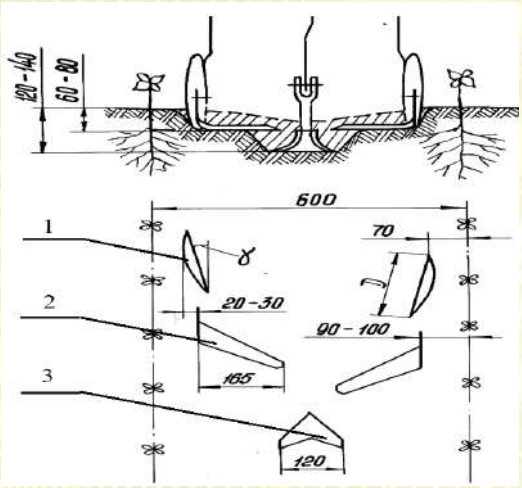
ISSN 3030-3907



L-tumshug‘ining uzunligi; B-qamrash kengligi; t-tig‘ining qalinligi; *β*-uvalanish burchagi; *γ*-ochilish burchagi.

1-rasm. O‘qyoysimon panjaning qarshilik kuchiga ta’sir etuvchi asosiy parametrlari.

KXU-4M kultivatori ishchi organlarining joylashishi 2-rasmda keltirilgan, ishchi organlarning umumiy soni kultivatorning bajaradigan vazifasiga va g‘o‘za qator oralariga bog‘liq ravishda o‘zgarib turadi.



1-sferik disk; 2-bir tamonlama pichoq; 3-o‘qyoysimon panja

2-rasm. KXU-4M kultivatori ishchi organlarining joylashishi.

Agar g‘o‘za qator oralaridagi masofa 600 mm bo‘lsa ishchi organlar soni kamroq, shunga mos ravishda yonilg‘i sarfi ham kamroq bo‘ladi. Agar g‘o‘za qator oralaridagi masofa 900 mm bo‘lsa ishchi organlar soni ko‘proq, shunga mos ravishda yonilg‘i sarfi ham ko‘proq, bo‘ladi.

Pushtalar egatlarining tubiga ishlov berilganda tuproqning o‘qyoysimon panja ta’siri ostidagi deformatsiyasi ularning yonbag‘irlariga ham tarqaladi va u, ya’ni yig‘ma ishchi organ bilan ishlov berishda ta’sir etuvchi kuch va agregat tezligi orasidagi bog‘lanish 2-rasmda keltirilgan.

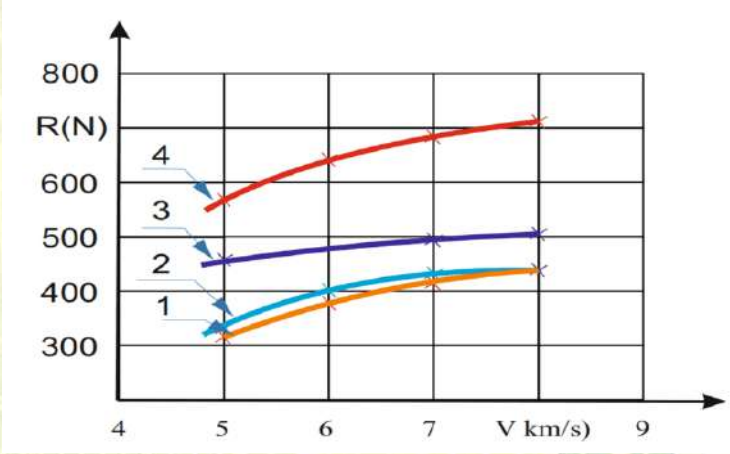
Panja pushtalar egatlari tubiga ishlov berganda yopiq kesish sharoitida ishlaydi. Bunday sharoitda ishlaydigan uch iskanali panjaning tortishga qarshiligini quyidagi ifoda bo‘yicha aniqlash mumkin [1;-53-b.]:

ISSN 3030-3907

$$R_y = \left\{\frac{T \cdot t_t^{o`} \cdot b_{o`}}{\sin\gamma_{o`}} + \frac{1}{2}[\tau_k]S_k\right\} \cdot \left[b_{o`} - S_y\frac{\cos(\gamma_{o`} + \varphi_1)}{\cos\varphi_1} \cdot \sin\gamma_{o`}\right] \cdot (\sin\gamma_{o`} + \varphi_1) + \sin\varphi_1\cos\gamma_{o`}) +$$
$$+ b_{o`}h\rho\left\{h_k^{o`}g\frac{\sin\alpha_{o`} + \operatorname{tg}\varphi_1(\cos\gamma_{o`}\operatorname{ctg}\gamma_{o`} + \sin\gamma_{o`}\cos\gamma_{o`})}{\cos\alpha_{o`}(\cos\alpha_{o`} - \operatorname{tg}\varphi_1\sin\gamma_{o`}\sin\alpha_{o`})} + \right.$$
$$\left. + \upsilon^2\frac{\sin^2\gamma_{o`}[\sin\alpha_{o`} + \operatorname{tg}\varphi_1\sin\gamma_{o`}(\operatorname{ctg}\gamma_{o`} + \cos\alpha_{o`})]}{\operatorname{ctg}\alpha_{o`} - \operatorname{tg}\varphi_1\sin\gamma_{o`}}\right\}\left(\frac{100 + W}{100}\right) \quad (1)$$

bunda: T-tuproqning qattiqligi, Pa; t_T – ish organi tig‘ining qalinligi, m; $[\tau_k]$-siljish tekisligi bo‘yicha hosil bo‘ladigan urinma kuchlanishning chegaraviy qiymati, Pa; $b_{o`}$-o‘qyoysimon panja qanotining kengligi, m; h-ishlov berish chuqurligi, m; ρ – tuproqning zichligi, kg/m^3; g – erkin tushish tezlanishi, m/s^2; W – tuproqning namligi, %.

(1) ifoda yuzasi tekis dala sharoitida ishlaydigan o‘qyoysimon panja uchun keltirib chiqarilgan.



3-rasm. Qator oralariga ishlov berishda o‘qyoysimon panjaga ta’sir etuvchi kuch va agregat tezligi orasidagi bog‘lanish

1. Resursi tugagan amaldagi o‘qyoysimon panja; 2. Yangi eksperimental ishchi organ; 3. Resursi tugagan eksperimental ishchi organ; 4.Yangi amaldagi o‘qyoysimon panja.

Pushta egatlarining tubiga ishlov berilganda tuproqning o‘qyoysimon panja ta’siri ostidagi deformatsiyasi ularning yonbag‘irlariga ham tarqaladi va u, ya’ni uch iskanali panja bilan ishlov berishda ta’sir etuvchi kuch va agregattezligi orasidagi bog‘lanish 3-rasmda keltirilgan[2].

Bu grafikdan ko‘rinadiki, bir xil chuqurlikda ishlov berishda pushtalar orasiga ishlov berayotgan o‘qyoysimon panja, tekis dalada ishlayotganga nisbatan ko‘proq hajmdagi tuproqni deformatsiyalaydi.

Buni hisobga olganda (1) ifoda quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi

ISSN 3030-3907

$$R = Tt_t\, b_{,} + [\tau_к]\frac{\left[b\ \cos\frac{1}{2}(\alpha_б + \varphi_1 + \varphi_2) + htg(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_2}{2})\right]h}{\cos\frac{1}{2}(\alpha\ + \varphi_1 + \varphi_2)} \times$$

$$\times\left[\sin\frac{1}{2}(\alpha_{,} + \varphi_1 + \varphi_2) + f\cos\frac{1}{2}(\alpha\ + \varphi_1 + \varphi_2)\cos\alpha\ \right] +$$

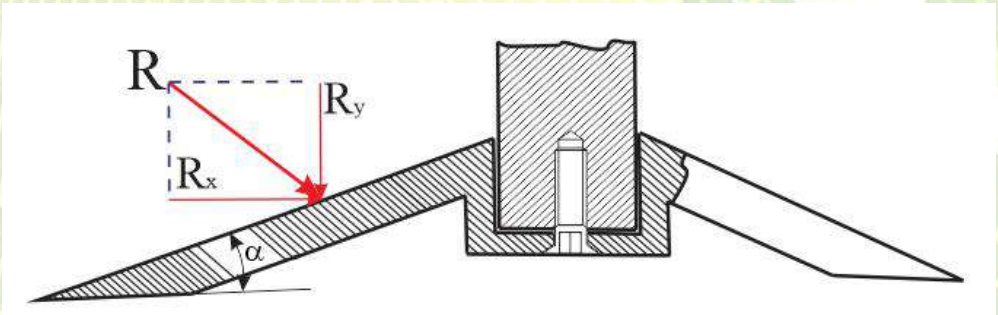
$$+ \rho h\left\{b\ \pi\cdot\left(\frac{1}{2} - \frac{\alpha}{180^\circ}\right)gtg(\alpha\ + \varphi_1) + \left[b\ \cos\frac{1}{2}(\alpha_б + \varphi_1 + \varphi_2) + htg(\frac{\pi}{4} - \frac{\varphi_2}{2})\right]\times\right.$$

$$\left.\times V^2\frac{\sin\alpha\ \sin(\alpha\ + \varphi_1)}{\cos\varphi_1}\right\}(1 + \frac{W}{100}), \quad (2$$

bunda ψ_{yo} – tuproqning yonbosh sinish burchagi, gradus; ε_{yo} – pushta yonbag‘rini gorizontga nisbatan og‘ish burchagi, gradus.

Bu olingan ifoda tahlili shuni ko‘rsatadiki, pushtalar orasiga ishlov beradigan mashina o‘qyoysimon panjasining tortishga qarshiligi uning parametrlari ($V_{t‘}$, γ, β, l_u), ishlov berish chuqurligi (h), agregatning harakat tezligi (V) hamda tuproqning fizik-mexanik xossalari (T, φ_1, φ_2, ε_{yo}, ψ_{yo}) ga bog‘liq ekan.

Yuqorida olingan natijalar hamda ilgarigi o‘tkazilgan tadqiqotlar asosida B = 0,26 m, γ=35º, α = 11º, T =0,9·10^6 Pa, t_T= 0,001 m, h = 0,12 m; $[\tau_k]$=1,7·10^4 Pa, l_u = 0,05 m; ρ =1,38 kg/m^3; W = 17,2%; φ_1 =30º, φ_2 = 40º, ψ_{yo}=60º, ε_{yo}=32º qabul qilinib, (2) ifoda bo‘yicha o‘tkazilgan hisoblar agregatning 5-7 km/soat tezlikda harakatlangada o‘qyoysimon panjaga ta’sir etadigan qarshilik kuchining ordinata o`qidagi taskil etuvchisi R_y=0,35-0,45 kN ni tashkil etishini ko‘rsatdi.



4-rasm. Kultivator o‘qyoysimon panjaga ta’sir etuvchi qarshilik kuchini aniqlashfa oid sxema.

Demak, o‘tkazilgan tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, kultivator o‘qyoysimon panjasining tortishga qarshiligi uning parametrlari, ishlov berish chuqurligi, agregatning harakat tezligi va tuproqning fizik-mexanik xossalariga bog‘liq bo‘lib, agregat 5-7 km/soat tezlikda harakatlanganda bitta eksperimental ishchi organga ta’sir etadigan qarshilik kuchi 4-rasmdagi sxemadan foydalanib $R = R_y \cdot \cos\alpha = R_y \cdot 11^0$ dan 340-430 N ekanligi kelib chiqadi.

ISSN 3030-3907

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Кувандиков Ё. Т. ИССЛЕДОВАНИЕ ВЫБОРА ПРАВИЛЬНОЙ ШИРИНЫ РАБОЧЕГО ИНСТРУМЕНТА ДЛЯ КУЛЬТИВАТОРОВ //Universum: технические науки. -2024. -Т. 2. – №. 3 (120). – С. 40-42.
2. Кувандиков Ё. Т. Обоснование длины носка и высоты скалы поворотного рабочего органа культиватора //Universum: технические науки. – 2024. – Т. 2. – №. 1 (118). – С. 15-18.
3. Кувандиков Ё. Е., Кобилов Б. У. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОДНОСЛОЙНЫХ СЕРИЙНЫХ СТРЕЛЬЧАТЫХ ЛАП ЧИЗЕЛЕЙ ПРИ ИЗНОСЕ //Universum: технические науки: электрон. научн. журн. – 2022. – Т. 6. – С. 99.
4. Нуриев К. К., Кувандиков Ё. Т., Кабилов Б. У. У. ИССЛЕДОВАНИЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ЛЕЗВИЯ СЕРИЙНОЙ СТРЕЛЬЧАТОЙ ЛАПЫ КУЛЬТИВАТОРА ПРИ АБРАЗИВНОМ ИЗНОСЕ //Universum: технические науки. – 2023. – №. 11-2 (116). – С. 50-53.
5. Кувандиков Я. KULTIVATOR O ‘QYOYSIMON PANJALARINING YEYILISHINI O ‘RGANISHDA AXBOROT TEXNOLOGIYA-LARIDAN FOYDALANISH //Потомки Аль-Фаргани. – 2024. – №. 2. – С. 87-90.
6. Katibovich N. K., Tursunbaevich K. Y. AMALDA ISHLATILAYOTGAN O ‘QYOYSIMON PANJALAR VA EKSPERIMENTAL PANJALARNING QIYOSIY SINOVLARINING NATIJALARI //Eurasian Journal of Academic Research. – 2024. – Т. 4. – №. 6-1. – С. 133-139.

ISSN 3030-3907

УДК 005.95/.96:316.344.34:004

МНОГОУРОВНЕВАЯ МОДЕЛЬ ЦИФРОВОГО РАЗРЫВА: МЕХАНИЗМЫ ВОСПРОИЗВОДСТВА НЕРАВЕНСТВА В ОРГАНИЗАЦИЯХ

Блинникова Анна Валерьевна

К.ф.н., доцент; кафедра прикладной информатики и документоведения
факультет бизнес-коммуникаций и информатики,
ФГБОУ ВО Иркутский государственный университет,
SPIN-код: 5672-7289,
ORCID: 0000-0001-8553-2679
г.Иркутск, Россия
Annoy@list.ru

Аннотация. В статье исследуется феномен цифрового разрыва как системного фактора социальной стратификации внутри современных организаций. Автор проводит междисциплинарный анализ, синтезируя теорию коммуникативного действия Ю. Хабермаса, концепцию цифрового капитала П. Бурдье и трехуровневую модель неравенства Я. ван Дейка. Особое внимание уделяется механизмам формирования «цифрового габитуса» и «культуры безопасности» как инструментов обеспечения субъектности персонала в условиях надзорного капитализма. Обосновывается необходимость перехода от техноцентрических подходов к гибридным управленческим стратегиям инклюзии. Результаты работы включают практические рекомендации по трансформации образовательных программ для восстановления рационального дискурса и повышения социальной мобильности уязвимых групп сотрудников.

Ключевые слова: цифровое неравенство, менеджмент организации, управление персоналом, цифровой капитал, социальная стратификация, цифровой габитус, культура цифровой безопасности, цифровая инклюзия, социальная мобильность, человеческий капитал, информационное общество, алгоритмическое управление

Abstract. The article examines the phenomenon of the digital divide as a systemic factor of social stratification within modern organizations. The author conducts an interdisciplinary analysis, synthesizing J. Habermas's theory of communicative action, P. Bourdieu's concept of digital capital, and J. van Dijk's three-level model of inequality. Attention is paid to the mechanisms of forming a "digital habitus" and a "culture of digital security" as tools for ensuring personnel agency under the conditions of surveillance capitalism. The necessity of transitioning from techno-centric approaches to hybrid management strategies for digital inclusion is

ISSN 3030-3907

justified. The results of the work include practical recommendations for transforming educational programs to restore rational discourse and increase the social mobility of vulnerable employee groups.

Keywords: digital inequality, organizational management, human resource management, digital capital, social stratification, digital habitus, digital security culture, digital inclusion, communicative action, social mobility, human capital, information society, algorithmic management

Annotatsiya. Maqolada raqamli bo‘linish hodisasi zamonaviy tashkilotlar ichidagi ijtimoiy tabaqalanishning tizimli omili sifatida ko‘rib chiqiladi. Muallif J. Habermasning kommunikativ harakatlar nazariyasini, P. Burdyening raqamli kapital kontseptsiyasini va J. van Deykning tengsizlikning uch bosqichli modelini sintez qilib, fanlararo tahlil o‘tkazadi. Kuzatuv kapitalizmi sharoitida kadrlar agentligini ta'minlash vositalari sifatida "raqamli odat" va "raqamli xavfsizlik madaniyati"ni shakllantirish mexanizmlariga e'tibor qaratiladi. Raqamli inklyuziya uchun texnosentrik yondashuvlardan gibrid boshqaruv strategiyalariga o‘tish zarurati asoslanadi. Ish natijalari ratsional nutqni tiklash va zaif xodimlar guruhlarining ijtimoiy harakatchanligini oshirish uchun ta'lim dasturlarini o‘zgartirish bo‘yicha amaliy tavsiyalarni o‘z ichiga oladi.

Kalit so‘zlar: raqamli tengsizlik, tashkiliy boshqaruv, inson resurslarini boshqarish, raqamli kapital, ijtimoiy tabaqalanish, raqamli odat, raqamli xavfsizlik madaniyati, raqamli inklyuziya, kommunikativ harakatlar, ijtimoiy harakatchanlik, inson kapitali, axborot jamiyati, algoritmik boshqaruv

ВВЕДЕНИЕ.

«Современная цифровая трансформация организаций порождает структурные изменения, которые требуют переработки управленческих практик и стратегий. Доступ к цифровым ресурсам становится ключевым фактором конкурентоспособности и социальной мобильности сотрудников, что делает цифровой разрыв важной управленческой проблемой» [1].

Цель данного исследования в сфере менеджмента — выйти на стратегический уровень анализа, где цифровой разрыв интерпретируется не только как логистическая проблема доступа к технологиям, но и как фундаментальный элемент формирования цифрового капитала сотрудников, определяющий качество управляемости и эффективность образовательных программ внутри организации. Подобный подход требует от менеджеров разработки гибридных стратегий, которые сочетали бы инфраструктурное обеспечение, развитие профессиональных компетенций и внедрение культуры безопасности информации.

ISSN 3030-3907

В рамках данного анализа мы рассматриваем феномен цифрового разрыва через призму миссии организации и базовых управленческих функций: планирования, организации, мотивации, контроля и управления человеческим капиталом (HRM). Особый акцент сделан на влияние цифрового неравенства на процессы принятия управленческих решений, разработку корпоративной политики инклюзии и формирование корпоративного габитуса безопасности. Такой аналитический фокус позволяет перейти от описательной картины социальной стратификации к формированию практических рекомендаций для менеджеров по реализации стратегий цифровой инклюзии и обеспечению устойчивого развития персонала.

В рамках данного анализа мы рассматриваем цифровой разрыв через призму управленческого миссии и функций: планирования, организации, мотивации, контроля и управления человеческим капиталом, с акцентом на влияние на процессы принятия решений, разработку политики инклюзии и формирование корпоративного габитуса безопасности, который позволяет перейти от описательной картины к практическим рекомендациям для менеджеров по реализации цифровой инклюзии и устойчивого развития персонала.

В контексте задач исследования выделяются: (1) характеристика многоуровневой модели цифрового разрыва в организациях; (2) обоснование роли цифрового габитуса и культуры безопасности для повышения эффективности управления персоналом; (3) анализ трансформации дискурса в рамках теории коммуникации Хабермаса и его применимость к стратегиям информирования и контроля; (4) оценка эффективности и рисков гибридных моделей цифровой инклюзии в условиях надзорного капитализма и корпоративной ответственности.

ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВАНИЯ.

Классическая модель цифрового неравенства Я. ван Дейка [1], адаптированная к анализу организационной структуры, и теория коммуникативного действия Ю. Хабермаса [1] рассматриваются в контексте эффективности внутрикорпоративных коммуникаций. Концепция цифрового капитала на основе П. Бурдье [9] применяется как инструмент оценки кадрового потенциала, а критика надзорного капитализма Ш. Зубофф [14] — для понимания рисков систем HR-мониторинга и управления персоналом. Интегрированы также отечественные разработки: архитектура цифрового неравенства Е.Л. Вартановой [3], концепция цифрового габитуса А.В. Блинниковой (как индикатора корпоративной культуры безопасности) [1] и

ISSN 3030-3907

анализ региональных инфраструктурных диспропорций Н.В. Зубаревич для управления распределенными командами [6].

МЕТОДОЛОГИЯ. синтез управленческого, социологического и философского знания, теоретико-сравнительный анализ организационных политик, управленческая рефлексия и компаративное сопоставление моделей внутрикорпоративной цифровой инклюзии.

Практическая значимость: критерии оценки стратегий инклюзии, рекомендации по гибридным моделям (инфраструктура + критическое образование + универсальный дизайн), особый акцент сделан на формирование рефлексивного цифрового габитуса в корпоративной образовательной среде для выстраивания рационального управленческого дискурса и обеспечения внутренней социальной мобильности сотрудников.

РЕЗУЛЬТАТЫ

1. Теоретическая рамка и механизмы цифровой стратификации

Современная управленческая мысль, начиная с фундаментальных работ Я. ван Дейка, отказывается от упрощенного понимания цифрового разрыва как дихотомии «наличие/отсутствие доступа к рабочему месту» [13]. В настоящем исследовании выделяются три уровня редукции коммуникативных возможностей персонала, каждый из которых последовательно усугубляет внутрикорпоративную стратификацию. Первый, инфраструктурный уровень, характеризуется отсутствием физического доступа сотрудников к корпоративным сетям и оборудованию (ICT), что создает базовый барьер участия в организационных процессах. Второй, когнитивно-компетентностный уровень, проявляется в дефиците цифровых навыков персонала, включая компетенции эффективного поиска, фильтрации и критического анализа рабочих данных, что особенно актуально в условиях корпоративного информационного изобилия [8; 13]. Третий, результативный уровень, отражает неспособность сотрудников конвертировать эти навыки в реальный карьерный (социальный) и экономический капитал (выполнение KPI), превращая техническую ограниченность в устойчивую корпоративную маргинализацию [12; 13].

Интеграция категорий «цифровой габитус» и «культура цифровой безопасности», предложенных в исследованиях А.В. Блинниковой, существенно обогащает эту управленческую модель [1]. Цифровой габитус сотрудника понимается как система инкорпорированных когнитивных и поведенческих диспозиций, формируемых в процессе рутинного взаимодействия с корпоративными ИТ-системами и определяющих границы профессиональной видимости субъекта. Эта категория объясняет, почему

ISSN 3030-3907

формальный доступ к рабочим программам не гарантирует эффективности: линейные сотрудники с низким цифровым габитусом склонны к пассивному исполнению, некритическому доверию интерфейсам и добровольному самораскрытию данных [9]. Культура кибербезопасности выступает рефлексивным режимом субъектности работника, включающим осознанное управление рисками и метарефлексию над системами HR-мониторинга [2]. Без развитого габитуса уязвимые группы персонала превращаются в «прозрачных субъектов» корпоративного надзора, усиливая стратификацию [14].

Внутрикорпоративная образовательная среда (T&D) играет детерминирующую роль в формировании этих категорий. Как показывает анализ, цифровизация HR-процессов (LMS-платформы, системы учета рабочего времени, shadow IT) часто нормализует уязвимый габитус: сотрудники привыкают к автоматическому согласию с условиями мониторинга, игнорируя риски профилирования. Формальное обучение цифровой грамотности, фокусируясь на технических инструкциях, не развивает критическую рефлексию, перенося паттерны подчиненности в рабочую среду [8]. В результате система развития персонала может стать диспозитивом воспроизводства неравенства, где дефицит культуры безопасности закрепляет линейных работников как объекты алгоритмического контроля менеджмента.

Центральный тезис анализа опирается на теорию коммуникативного действия Ю. Хабермаса, где идеальная управленческая ситуация предполагает достижение консенсуса через рациональный внутрикорпоративный дискурс. Цифровой разрыв вводит систематические искажения: ограниченный доступ к платформам принятия решений лишает часть персонала участия в обмене аргументами, превращая коммуникативное пространство компании в иерархизированную структуру, пропорциональную цифровому капиталу. В условиях неравенства коммуникация подменяется стратегическим действием — манипуляцией метриками и доминированием руководства. Здесь цифровой габитус выступает ключевым медиатором: топ-менеджмент с высоким габитусом стратегически формирует повестку, в то время как персонал с дефицитом культуры безопасности потребляет алгоритмически спущенные директивы [10].

Философская оппозиция «жизненный мир — система» по Хабермасу обретает особую остроту в цифровом HR-менеджменте. Жизненный мир — сфера неформальной корпоративной культуры и аутентичной командной коммуникации — подвергается колонизации системой, воплощенной в ERP-

ISSN 3030-3907

алгоритмах и жестких регламентах. Цифровой разрыв ускоряет этот процесс: сотрудники без качественного доступа и критических навыков становятся наиболее уязвимыми для системного микроменеджмента, где цифровая среда превращается из инструмента коллаборации в инструмент тотального контроля. Культура цифровой безопасности здесь критически важна, поскольку позволяет сотрудникам сохранять профессиональную автономию.

Интегрируя подход П. Бурдье, цифровой капитал сотрудника трактуется как специфическая форма профессионального и символического капитала, неравное распределение которого порождает новую кадровую стратификацию [7; 9]. Управленческая ИТ-элита обладает стратегическим доступом, навыками формирования повестки и высоким габитусом, конвертируя корпоративные данные во влияние. «Цифровой пролетариат» ограничен операционным использованием технологий, становясь объектом сбора HR-метрик без субъектности в процессе принятия решений. Дефицит культуры безопасности усугубляет это: неквалифицированные группы подвержены корпоративному фишингу и потере контроля над своим цифровым следом.

Цифровой разрыв в менеджменте — это не технический сбой, а форма организационного отчуждения, деградирующая эффективность командной работы и усиливающая барьеры между уровнями управления [4; 13]. Трансформация корпоративных коммуникаций требует переосмысления стратегий HR-инклюзии с акцентом на развитие цифрового габитуса и культуры безопасности через реформирование систем обучения персонала [1; 15].

2. Ключевые стратегии цифровой инклюзии: от инфраструктуры к культуре участи

Современные управленческие стратегии цифровой инклюзии представляют собой многоуровневую систему HR- и ИТ-мер, направленных на сокращение корпоративного цифрового разрыва и обеспечение равных возможностей для сотрудников в цифровой среде организации. Несмотря на разнообразие корпоративных инициатив, их можно свести к трем базовым управленческим моделям — техноцентрической (инфраструктурной), образовательной (T&D) и инклюзивной, каждая из них акцентирует внимание на определенной фазе цифрового развития организации: от обеспечения материального доступа персонала к рабочим сетям до формирования рефлексивного цифрового габитуса и корпоративной культуры цифровой безопасности [2].

ISSN 3030-3907

Таблица 1.

Сопоставление ключевых моделей*

Модель	Основной фокус	Преимущества	Ограничения
Техноцентрическая	Покрытие 5G/Wi-Fi, выдача устройств	Быстрое масштабирование инфраструктуры	Риск «вторичного разрыва»: устройства есть, но навыков их использования нет
Образовательная	Курсы цифровой грамотности, воркшопы	Долгосрочный эффект, социальная мобильность	Высокая стоимость обучения одного человека, медленный темп
Инклюзивный дизайн	Веб-доступность (WCAG), голосовые интерфейсы	Устранение физических и когнитивных барьеров	Требует высокой квалификации разработчиков и жесткого регулирования

*составлено авторами по результатам исследования

Техноцентрическая управленческая стратегия ориентируется на инфраструктурные инвестиции: обеспечение широкополосного доступа на рабочих местах, выдачу корпоративных устройств, развитие высокоскоростных сетей в филиалах. Этот подход быстро масштабируется на уровне компании, но нередко воспроизводит «вторичный разрыв», так как физическое оснащение не сопровождается ростом профессиональных компетенций персонала.

Образовательная HR-стратегия смещает фокус к когнитивному уровню — обучению сотрудников цифровой грамотности, развитию критического мышления и культуры кибербезопасности, без которых невозможно эффективное и осознанное участие работников во внутрикорпоративных коммуникациях.

ISSN 3030-3907

Инклюзивный дизайн корпоративных ИТ-систем, соответствующий принципам универсального доступа, обеспечивает устранение физических и когнитивных барьеров, формируя рабочую среду, где каждый сотрудник становится полноправным участником цифрового взаимодействия.

Совокупность этих трех управленческих моделей отражает движение от базового материального обеспечения ИТ-ресурсами к формированию «цифрового гражданства» внутри компании — состоянию, в котором корпоративная инфраструктура, профессиональные знания и информационная безопасность становятся единым основанием для эффективного управления человеческим капиталом.

ДИСКУССИЯ.

Многоуровневая модель цифрового разрыва, предложенная Я. ван Дейком, позволяет рассматривать кадровое неравенство не как простое отсутствие ИТ-доступа, а как сложную систему организационной стратификации. Первый уровень связан с материальными барьерами — отсутствием рабочей инфраструктуры и оборудования. Второй — с когнитивным дефицитом: нехваткой цифровых компетенций и критического мышления для осознанной навигации в корпоративной медиасреде. Третий — результативный — проявляется в неумении конвертировать цифровые навыки в экономический (выполнение KPI) и социальный (карьерный) капитал, что закрепляет зависимость линейного персонала. Совокупность этих уровней образует механизм структурной детерминации, где технологические различия перерастают в устойчивую корпоративную маргинализацию.

Концепции цифрового габитуса и культуры цифровой безопасности, продвигаемые А.В. Блинниковой, существенно расширяют объяснительный потенциал этой управленческой модели. Цифровой габитус сотрудника — это система устойчивых поведенческих диспозиций, формирующихся в процессе взаимодействия с корпоративными ИТ-средами. Он определяет, как работник интерпретирует технологии, доверяет рабочим интерфейсам, управляет вниманием и конфиденциальностью данных. Культура цифровой безопасности представляет собой форму профессиональной рефлексивности, позволяющую выстраивать баланс между эффективностью бизнес-процессов и защитой коммерческой тайны. Низкий уровень этих компетенций делает сотрудников «прозрачными пользователями» HR-мониторинга, превращая их данные в ресурс для извлечения ценности руководством.

Корпоративное обучение (L&D) является ключевым пространством формирования цифрового габитуса. Как показано в исследованиях

ISSN 3030-3907

Блинниковой, образовательная среда компании, насыщенная системами контроля (LMS, прокторинг), нередко закрепляет «уязвимый габитус» — привычку к тотальному надзору и безусловному согласию с алгоритмическими правилами. Формальное повышение квалификации, не сопровождаемое развитием культуры кибербезопасности, приводит к воспроизводству кадрового неравенства: специалист с техническими навыками, но без критического мышления, остается зависимым от цифровых структур.

Внутриорганизационный цифровой разрыв — следствие институциональной неподготовленности менеджмента формировать рефлексивный цифровой габитус и культуру безопасности персонала. Без их развития невозможно преодолеть искажения коммуникативного действия (по Ю. Хабермасу) и восстановить дискурсивное равенство в команде: вместо консенсуса формируется стратегическое действие, жестко управляемое корпоративными алгоритмами. Развитие персонала, нацеленное на критический габитус, становится решающим инструментом HR-инклюзии и цифровой справедливости.

Цифровой разрыв структурируется по трем уровням по модели Я. ван Дейка, каждый из которых последовательно усугубляет организационную стратификацию и искажает управленческое взаимодействие.

Таблица 2.

Многоуровневая модель цифрового разрыва*

Уровень разрыва	**Характеристика**	**Характеристики неравенства**	**Связь с габитусом и культурой безопасности**	**Последствия для стратификации**
Материальный	Отсутствие физического доступа к инфраструктуре ICT, высокоскоростным сетям, устройствам	Региональные диспропорции, экономические барьеры (сельские районы, малоимущие)	Низкий габитус нормализует shadow IT и небезопасные практики подключения	Базовое исключение из цифровой публичной сферы
Когнитивный	Дефицит цифровых компетенций: поиск,	Различия в образовании, возрасте, гендере;	Дефицит культуры безопасности: некритическое	Пассивное потребление вместо активного

ISSN 3030-3907

	фильтрация, критический анализ информации	отсутствие цифровой грамотности	доверие алгоритмам, уязвимость к фишингу	участия в дискурсе
Результативный	Неспособность конвертировать навыки в социальный/экономический капитал	Неравенство в использовании: развлечения vs карьерный рост, гражданское участие	Низкий цифровой габитус препятствует стратегическому использованию платформ	Закрепление в роли «цифрового пролетариата», потеря субъектности

*Многоуровневая модель цифрового разрыва и ее стратификационные последствия (составлена по Я. ван Дейку, адаптирована с учетом «цифрового габитуса» А.В. Блинниковой)

Эта структура демонстрирует, как технические различия трансформируются в устойчивые корпоративные иерархии: от базового доступа к рабочим платформам до способности формировать повестку управленческого дискурса.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ.

В результате проведённого исследования установлено, что феномен внутрикорпоративного цифрового разрыва утратил исключительно техническое измерение и приобрёл системный характер, превращаясь в ключевой механизм воспроизводства организационной стратификации. Владение цифровыми компетенциями, критическим мышлением и культура корпоративной информационной безопасности становятся базовым условием внутренней социальной мобильности сотрудников и их полноценного участия в бизнес-процессах. Сегодня именно цифровой капитал персонала определяет не только уровень доступа к корпоративным данным, но и степень профессиональной видимости и включённости команд в принятие управленческих решений. Цифровое неравенство напрямую влияет на конфигурацию власти и лидерства в современной цифровой организации.

Трансформация коммуникативного действия, описанная Ю. Хабермасом, в условиях цифровизации бизнеса проявляется в искажении внутрикорпоративного дискурса: ограниченные в цифровых ресурсах группы линейного персонала утрачивают возможность равноправного участия, превращаясь из субъектов деятельности в объекты жесткого управления HR-алгоритмами. Отсутствие сформированного цифрового

ISSN 3030-3907

габитуса и слабая культура кибербезопасности усиливают этот разрыв: сотрудники без рефлексивных навыков становятся частью «добровольного паноптикума» систем мониторинга, где тотальная прозрачность перед менеджментом воспринимается как норма. Следовательно, политика корпоративной цифровой инклюзии должна рассматриваться руководством не только как локальная задача ИТ-подразделений, но как стратегический проект культурной трансформации всей компании.

Для восстановления рационального управленческого дискурса необходимо реализовать системные меры: обеспечить универсальный доступ всех подразделений к базовой цифровой инфраструктуре; реформировать программы корпоративного обучения (L&D), целенаправленно развивая критический габитус и рефлексию информационной безопасности; внедрять инклюзивный дизайн рабочей среды (UX/UI внутренних ИТ-сервисов). Конечной управленческой целью является становление партисипативной модели менеджмента, в которой цифровые технологии способствуют расширению вовлеченности и инициативы персонала, а не усилению тотального контроля над ним.

Корпоративный цифровой разрыв сегодня — это не временный технический сбой на пути к автоматизации, а устойчивый механизм стратификации, перераспределяющий доступ к знаниям, коммуникации и профессиональному признанию, преодоление которого требует создания институциональных условий, при которых цифровая среда становится ресурсом для всех. Ликвидация этого барьера становится центральным условием сохранения конкурентоспособности и устойчивости бизнеса в XXI веке, где карьерные возможности определяются не только должностью, но и способностью персонала безопасно мыслить и эффективно действовать в цифровом контуре организации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блинникова, А.В. Цифровая платформа общественного контроля в образовании: роль социального маркетинга и пилотный проект / А.В. Блинникова — Текст : непосредственный // Социодинамика. 2026. № 1. С. 30-52. DOI: 10.25136/2409-7144.2026.1.77097 EDN: CKWJET URL: https://nbpublish.com/library_read_article.php?id=77097.
2. Бурнашев, Р. Ф. Философские основы концепции безопасности личности в эпоху цифровизации / Р. Ф. Бурнашев, М. О. Асророва. — Текст : непосредственный // Universum: общественные науки. — 2023. — № 11 (102).
3. Вартанова, Е. Л. Меняющаяся архитектура цифрового неравенства в России / Е. Л. Вартанова, А. В. Гладкова. — Текст : непосредственный //

ISSN 3030-3907

Вестник Московского университета. Серия 10, Журналистика. — 2021. — № 1. — С. 3–29.
4. Добринская, Д. Е. Цифровой капитал: к вопросу о содержании понятия / Д. Е. Добринская // Вестник Московского университета. Серия 18. Социология и политология. — 2021. — Т. 27, № 2. — С. 107–125. URL: https://vmu-socpol.elpub.ru/jour/article/view/281 (дата обращения: 13.03.2026).
6. Добролюбова, Е. И. Цифровая трансформация государственного управления: оценка результативности и эффективности / Е. И. Добролюбова, В. Н. Южаков, А. Н. Старостина. Москва : Издательский дом «Дело» РАНХиГС, 2021. — 234 с. — ISBN 978-5-85006-271-2.
7. Зубаревич Н.В. Развитие российского пространства: барьеры и возможности региональной политики // Мир новой экономики. 2017. №2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/razvitie-rossiyskogo-prostranstva-bariery-i-vozmozhnosti-regionalnoy-politiki (дата обращения: 13.03.2026).
8. Радаев, В. В. Понятие капитала / В. В. Радаев. — Текст : непосредственный // Общественные науки и современность. — 2003. — № 2. — С. 20–32. EDN: OUSMNJ.
9. Цифровая экономика: 2024 : краткий статистический сборник / Г. И. Абдрахманова, С. А. Васильковский, К. О. Вишневский [и др.] ; Нац. исслед. ун-т «Высшая школа экономики». — М. : НИУ ВШЭ, 2024. — 124 с.
10. Bourdieu, P. Distinction: A Social Critique of the Judgement of Taste / P. Bourdieu. — London : Routledge, 2010. — 640 p.
11. Habermas, J. The Theory of Communicative Action. Vol. 2. Lifeworld and System: A Critique of Functionalist Reason / J. Habermas. — Boston : Beacon Press, 1987. — 464 p.
12. Helsper, E. J. The Digital Disconnect: The Social Causes and Consequences of Digital Inequalities / E. J. Helsper. — London : SAGE, 2021. — 248 p.
13. Van Dijk, J. A. G. M. The Digital Divide / J. A. G. M. Van Dijk. — Cambridge : Polity Press, 2020. — 200 p.
14. Zuboff, S. The Age of Surveillance Capitalism: The Fight for a Human Future at the New Frontier of Power / S. Zuboff. — New York : PublicAffairs, 2019. — 704 p.
15. Ragnedda, M. The Digital Divide: The Internet and Social Inequality in International Perspective / ed. by M. Ragnedda, G. W. Muschert. — London : Routledge, 2013. — 344 p.

ISSN 3030-3907

СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ТЕХНОЛОГИЙ СНИЖЕНИЯ СОДЕРЖАНИЯ ОЛЕФИНОВ И БЕНЗОЛА ПРИ ПОЛУЧЕНИИ ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ БЕНЗИНОВ

Уринбоев Темурбек Жалолдин угли

Стажёр-исследователь кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, Ташкентский химико-технологический институт.

Ходиева Илёсбека Акрам угли

Магистр кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, Ташкентский химико-технологический институт.

Нуриддинов Нуриддинбек Мурод угли

Студент кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, Ташкентский химико-технологический институт.

Шокиржонов Дилмурод Одилжон угли

Студент кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, Ташкентский химико-технологический институт.

Менглиев Шерзод Шоимович

PhD, доцент кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, Ташкентский химико-технологический институт.

Игамкулова Наргиса Абдувалиевна

К.х.н., доцент кафедры Химической технологии переработки нефти и газа, Ташкентский химико-технологический институт.

Abstract. The article considers modern technological approaches to reducing the content of olefins and benzene in the production of environmentally friendly automotive gasoline. An analysis of the influence of these components on the environmental and operational characteristics of motor fuels has been carried out. It is shown that an increased content of benzene and olefinic hydrocarbons worsens the environmental performance of gasoline and limits its compliance with modern international environmental standards. The main methods for reducing the content of these compounds are considered, including hydrotreating, selective hydrogenation, isomerization and combined processing of gasoline fractions. It has been established that the use of combined technological schemes makes it possible to reduce the benzene content to 0.5–0.7 % and the olefin content to 8–10 % while maintaining high operational properties of gasoline. It is shown that the use of modern refining processes ensures that automotive gasoline meets the requirements of the Euro-5 environmental standard. The obtained results can be used to improve motor fuel production technologies at oil refineries.

ISSN 3030-3907

Keywords: automotive gasoline, benzene, olefins, environmentally friendly fuel, hydrotreating, selective hydrogenation, isomerization, Euro-5 standard.

Annotatsiya. Maqolada ekologik toza avtomobil benzinlarini olishda olefinlar va benzol miqdorini kamaytirishning zamonaviy texnologik usullari ko‘rib chiqilgan. Ushbu komponentlarning motor yonilg‘ilarining ekologik va ekspluatatsion xususiyatlariga ta’siri tahlil qilingan. Benzol va olefin uglevodorodlarining yuqori miqdori benzinlarning ekologik ko‘rsatkichlarini yomonlashtirishi va ularning xalqaro ekologik standartlarga mosligini cheklashi ko‘rsatilgan. Benzin tarkibidagi ushbu birikmalar miqdorini kamaytirishning asosiy usullari, jumladan gidroochistka, selektiv gidrogenizatsiya, izomerizatsiya va benzin fraksiyalarini kompleks qayta ishlash jarayonlari tahlil qilingan. Kombinatsiyalangan texnologik sxemalarni qo‘llash benzol miqdorini 0.5–0.7 %, olefinlar miqdorini esa 8–10 % gacha kamaytirish imkonini berishi aniqlangan. Zamonaviy qayta ishlash jarayonlarini qo‘llash avtomobil benzinlarining Euro-5 ekologik standarti talablariga mos kelishini ta’minlashi ko‘rsatilgan. Olingan natijalar neftni qayta ishlash korxonalarida motor yonilg‘ilarini ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirishda qo‘llanilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: avtomobil benzini, benzol, olefinlar, ekologik toza yonilg‘i, gidroochistka, selektiv gidrogenizatsiya, izomerizatsiya, Euro-5 standarti.

Аннотация. В статье рассмотрены современные технологические подходы к снижению содержания олефинов и бензола при получении экологически чистых автомобильных бензинов. Проведён анализ влияния данных компонентов на экологические и эксплуатационные характеристики моторных топлив. Показано, что повышенное содержание бензола и олефиновых углеводородов ухудшает экологические показатели бензинов и ограничивает их соответствие современным международным стандартам. Рассмотрены основные методы снижения содержания указанных соединений, включая гидроочистку, селективную гидрогенизацию, изомеризацию и комбинированные процессы переработки бензиновых фракций. Установлено, что наиболее эффективным направлением является использование комбинированных технологических схем, обеспечивающих снижение содержания бензола до 0.5–0.7 % и олефинов до 8–10 % при сохранении высоких эксплуатационных свойств бензина. Показано, что применение современных процессов переработки позволяет обеспечить соответствие автомобильных бензинов требованиям экологического стандарта Euro–5. Полученные результаты могут быть использованы при совершенствовании технологий производства моторных топлив на нефтеперерабатывающих предприятиях.

ISSN 3030-3907

Ключевые слова: автомобильный бензин, экологически чистое топливо, бензол, олефины, гидроочистка, селективная гидрогенизация, изомеризация, комбинированные процессы, бензиновые фракции, стандарт Euro–5.

ВВЕДЕНИЕ.

В современных условиях развития нефтеперерабатывающей промышленности одной из приоритетных задач является производство экологически безопасных автомобильных бензинов, соответствующих международным экологическим стандартам Euro–5 и Euro–6. Данные стандарты предусматривают существенное ограничение содержания токсичных компонентов топлива, прежде всего бензола и ненасыщенных углеводородов – олефинов. Бензол относится к числу канцерогенных ароматических соединений, а повышенное содержание олефинов в бензине способствует образованию смолистых веществ, увеличению выбросов углеводородов и оксидов азота при сгорании топлива, что оказывает негативное воздействие на окружающую среду и здоровье человека [1]. В связи с этим снижение содержания данных соединений является одной из ключевых задач современной технологии производства моторных топлив.

Одним из основных источников образования бензола в автомобильных бензинах является процесс каталитического риформинга бензиновых фракций, широко применяемый для повышения октанового числа топлива и получения ароматических углеводородов. Однако при этом содержание бензола и других ароматических соединений в риформате может достигать значительных значений, что требует разработки эффективных методов его снижения при сохранении высоких эксплуатационных характеристик бензина [2]. В то же время олефины в значительных количествах образуются в процессах каталитического крекинга и термической переработки углеводородного сырья, что также приводит к ухудшению экологических характеристик топлива [3].

В последние годы активно разрабатываются различные технологические подходы, направленные на снижение содержания бензола и олефинов в автомобильных бензинах. К числу наиболее распространённых методов относятся процессы гидроочистки и селективной гидрогенизации бензиновых фракций, изомеризации углеводородов, алкилирования ароматических соединений, а также применение новых каталитических систем в процессах гидропереработки и риформинга [4]. Современные исследования также направлены на совершенствование катализаторов на основе цеолитных и алюмооксидных материалов, позволяющих повысить

ISSN 3030-3907

эффективность гидрогенизационных процессов и уменьшить концентрацию экологически опасных компонентов в составе бензинов [5].

Несмотря на значительный прогресс в разработке технологий производства экологически безопасных бензинов, проблема оптимального сочетания высокого октанового числа топлива и низкого содержания бензола и олефинов остаётся актуальной. Многие существующие технологические решения обеспечивают снижение концентрации отдельных компонентов, однако требуют дальнейшей оптимизации с точки зрения технологической эффективности, энергетических затрат и экологической безопасности процессов [6].

В связи с этим анализ современных технологий снижения содержания бензола и олефинов, а также определение перспективных направлений их совершенствования представляет значительный научный и практический интерес для нефтеперерабатывающей отрасли.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ. В качестве объекта исследования рассматривались автомобильные бензиновые фракции, получаемые в процессах переработки нефти на нефтеперерабатывающих предприятиях. Основное внимание уделялось бензиновым фракциям каталитического крекинга и каталитического риформинга, характеризующимся повышенным содержанием олефиновых и ароматических углеводородов, в том числе бензола. Данные фракции широко используются в качестве компонентов товарных автомобильных бензинов и оказывают значительное влияние на их экологические характеристики.

Для проведения исследования использовались данные научных публикаций и результаты экспериментальных и аналитических исследований, представленные в современных отечественных и зарубежных источниках, посвящённых технологиям получения экологически чистых моторных топлив. Анализ литературных данных позволил определить основные технологические направления снижения содержания бензола и олефинов в автомобильных бензинах.

В работе применялись методы системного анализа, сравнительного анализа и обобщения научно–технической информации. Системный анализ использовался для оценки влияния различных технологических процессов нефтепереработки на содержание олефиновых и ароматических углеводородов в бензинах. Метод сравнительного анализа позволил сопоставить эффективность различных технологических подходов, таких как гидроочистка бензиновых фракций, селективная гидрогенизация олефинов, изомеризация углеводородов и алкилирование ароматических соединений.

ISSN 3030-3907

Для оценки эффективности технологий снижения содержания бензола и олефинов учитывались такие показатели, как степень удаления указанных соединений, изменение октанового числа бензина, экологические характеристики топлива, а также технологическая и энергетическая эффективность процессов. Анализ проводился на основе современных научных исследований, посвящённых каталитическим процессам гидропереработки бензиновых фракций и совершенствованию катализаторов для производства экологически безопасных моторных топлив.

В процессе исследования также применялись методы структурно–функционального анализа технологических процессов нефтепереработки, позволяющие определить наиболее перспективные направления совершенствования технологий производства автомобильных бензинов. Полученные результаты были использованы для выявления современных тенденций развития технологий снижения содержания бензола и олефинов и оценки их эффективности с точки зрения повышения экологических характеристик автомобильных бензинов.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ. Проведённый анализ современных технологий снижения содержания олефинов и бензола в автомобильных бензинах показал, что экологические характеристики моторных топлив в значительной степени определяются составом исходных бензиновых фракций и применяемыми технологическими процессами их переработки. Наиболее существенное влияние на уменьшение содержания нежелательных компонентов оказывают процессы гидроочистки, селективной гидрогенизации, изомеризации и комбинированной переработки.

Для сравнительной оценки эффективности указанных процессов были обобщены данные по изменению содержания бензола и олефиновых углеводородов, а также по изменению октанового числа бензина. Результаты представлены в таблице.

Таблица

Влияние различных технологических процессов на состав и свойства автомобильных бензинов

Технологический процесс	Содержание бензола, %	Содержание олефинов, %	Октановое число
Исходная бензиновая фракция	2.5	28	92
Гидроочистка	1.2	18	91

ISSN 3030-3907

Селективная гидрогенизация	0.9	12	90
Изомеризация	0.7	10	92
Комбинированный процесс	0.5	8	93

Как видно из данных, приведённых в таблице, применение современных процессов переработки обеспечивает существенное снижение содержания бензола и олефинов в бензиновых фракциях. Так, при использовании гидроочистки содержание бензола снижается с 2.5 до 1.2 %, а содержание олефинов – с 28 до 18 %. Более выраженный эффект достигается при селективной гидрогенизации и изомеризации, где наблюдается дальнейшее уменьшение концентрации ненасыщенных и ароматических соединений. Наиболее высокие результаты достигаются при использовании комбинированного процесса, при котором содержание бензола уменьшается до 0.5 %, а содержание олефинов – до 8 %.

Изменение содержания олефиновых углеводородов в бензиновых фракциях после различных процессов переработки представлено на рис.1.

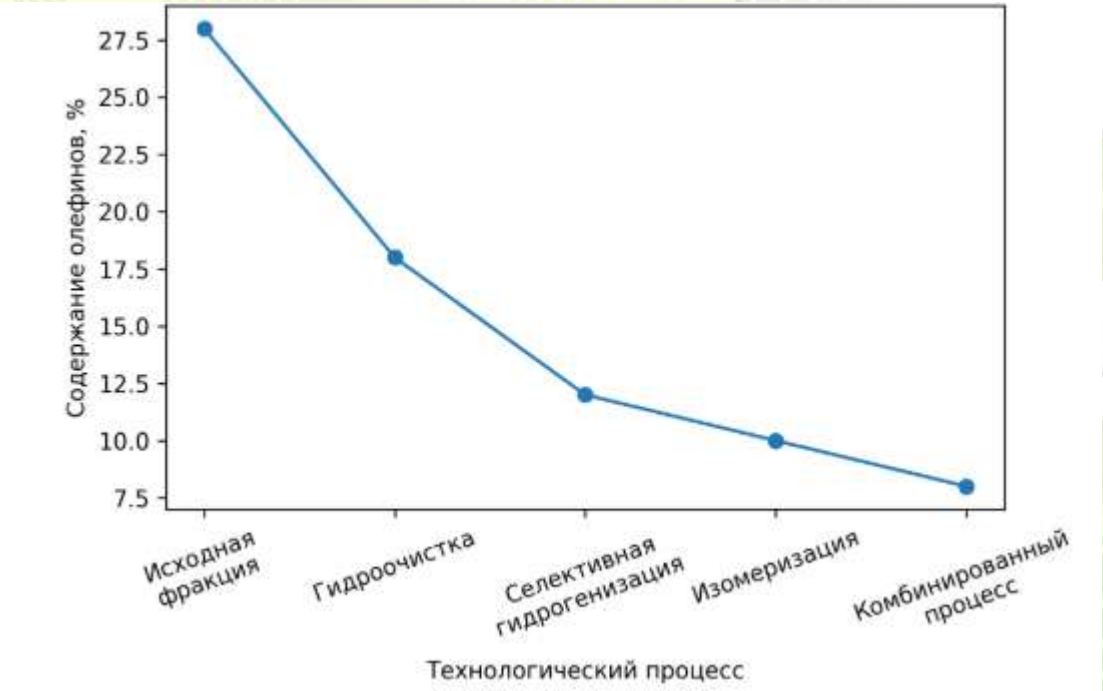


Рис.1. Снижение содержания олефинов в бензиновых фракциях после различных процессов переработки.

Анализ графика, представленного на рисунке 1, показывает устойчивую тенденцию к снижению содержания олефинов по мере усложнения технологической схемы переработки. Если в исходной фракции содержание олефиновых углеводородов составляет 28 %, то после гидроочистки оно снижается до 18 %, после селективной гидрогенизации –

ISSN 3030-3907

до 12 %, после изомеризации – до 10 %, а при комбинированной переработке – до 8 %. Полученные данные свидетельствуют о том, что комплексное применение процессов насыщения двойных связей и структурного преобразования углеводородов является наиболее эффективным способом снижения содержания олефинов в бензинах.

Для оценки соответствия получаемого топлива современным экологическим требованиям проведено сравнение содержания бензола в бензине после переработки с нормативным значением стандарта Euro–5. Результаты представлены на рис.2.

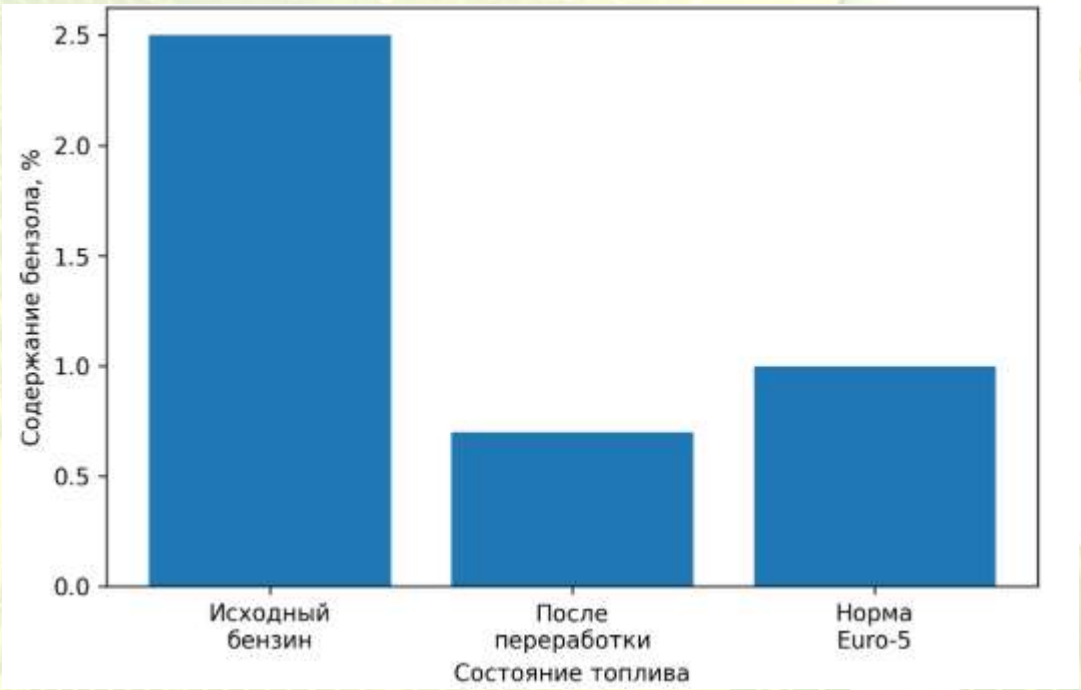


Рис.2. Сравнение содержания бензола с требованиями экологического стандарта Euro–5.

Как видно из рисунка 2, содержание бензола в исходном бензине составляет 2.5 %, что значительно превышает допустимое значение. После применения современных процессов переработки данный показатель снижается до 0.7 %, что ниже предельной нормы стандарта Euro–5, составляющей 1.0 %. Это свидетельствует о высокой экологической эффективности рассмотренных технологических решений и подтверждает возможность получения бензинов, соответствующих действующим международным требованиям.

Сравнительная схема снижения содержания бензола и олефинов в бензине представлена на рис.3.

ISSN 3030-3907

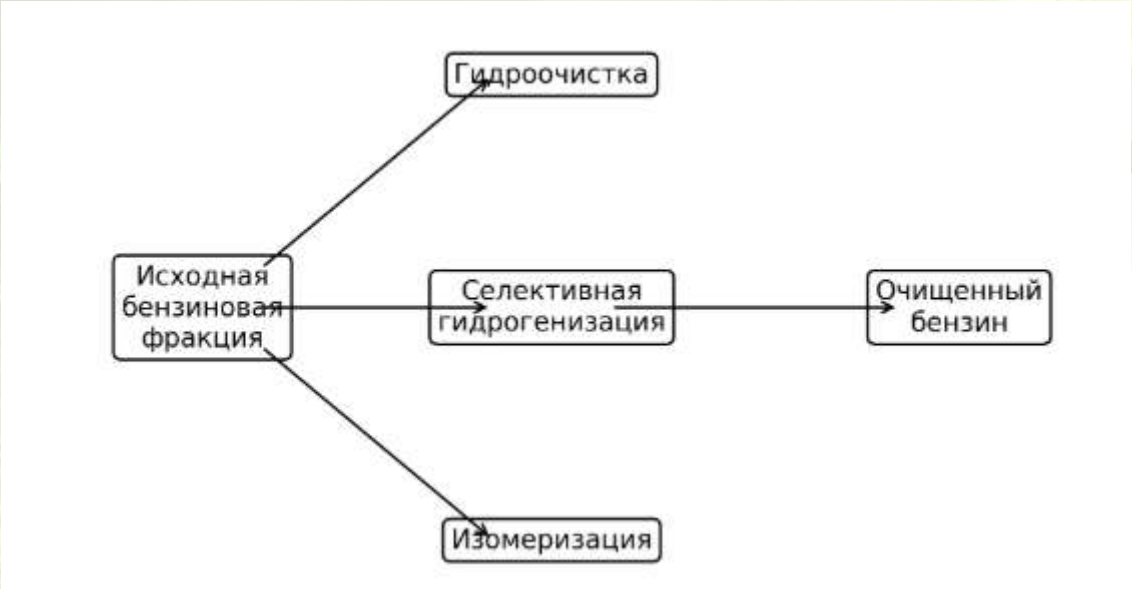


Рис.3. Схема снижения содержания олефинов и бензола в бензине.

Из схемы видно, что исходная бензиновая фракция может подвергаться нескольким направлениям переработки, включая гидроочистку, селективную гидрогенизацию и изомеризацию. Каждый из указанных процессов вносит определённый вклад в улучшение экологических и эксплуатационных характеристик топлива. Гидроочистка обеспечивает снижение содержания сернистых, ароматических и частично ненасыщенных соединений. Селективная гидрогенизация способствует насыщению олефиновых углеводородов и уменьшению их концентрации. Изомеризация, в свою очередь, позволяет не только улучшить углеводородный состав бензина, но и сохранить либо повысить его октановое число. Комплексное сочетание данных процессов обеспечивает получение очищенного бензина с улучшенными экологическими показателями.

Таким образом, результаты проведённого анализа показывают, что наиболее перспективным направлением получения экологически безопасных автомобильных бензинов является использование комбинированных технологических схем, включающих гидроочистку, селективную гидрогенизацию и изомеризацию бензиновых фракций. Применение указанных процессов позволяет существенно снизить содержание бензола и олефиновых углеводородов, довести состав топлива до требований стандарта Euro–5 и одновременно сохранить его высокие эксплуатационные свойства.

Полученные результаты имеют важное практическое значение для совершенствования технологий производства автомобильных бензинов на нефтеперерабатывающих предприятиях и могут быть использованы при выборе рациональной схемы переработки бензиновых фракций с целью повышения экологической безопасности моторных топлив.

ISSN 3030-3907

ЗАКЛЮЧЕНИЕ. По результатам проведённого анализа установлено, что снижение содержания олефинов и бензола является одним из основных условий получения экологически безопасных автомобильных бензинов. Показано, что наиболее эффективное снижение содержания указанных компонентов достигается при использовании комбинированных технологических процессов, включающих гидроочистку, селективную гидрогенизацию и изомеризацию.

Установлено, что применение данных процессов позволяет снизить содержание бензола до 0.5–0.7 %, а содержание олефинов – до 8–10 %, что обеспечивает соответствие бензинов требованиям экологического стандарта Euro–5. При этом сохраняются необходимые эксплуатационные свойства топлива, включая октановое число.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Speight J.G. The Chemistry and Technology of Petroleum. – CRC Press, 2021.
2. Velázquez–Alonso F. Operative Improvement in the Naphtha Catalytic Reforming Process to Reduce Benzene Emissions // ChemEngineering. – 2025. https://doi.org/10.3390/chemengineering9020021
3. Zhao H., Liu Y. Recent advances in catalytic technologies for producing cleaner gasoline // Energy & Fuels. – 2021. https://doi.org/10.1021/acs.energyfuels.1c03165
4. Wang X., Zhang Y. Catalytic hydrogenation of olefins in gasoline fractions for cleaner fuel production // Fuel Processing Technology. – 2022. https://doi.org/10.1016/j.fuproc.2022.107072
5. Aznárez A. et al. Progress and recent novelties in naphtha reforming catalysts // Catalysis Today. – 2024. https://doi.org/10.1016/j.cattod.2024.114316
6. Tuktin B. et al. Hydroprocessing of gasoline on modified alumina catalysts // Catalysis Communications. – 2023. https://doi.org/10.1016/j.catcom.2023.106577

ISSN 3030-3907

PAST OKTANLI BENZIN SIFAT KO‘RSATKICHLARINI OSHIRISH UCHUN KO‘P FUNKSIYALI PRISADKALAR TARKIBI

Absalamova Gulnoza Mamatkulovna
Toshkent kimyo-texnologiya instituti "Neft va gazni qayta ishlash kimyoviy texnologiyasi" kafedrasi dotsenti
O‘zbekiston Respublikasi, Toshkent shahri
Eshqobilov Nurbek Qaxramon o‘g‘li
Toshkent kimyo-texnologiya instituti "Neft va gazni qayta ishlash kimyoviy texnologiyasi" kafedrasi doktoranti
O‘zbekiston Respublikasi, Toshkent shahri

Аннотация. В данной статье исследованы вопросы использования многофункциональных антидетонационных добавок для улучшения качественных показателей низкооктановых бензинов. При повышении октанового числа бензина были изучены кислородсодержащие органические соединения, в том числе диэтиленгликоль и его производные - этоксдитиленгликоль, бутоксдитиленгликоль и их смеси. В ходе исследований было установлено влияние этих добавок на октановое число при добавлении их в бензин в различных концентрациях. Полученные результаты показали, что оксигенаты, добавленные в бензин в определенном количестве, значительно увеличивают октановое число. В частности, установлено, что смеси этокси и бутоксидитиленгликолей дают высокие результаты в качестве эффективной антидетонационной добавки. Также было доказано, что эти добавки позволяют повысить детонационную стойкость бензина, не оказывая негативного влияния на его физико-химические и эксплуатационные свойства.

Ключевые слова: низкооктановый бензин, октановое число, антидетонационные добавки, оксигенаты, диэтиленгликоль, этоксидитиленгликоль, бутоксидитиленгликоль, качество бензина, моторные топлива, многофункциональные присадки.

Abstract. This article examines the issues of using multifunctional anti-knock additives to improve the quality indicators of low-octane gasolines. In increasing the octane number of gasoline, oxygen-containing organic compounds, including diethylene glycol and its derivatives - ethoxdietylene glycol, buthoxdietylene glycol, and their mixtures were studied. During the research, the influence of these additives on the octane number was determined by adding them to gasoline at various concentrations. The obtained results showed that oxygenates, added to gasoline in a certain amount, significantly increase the octane number. Especially, it was found that mixtures of ethoxy and butoxyethylene glycols give high results

ISSN 3030-3907

as an effective anti-knock additive. It has also been proven that these additives allow increasing the detonation resistance of gasoline without negatively affecting its physicochemical and operational properties.

Keywords: low-octane gasoline, octane number, anti-knock additives, oxygenates, diethylene glycol, ethoxytylene glycol, buthoxytylene glycol, gasoline quality, motor fuels, multifunctional additives.

Annotatsiya. Mazkur maqolada past oktanli benzinlarning sifat ko‘rsatkichlarini yaxshilash maqsadida ko‘pfunksiyali antidetonatsion qo‘shimchalardan foydalanish masalalari tadqiq etilgan. Benzinning oktan sonini oshirishda kislorodsaqlovchi organik birikmalar, jumladan dietilenglikol va uning hosilalari – etoksidietilenglikol, butoksidietilenglikol hamda ularning aralashmalari o‘rganilgan. Tadqiqotlar davomida ushbu qo‘shimchalar benzinga turli konsentratsiyalarda qo‘shilib, oktan soniga ta’siri aniqlangan. Olingan natijalar benzin tarkibiga ma’lum miqdorda qo‘shilgan oksigenatlar oktan sonini sezilarli darajada oshirishini ko‘rsatdi. Ayniqsa, etoksi va butoksidietilenglikollar aralashmalari samarali antidetonatsion qo‘shimcha sifatida yuqori natijalar berishi aniqlandi. Shuningdek, ushbu qo‘shimchalar benzinning fizik-kimyoviy va ekspluatatsion xususiyatlariga salbiy ta’sir ko‘rsatmasdan, uning detonatsiyaga chidamliligini oshirish imkonini berishi isbotlandi.

Kalit so‘zlar: past oktanli benzin, oktan soni, antidetonatsion qo‘shimchalar, oksigenatlar, dietilenglikol, etoksidietilenglikol, butoksidietilenglikol, benzin sifati, motor yoqilg‘ilari, ko‘pfunksiyali prisadkalar.

KIRISH.

Bugungi kunda zamonaviy avtomobil sanoatining rivojlanishi motor yoqilg‘ilarining assortimenti va sifati bilan bog‘liq. Shu bilan birga, ichki yonuv dvigatellarining detonatsiyasi va uzluksiz barqaror ishlashini ta’minlovchi yuqorioktanli motor yoqilg‘ilari ishlab chiqarish, oktan sonini oshirishda samarali hisoblanuvchi kislorodli birikmalar, jumladan spirtlar va efirlarning yangi turlarini aniqlash muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda kislorodli va azotli birikmalar asosida oktan sonini oshiruvchi qo‘shmichalar ishlab chiqarish, kimyo, neft-gaz va boshqa turdosh tarmoqlarni rivojlantirish bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada, ekologik xususiyatlari yaxshilangan Yevro-5 va 6 sinfidagi benzinga o‘tish, anitidetanatsion qo‘shimchalar - metallsaqlovchi qo‘ndirmalar, aromatik aminlar, ferrotsen va uning hosilalari, karbonilli birikmalardan foydalanish, sinergetik samarali va antagonist kam ta’sirli aralashmalar tarkibi va texnologiyalarini ishlab chiqish hamda xossalarini shakllantirishga alohida e’tibor berilmoqda.

ISSN 3030-3907

Yildan-yilga ekologik vaziyatni yaxshilash bo‘yicha muayyan chora-tadbirlarni amalga oshirayotgan mamlakatlar soni ortib bormoqda. Bunday chora-tadbirlardan biri yoqilg‘ini sertifikatlash va «Evro» standarti bo‘yicha avtomobillar ishlab chiqarishdir. Yevropa Ittifoqida «Evro-5» standarti 2009 yildan beri amal qilib kelmoqda. Rossiyada yoqilg‘ilarni ekologik standartlarga muvofiqligini sertifikatlash 2007 yilda joriy etilgan.

Manbalarga muvofiq 2013 yil yanvar oyidan boshlab «Evro-3» standarti joriy etildi. «Evro-3» va undan yuqori standartli benzinlarning OChI 95 birlikdan kam bo‘lmasligi kerak [1, 2]. Biroq, avtomobil transporti eskirgan talablarga javob berishiga qaramay, AI-92 markali benzinni katta hajmda ishlatmoqda.

Adabiyot manbalarining tahlili [3 - 6] shuni ko‘rsatadiki, avtomobil yoqilg‘ilarining ekspluatatsion xususiyatlari va ekologik xususiyatlarini yaxshilashning asosiy jahon tendensiyasi ko‘p funksiyali qo‘shimchalarni, asosan, kislorodli birikmalarni, boshqacha qilib aytganda, ketonlar, spirtlar, efirlar va boshqa ba’zi organik birikmalarni o‘z ichiga olgan oksigenatlarni qo‘llashdir. AQSh va Yevropa Ittifoqida o‘tkazilgan ko‘plab laboratoriya tadqiqotlari va sanoat sinovlari natijalariga ko‘ra, olinadigan va ishlatiladigan benzin yoqilg‘ilari "Evro-4" va «Evro-5» standartlariga javob berishi uchun benzinlarga kislorodning umumiy tarkibiga nisbatan kamida 2% massa miqdorida oksigenatlar qo‘shish majburiyatini belgilovchi qonunlar qabul qilingan.

Yoqilg‘ini kompaundlash va aromatik uglevodorodlar sonini kamaytirish texnologik jarayonida oktan birliklarining 1 birlik nisbatida 5% ga yo‘qotilishi sodir bo‘ladi. Kompaundlashning bir qator jarayonlarini amalga oshirish uchun texnologik imkoniyatlarga ega bo‘lmagan neftni qayta ishlash zavodlari reformatlardan benzolni ajratib olish va reforming qattiqligini pasaytirish bilan bog‘liq qo‘shimcha protseduralarni o‘tkazishga majbur. Bularning barchasi katta xarajatlar va oktan potensialining pasayishiga olib keladi. Bu holda detonatsiyaga qarshi qo‘shimchalar va ba’zi boshqa qo‘shimchalar bilan oktan sonini oshirishga to‘g‘ri keladi.

Antidetonatorlar benzinlarning yonish to‘liqligini oshirib, kerakli detonatsiyaga chidamlilik darajasiga erishish imkonini beradi. Bunda avtomobil transportidan chiqadigan uglerod oksidi va uglevodorodlar kamayadi.

Eng ko‘p qo‘llaniladigan oksigenat qo‘ndirmalar metil va etil-uchlamchi butil efirlari (MTBE, ETBE), diizopropil efiri (DI-PE), metil, etil, izopropil va n-butil spirtlaridir. Ushbu qo‘shimchalarning asosiy kamchiligi ularning benzinlardagi yuqori konsentratsiyasida oktan sonining nisbatan past darajada oshishi va dvigatelning rezina-texnik, polimer va metall qismlariga hamda avtomobilning ta’minot tizimiga salbiy ta’sir ko‘rsatishidir. Kislorodli

ISSN 3030-3907

moddalarning haddan tashqari yuqori konsentratsiyasi fraksiya tarkibining o‘zgarishiga, benzinlarning kaloriyaliligi va shu kabi yonilg‘ilarda ishlaydigan dvigatellarning energiya samaradorligi pasayishiga olib keladi. Biroq, tarkibiga eng samarali oksigenatlar kiritilgan sinergetik aralashmalarni yaratish nafaqat benzinlarning detonatsiyaga chidamliligini yaxshilash, balki ularning konsentratsiyasini kamaytirish imkonini beradi, bu esa yoqilg‘ilarning fizik-kimyoviy xossalari, tarkibi va ekspluatatsion xususiyatlariga ta’sirini kamaytiradi va eng muhimi, benzinlarning energiya sig‘imi bilan bog‘liq salbiy omilni minimallashtiradi.

Yuqorida keltirilgan kislorodli birikmalarni detonatsiyaga qarshi qo‘shimchalar sifatida tanlashning nazariy asoslari asosida quyidagi kislorodli birikmalar ko‘rib chiqildi: aseton, anizol, etilsellulozolv (ETS), etilkarbitol (EK), butilsellulozolv (BS), butilkarbitol (BK). Taqqoslash va analog antidetonatsion qo‘shimcha sifatida kislorodli qo‘shimchaning sanoat namunasi - metil-uchlamchi butil efiri (MTBE) olingan bo‘lib, uning asosiy fizik-kimyoviy xossalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

MTBEning asosiy fizik-kimyoviy xossalari

№	Ko‘rsatkich	Qiymatlar
1	20 °C dagi zichlik, kg/m^3	746
2	Qaynash harorati, °C	55
3	Chaqnash harorati, °C	–27
4	O‘z-o‘zidan alangalanish harorati, °C	443
5	OChI, birlik.	
6	38 °C da to‘yingan bug‘lar bosimi, kPa	55,2
7	Suvda eruvchanligi, 20 °C da, % mass	1,3
8	Benzin tarkibining chegaraviy me’yori, % mass	15

Kislorodsaqlovchi organik birikmalardan quyidagilar tanlab olinib, antidetanatsion qo‘shimchalar sifatida sinovlardan o‘tkazildi: dietilenglikol (DEG analiz uchun toza), tozalangan ikkilamchi DEG (IDEG), etoksidietilenglikol (EDEG), butoksidietilenglikol (BDEG), etoksidi-etilenglikollar aralashmasi (PEDEG), butoksidietilenglikollar aralashmasi (PBDEG), etoksi- va butoksidietilenglikollar aralashmasi (PEDEG+PBDEG). Antidatanatsion xususiyatlarini taqqoslash maqsadida etalon hisoblangan oktansonini oshiriuvchi qo‘shimcha metil-uchlamchi-butil efiridan (MUBE) foydalanildi va olingan natijalar quyidagi 2.5-jadvalda keltirilgan.

ISSN 3030-3907

Tanlab olingan oksigenatlar olingan benzinlarga turli nisbatlarda qo‘shilib, so‘ngra oktan soni aniqlandi. To‘g‘ridan-to‘g‘ri xaydab olingan benzinga antidetonatorlar 0,25 foizdan 1 foizgacha 0,25 hatlab hamda 1 foizdan 10 foizgacha 1 foizga hatlab qo‘shib borildi. To‘plangan natijalar 2-jadvalda ko‘rsatilgan.

2 - jadval

«Benzin + OSO qo‘shimcha» tarkibli namunalarning oktan soni. Dastlabki benzin oktan soni 55 birlik

Qo‘shimchalar konsentratsiyasi	«Benzin + OSO»													
	DEG		Tozalangan IDEG		EDEG		BDEG		PEDEG		PBDEG		PEDEG+PBDEG	
0.25	82.1	-	82.1	-	82.1	-	82.1	-	82.1	-	82.1	-	82.1	-
0.50	82.3	+0.2	82.2	+0.1	83.1	+1.0	83.7	+1.6	83.1	+1.0	83.9	+1.8	82.6	+0,5
0.75	82.5	+0.2	82.4	+0.2	84.5	+1.4	85.4	+1.7	84.3	+1.3	85.8	+1.9	83.2	+0,6
1.0	82.7	+0.2	82.5	+0.1	86.1	+1.6	87.2	+1.8	85.9	+1.5	87.9	+2.1	84.1	+1,1
2.0	82.9	+0.2	82.7	+0.2	88,0	+19	89,2	+2,0	87,7	4,8	90,0	+2,1	85.2	+1,1
3.0	83.7	+0.8	83.1	+0.4	89.5	+1.5	90.9	+1.7	89.1	+1.5	91.7	+1.7	86.1	+0,9
4.0	84.6	+0.9	83.8	+0.7	90.5	+1.0	92.5	+1.6	90.0	+1.3	92.9	+1.2	87.4	+1,3
5.0	85.6	+1.0	84.8	+1.0	91.3	+0.8	93.8	+1.3	90.7	+0,9	93.9	+1.0	89.0	+1,6
6.0	87,0	+1.4	86,1	+1,3	92.0	+0.7	94,8	+1.0	91.4	+0.8	94,9	+1.0	90.1	+1,1

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, namunalar qo‘shilgan barcha holatlarda ham benzinning oktan soni oshadi, shu bilan birga toza va tozalangan DEG qo‘shilgan holatlarda oktan sonining oshishi 0,3 birlikdan oshmaydi. Shu bilan birga 2-jadvaldan ko‘rinadiki, ushbu oktan sonini oshiruvchi qo‘shimchalar 5 foizdan 8 foizgacha qo‘shilganda benzinning oktan soni keskin oshsada, maksimal 5 birlikdan ortiq farq qilmaydi, qo‘shimchalar miqdorini 8 foizan 10 foizgacha oshirilishi oktan sonining o‘sish samarasiga ko‘p ta’sir qilmaydi va 0,4 birlikka farq qiladi. Ko‘proq konsentratsiyalarda birdan besh foizgacha toza va tozalangan DEG qo‘shilgan namunalarda benzin oktan sonida keskin o‘zgarishlar kuzatilmadi: besh foizgacha qo‘shilganda mos ravishda oktan soni 5 va 4 birlikka, yetti foizgacha qo‘shilganda esa bu ko‘rsatgich yanada kamroq 2,2 va 2,0 birlikni tashkil etishini ko‘ramiz. Bu natijalarni hisobga olsak, hamda oksigenatlar miqdoriga qo‘yilgan chegaralarning mavjudligini hisobga olsak, toza va tozalangan DEG dan ko‘p miqdorlarada foydalanish masadga muvofiq bo‘lmaydi.

Tadqiqotlarimiz davomida tozalangan DEG asosida olingan etoksidietilenglikol (EDEG), butoksidietilenglikol (BDEG), etoksi- va dietoksi dietilenglikollar aralashmasi (PBDEG), butoksi- va dibutoksidietilenglikollar aralashmasi (PBDEG), etoksi- va butoksidietilenglikollar aralashmasi (PEDEG+PBDEG) bir foizgacha qo‘shilgan namunalarning oktan soni o‘rtacha 8 – 10 birlikkacha oshishin taminlaydi. Shu bilan birga o‘rganilgan konsentratsiyalar chegarasida samarali PBDEG va PEDEG+PBDEG benzinni okstan sonini oshiruvchi samarali peraparat xususiyatlarini namoyon eitishini ko‘rishimiz mumkin. Olingan natijalar bo‘yicha o‘rganilayotgan tarkiblarni birlamchi xaydab

ISSN 3030-3907

olingan benzinni oktan sonini oshirishi bo‘yicha quyidagi qatorga joylash mumkin bo‘ladi: DEG < EDEG < PBDEG < PEDEG+PBDEG. Shu bilan birga shuni takidlash zarurki ushbu reagentlar benzin tarkibiga 8 % dan ortiq qo‘shilmasdan, talablardagi ko‘rsatgichlarga erishish imkonini beradi.

Jadval ma’lumotlaridan shu narsa ko‘rinadiki, benzinning detanatsion barqarorligining taqsimlanish koeffitsenti meyyorlarda bo‘lib, 0,6-0,9 chegarasida saqlanadi, qo‘shimchalar konsentratsiyasining ortishi bilan oltingugurtning umumiy miqdorlari kamayadi. Shu bilan birga benzinning ekspulatatsion xususiyatlarini belgilovchi fraksion tarkibi ham o‘zgaradi: bu ko‘rsatgich efirlar qo‘shilganda 100 °S xaroratlarda qaynaydigan bo‘lak miqdorining ortishiga olib keladi va bu ijobiy baholanadi, chunki bug‘-havo aralshmasining tez alangalanishi amalga oshib, qishki davrda dvigatelni oson ishga tushirish imkonini beradi; toza va tozalangan DEG qo‘shilganda 150 °S dan yuqori xaroratlarda qaynovchi fraksiya miqdorining ortganini ko‘rsatadi. Shu bilan birga benzin fraksiyasi qaynash oxiri xarorati miqdorlarining kamayishi kuzatilib, bu bilan benzin sifatini yaxshilanishi kuzatilib, yoqilg‘innig to‘liq yonishini taminlaydi. Umuman olganda, benzinning fizik-kimyoviy boshqa ko‘rsatgichlarida kam o‘zgarishlar aniqlanib, GOST talablariga mos kelishi isbotlangan.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Емельянов В.М. Пути повышения качества вырабатываемых автомобильных бензинов // Нефтепереработка и нефтехимия. - 2004. - №10 - С. 6-8.
2. Цыганов Д.В. Переработка отходов и полупродуктов химических производств в оксигенатные добавки к автомобильным бензинам: Автореф. дисс. ... канд. хим. наук. - Кемерово, 2006. - 18 с.
3. Данилов А.М. Применение присадок в топливах для автомобилей: Справ. изд. - М.: Химия, 2000 г. - 232 с.: ил.
4. Середа А. В. Основные тенденции производства автомобильных бензинов с новыми антидетонационными присадками и добавками в России // Мир нефтепродуктов. - 2004. - № 5. - С. 6-8.
5. Колесников С.И. Научные основы производства высокооктановых бензинов с присадками и каталитическими процессами - М.: Нефть и газ, РГУ нефти и газа им. И.М. Губкина, 2007. - 540 с.
6. Емельянов В.Е. Производство бензинов для перспективного автомобильного и авиационного транспорта // сб. науч. тр. I международного форума «Инновационные технологии в области получения и применения горючих и смазочных материалов». - СПб, 2013. - С.194-199.

ISSN 3030-3907

KONCHILIK SANOATIDA MARKAZDAN QOCHMA NASOSLARNING HARAKATLANUVCHI VA TAYANCH DETALLARIDA VUJUDGA KELUVCHI NOSOZLIKLAR TAHLILI

Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti katta o‘qituvchisi.
E-mail: olympic9492@gmail.com

Annotatsiya. Ushbu maqolada konchilik sanoati va ruda boyitish jarayonlarida qo‘llaniladigan markazdan qochma (shlam) nasoslarning harakatlanuvchi (ish g‘ildiragi, val) va tayanch (podshipniklar, mexanik muhrlar, korpus) detallarida yuzaga keladigan asosiy nosozliklar tizimli tahlil qilingan. Tarkibida qattiq abraziv zarralar (qum, chaqiltosh, ruda qoldiqlari) bo‘lgan va zichligi o‘ta yuqori (pulpa) suyuqliklarni haydashda vujudga keluvchi gidroabraziv yemirilish, kavitatsiya, material toliqishi hamda radial yuklanishlarning ortishi mexanizmlari batafsil ko‘rib chiqilgan. Nosozliklarni erta aniqlash va qotishmalarni to‘g‘ri tanlash orqali uskunaning ekspluatatsion resursini oshirish bo‘yicha ilmiy va amaliy xulosalar berilgan.

Kalit so‘zlar: markazdan qochma nasos, konchilik sanoati, pulpa, harakatlanuvchi detallar, ish g‘ildiragi, val disbalansi, podshipnik, mexanik muhr, gidroabraziv yemirilish, radial kuch.

Аннотация. В данном разделе проводится теоретическое моделирование движения гидравлического масла в охлаждающем сосуде с целью обеспечения эффективной работы гидравлических систем в суровых климатических условиях. Моделирование направлено на оценку эффективности теплообмена, определение распределения температуры масла по баку, расчет времени охлаждения и выбор оптимальных параметров конструкции - объема, формы и длины змеевиковых трубок.

Ключевые слова: Гидравлическая система, Охладитель, Гидравлическое масло, Теплообменник, Число Рейнольдса, Змеевиковые трубки, Эффективность охлаждения, Оптимальная конструкция.

Abstract. In this section, theoretical modeling of the movement of hydraulic oil inside a cooling vessel is carried out in order to ensure the effective operation of hydraulic systems in harsh climatic conditions. Modeling is aimed at assessing the efficiency of heat exchange, determining the distribution of oil temperature throughout the tank, calculating the cooling time, and selecting the optimal design parameters - the volume, shape, and length of the coil tubes.

Keywords: Hydraulic system, Cooling tank, Hydraulic oil, Heat exchanger, Reynolds number, Coil tubes, Cooling efficiency, Optimal design.

KIRISH.

ISSN 3030-3907

Konchilik, metallurgiya va ruda boyitish korxonalarida texnologik jarayonlarning uzluksizligi bevosita markazdan qochma nasoslarning ishonchli ishlashiga bog‘liq. Oddiy suv nasoslaridan farqli o‘laroq, konchilikda ishlatiladigan nasoslar juda og‘ir sharoitlarda – tarkibida 70% gacha qattiq abraziv zarralar bo‘lgan, zichligi va qovushqoqligi yuqori bo‘lgan shlamlarni (pulpalarni) haydash uchun xizmat qiladi.

Bunday og‘ir agressiv muhit nasosning qismlariga nihoyatda katta gidrodinamik va mexanik ta’sir o‘tkazadi. Nosozliklarning aksariyati aynan harakatlanuvchi qismlar va ularni ushlab turuvchi tayanch tugunlarida yuz beradi. Muammolarning kelib chiqish fizikasini tushunish va ularni to‘g‘ri tasniflash texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini qisqartirishning asosiy omilidir.

METODOLOGIYA.

1. Harakatlanuvchi detallardagi nosozliklar va ularning sabablari

Harakatlanuvchi detallar (ish g‘ildiragi va val) dvigateldan kelayotgan mexanik energiyani suyuqlikning kinetik va potensial energiyasiga aylantirib beruvchi asosiy elementlardir.

1.1. Ish g‘ildiragining (impeller) gidroabraziv va kavitatsion yemirilishi

Konchilik nasoslarida eng ko‘p uchraydigan va eng tez rivojlanadigan nosozlik bu – ish g‘ildiragining yeyilishidir. Yuqori tezlikda harakatlanayotgan pulpa tarkibidagi qattiq ruda zarralari kuraklar sirtiga uzluksiz zarba beradi. Bu mikro-kesish (mikro-rezaniye) va sirtning o‘yilishi jarayonini keltirib chiqaradi. Ayniqsa, oqim yo‘nalishi keskin o‘zgaradigan zonalar – g‘ildirak ko‘zi va kuraklarning chiqish qirralari eng ko‘p zarar ko‘radi.

Agar nasosning so‘rish balandligi noto‘g‘ri tanlangan bo‘lsa, gidroabraziv yemirilishga kavitatsiya hodisasi ham qo‘shiladi. Kavitatsiya pufakchalarining yorilishi natijasida hosil bo‘ladigan mikro-zarbalar va abraziv zarrachalar ishtirokidagi qo‘shma ta’sir ish g‘ildiragi metallini qisqa vaqt ichida teshik qilib yuborishi mumkin.



1-rasm. Ish g‘ildiragining gidroabraziv yeyilishi

ISSN 3030-3907

Yemirilish natijasida ish g‘ildiragining massasi kamayadi va nasos unumdorligi pasayadi. Eng yomoni, yemirilish hech qachon simmetrik tarzda kechmaydi. Bu esa rotorning og‘irlik markazi o‘zgarishiga va kuchli disbalans (muvozanatsizlik) yuzaga kelishiga olib keladi.

1.2. Nasos valining toliqishi, egilishi va disbalansi

Val aylanma harakatni uzatuvchi tayanch o‘q hisoblanadi. Zichligi 1500-2000 kg/m³ gacha bo‘lgan og‘ir pulpalarni haydash paytida valga ta’sir qiluvchi radial kuchlar oddiy suv nasoslariga nisbatan bir necha barobar yuqori bo‘ladi.

Ish g‘ildiragidagi disbalans, agregat o‘qlarining markazlashmaganligi (rassentrovka) yoki nasosning optimal bo‘lmagan rejimda (juda past yoki juda yuqori sarfda) ishlashi oqibatida val doimiy egiluvchi kuchlanish ostida qoladi. Metallning charchashi (toliqish) natijasida val sirtida mikro-yoriliqlar hosil bo‘ladi va u kutilmaganda sinib ketishi mumkin.



2-rasm. Nasos valining sinish

2. Tayanch va qo‘zg‘almas detallardagi nosozliklar

Val va ish g‘ildiragidagi har qanday beqarorlik to‘g‘ridan-to‘g‘ri tayanch detallariga – podshipniklar va muhrlarga uzatiladi.

2.1. Podshipnik tugunlarining haddan tashqari yuklanishi va degradatsiyasi

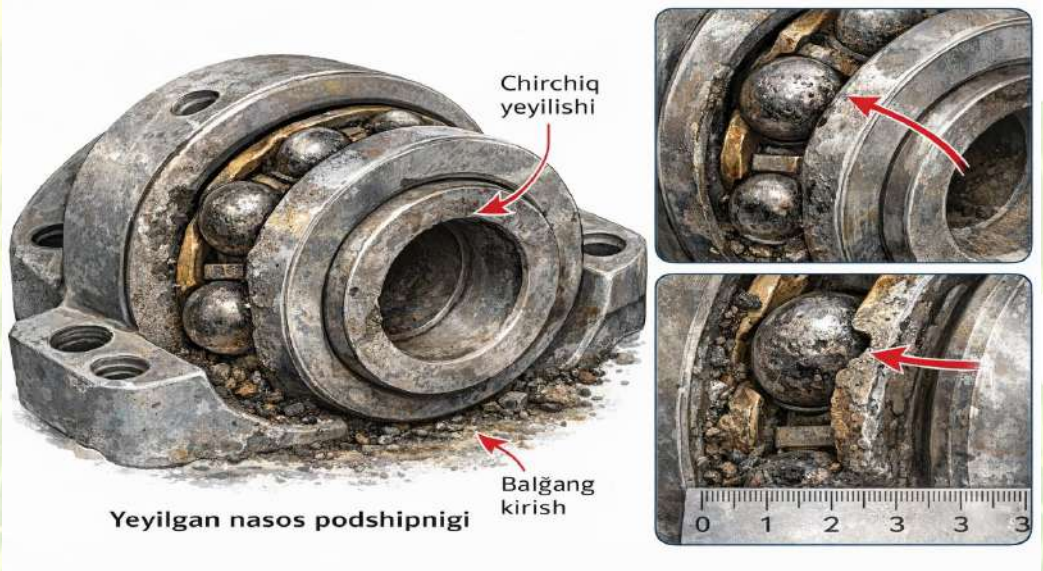
Nasosning barqaror ishlashi podshipniklarning holatiga bog‘liq. O‘qaviy va radial kuchlarning keskin ortib ketishi podshipnik sharchalari va roliklarining maksimal ruxsat etilgan yuklanish chegarasidan o‘tib ketishiga sabab bo‘ladi. Valning kuchli tebranishi (vibratsiya) podshipnik halqalarining urilib ishlashiga va sirtlarning uvalanib tushishiga (pitting) olib keladi.

ISSN 3030-3907



3-rasm. Tayanch valining sinish

Bunga qo‘shimcha ravishda, konchilik korxonalaridagi yuqori changlanish darajasi va havodagi namlik podshipnik karteriga kirib, moylash materialining (smazka) ifloslanishiga va uning xususiyatlarini yo‘qotishiga olib keladi. Natijada ishchi harorat ortadi va metall qizib, tiqilib qoladi.



4-rasm. Nasos valining sinish

Rasmga qo‘shimcha ravishda, val nima uchun aynan shunday ko‘rinishda sinishini tushuntiruvchi qisqa ma'lumot:

Toliqish (Fatigue): Nasos ishlayotganida val millionlab marta egiluvchi kuchlanishga uchraydi. Sirtda paydo bo‘lgan kichik tirnalish vaqt o‘tishi bilan chuqurlashib, "plyaj izlari" (beach marks) kabi ko‘rinish qoldiradi.

Markazlashmaganlik (Misalignment): Dvigatel va nasos vallari bir chiziqda bo‘lmasa, val har bir aylanishda "qiyshayishga" harakat qiladi va bu metallni tez charchatadi.

ISSN 3030-3907

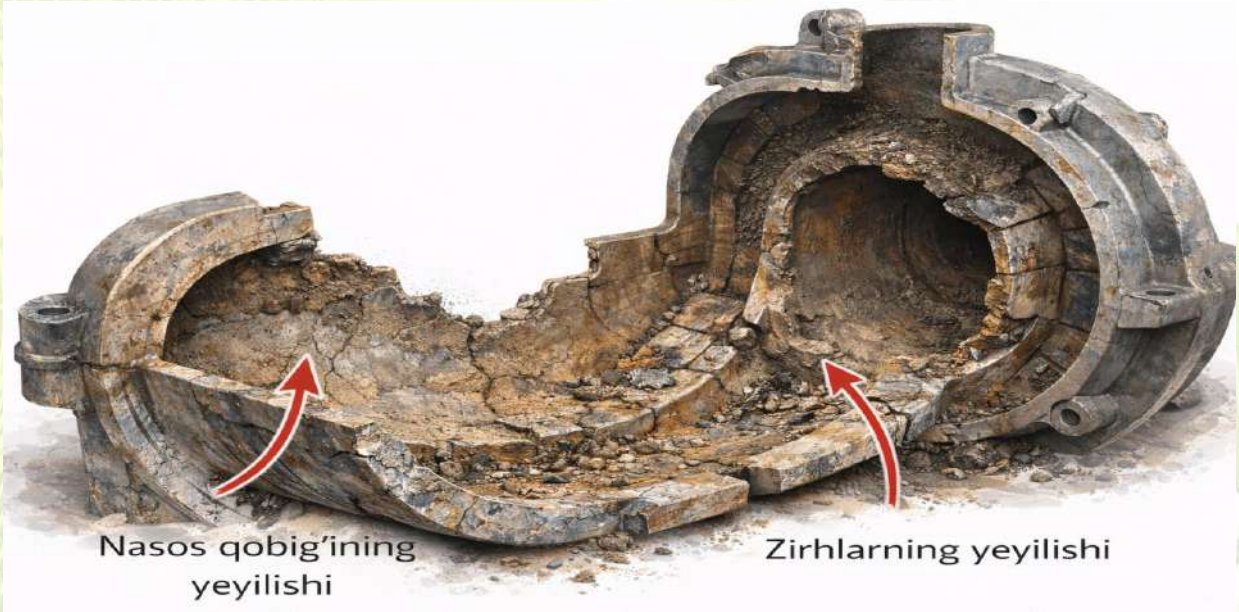
Kavitatsiya va tebranish: Kuchli vibratsiya valning eng zaif nuqtalarida (shponka uyasi yoki diametr o‘zgaradigan joylarda) kuchlanishning to‘planishiga sabab bo‘ladi.

2.2. Mexanik va salnikli muhrlarning (seals) ishdan chiqishi

Suyuqlikning tashqariga sizib chiqishini to‘xtatib turuvchi muhrlar tizimi konchilik nasoslarining eng nozik qismlaridan biridir. An’anaviy salnikli muhrlar (сальниковая набивка) arzon bo‘lsa-da, abraziv zarralar ta’sirida tez yemirilib, val sirtini qattiq tirnaydi.

Zamonaviy nasoslarda qo‘llaniladigan mexanik (torsevoy) muhrlar garchi ishonchli bo‘lsa-da, ularning aylanuvchi va qo‘zg‘almas halqalari orasiga shlam zarralari kirib qolsa, muhr butunlay ishdan chiqadi. Shuningdek, val tebranishi muhr halqalarining bir-biriga zich yopishishiga to‘sqinlik qiladi. Tizim germetikligi buzilgach, tajovuzkor pulpa podshipnik kamerasiga o‘tib, butun uskunani yaroqsiz holatga keltiradi.

3. Nasos qobig‘i (korpusi) va himoya zirhlarining yeyilishi



5-rasm. Himoya zirhlarining yeyilishi.

Harakatlanuvchi detallar qatoriga kirmasa-da, spiral korpus (ulitka) oqim yo‘nalishini o‘zgartirgani uchun eng katta abraziv zarbalarni o‘ziga qabul qiladi. Kon nasoslarining korpusi odatda yuqori xromli cho‘yandan yasaladi yoki ichki qismi almashinuvchi kauchuk (poliuretan) zirhlar bilan qoplanadi. Oqim ichidagi qattiq jinslar bu zirhlarni yirtib yuborishi yoki metallni yemirib, korpusning yorilishiga olib kelishi kuzatiladi.

Konchilik va og‘ir sanoat nasoslarida nosozliklarning foiz ko‘rsatkichlari asosan quyidagicha taqsimlanadi:

ISSN 3030-3907

1-Jadval.

Nosozlik sabablari (Guruhlar)	Foiz ulushi (%)	Asosiy omillar
Mexanik muhrlar (Salnik va torsevoy)	40%	Abraziv yeyilish, tebranish, quruq ishlash
Podshipnik tugunlari nosozligi	30%	Ortiqcha radial yuklanish, moylashning yomonlashuvi
Gidravlik sabablar (Gidroabraziv va Kavitatsiya)	15%	Ish g‘ildiragining yeyilishi, noto‘g‘ri so‘rish balandligi
Val va mufta (Siniqlar va disbalans)	10%	Dvigatel va nasos markazlashmaganligi, toliqish
Boshqalar (Korpus, elektr tizimi va tiqilib qolish)	5%	Ruda qoldiqlarining tiqilishi, dvigatelning yonishi

XULOSA. Konchilik sanoatida qo‘llaniladigan markazdan qochma nasos detallarining yaroqsiz holatga kelishi, asosan, mexanik tebranishlar bilan gidroabraziv ta’sirlarning o‘zaro bog‘liq va ketma-ket kuchayib boruvchi ta’siri natijasida yuzaga keladi. Bunda nosozliklar alohida-alohida emas, balki bir-birini kuchaytiruvchi zanjirsimon jarayon sifatida rivojlanadi. Jumladan, ish g‘ildiragi yuzalarining abraziv zarrachalar ta’sirida yeyilishi uning geometrik shakli va massa taqsimotini buzadi, natijada disbalans paydo bo‘ladi. Hosil bo‘lgan nomutanosib aylanish esa val va podshipniklarga ortiqcha dinamik yuklama beradi. Oqibatda tebranish darajasi ortib, muhrlash elementlari, tayanch qismlar va aylanuvchi birikmalar tezroq ishdan chiqadi.

Shu jihatdan qaralganda, nasosning xizmat muddati faqat bitta detalning mustahkamligiga emas, balki butun tizim elementlarining o‘zaro mexanik va gidravlik uyg‘unligiga bog‘liq ekanligi ayon bo‘ladi. Ayniqsa, qattiq zarrachalar bilan to‘yingan shlam muhitida ishlaydigan nasoslarda bu jarayon yanada jadallashadi. Abraziv yeyilish natijasida ishchi organlar sirtining buzilishi oqim tuzilmasini yomonlashtiradi, oqimning notekisligi esa qo‘shimcha tebranishlarni yuzaga keltiradi. Bu esa o‘z navbatida podshipniklar, val, muhrlar va korpus ichki qismlarining tez muddatda ishga yaroqsiz holga kelishiga sabab bo‘ladi.

Mazkur salbiy jarayonlarni sekinlashtirish va nasos uskunalarining ishlash muddatini uzaytirish uchun, avvalo, konstruktsion materiallarni to‘g‘ri tanlash muhim hisoblanadi. Xususan, ish g‘ildiragi va korpusni tayyorlashda tarkibida 27–30 foiz xrom bo‘lgan oq cho‘yan kabi yeyilishga yuqori darajada bardoshli qotishmalardan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Bunday materiallar qattiq

ISSN 3030-3907

zarrachalar bilan ishqalanish sharoitida o‘zining mexanik mustahkamligini uzoqroq saqlaydi hamda ishchi yuzalarda yemirilish sur’atini kamaytiradi.

Zarrachalar o‘lchami 5 mm gacha bo‘lgan shlamlarni haydashda esa korpus va ish g‘ildiragini maxsus rezina yoki elastomer qoplamalar bilan himoyalash samarali yechimlardan biri hisoblanadi. Bunday qoplamalar qattiq zarrachalarning urilish energiyasini qisman yutadi, metall yuzaga bevosita abraziv ta’sirni kamaytiradi va ayrim hollarda nasosning xizmat muddatini sezilarli darajada oshiradi. Ayniqsa, o‘rta va mayda dispersli abraziv muhitda bunday himoya qatlami amaliy jihatdan katta foyda beradi.

Bundan tashqari, profilaktik xizmat ko‘rsatish ishlarini zamonaviy nazorat vositalari bilan birlashtirish muhim ahamiyat kasb etadi. Tebranish va harorat datchiklarini o‘rnatish, podshipniklar va muhrlarning holatini doimiy raqamli kuzatib borish orqali nosozliklarning boshlang‘ich bosqichlarini erta aniqlash mumkin bo‘ladi. Bu esa favqulodda to‘xtashlar sonini kamaytiradi, ta’mirlash xarajatlarini pasaytiradi va uskunaning umumiy ishonchliligini oshiradi. Ayniqsa, podshipnik qizishi, tebranish amplitudasining ortishi yoki muhrlash zonasidagi nosimmetrik yuklanishlar kabi belgilar o‘z vaqtida qayd etilsa, katta avariyaviy holatlarning oldi olinadi.

Nasosni imkon qadar eng maqbul samaradorlik nuqtasiga yaqin rejimda ishlatish ham alohida ahamiyatga ega. Chunki aynan shu rejimda radial yuklanishlar, ortiqcha gidravlik yo‘qotishlar va ichki oqim noturg‘unligi minimal bo‘ladi. Nasosning me’yoriy ish nuqtasidan chetga chiqib ishlashi esa valga, podshipnikka va muhrlarga tushadigan yuklamani orttiradi, tebranishni kuchaytiradi va yeyilish jarayonini tezlashtiradi. Demak, texnologik tizimni boshqarishda nasosning optimal ish rejimini saqlash nafaqat energiya tejamkorlik, balki detallar resursini oshirish nuqtai nazaridan ham muhimdir.

Umuman olganda, konchilik sanoatidagi markazdan qochma nasoslarning ishonchli va uzoq muddat ishlashi uchun material tanlovi, himoya qoplamalari, doimiy diagnostika, tebranish nazorati va to‘g‘ri ekspluatatsiya rejimini yagona tizim sifatida ko‘rib chiqish zarur. Faqat shu holdagina ish g‘ildiragi, val, podshipnik, muhr va korpus kabi asosiy detallarni muddatidan oldin ishdan chiqishdan saqlash, ta’mirlash oralig‘ini uzaytirish hamda ishlab chiqarish jarayonining uzluksizligini ta’minlash mumkin bo‘ladi.

ADABIYOTLAR RO‘YXATI

1. Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li, Raxmatov Ramazonjon Ravshan o‘g‘li. Gidravlik tizimlardagi ichki nosozliklardan suyuqlik oqib chiqishini ishqalanish kuchlari asosida matematik modelini ishlab chiqish. Diversity Research: Journal of

ISSN 3030-3907

Analysis and Trends. Vol. 2, pp. 46-49, https://academiaone.org/index.php/2/article/view/854

2. Nabijon Abduazizov, Kamol Xakimov, Sardor Turdiyev, Akbar Zhuraev, Adxam Ismatov. The impact of the amount of pollution of the fluid in the hydraulic system on the working resource of the quarry excavator. E3S Web of Conferences, 2025. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562705001

3. B.R Toshov, A.D Nietbaev, A.A Ismatov. Vintsimon harakatda qattiq jismning ixtiyoriy nuqtasining harakat tenglamasi va tezligi, Educational Research in Universal Sciences, c-473-476.

4. Ismatov A. A. (2025). Gidronasos porshen harakatining matematik tahlili va differensial modellashtirish. Development Of Science, 7(2), pp. 409-414. https://doi.org/0

5. Turanov E. Z., Zoxidov O. U., Xudoyberdiyev L. N. & Ismatov A. A. (2025). Kon mashinalari radiator qurilmasi gidravlik tizimini sovutishning zamonaviy texnik yechimi. Development Of Science, 10(1), pp. 378-383. https://doi.org/0

6. Ismatov A. A. (2025). Gidravlik tizimdagi nasoslarning harakatlanish usullarining qiyosiy tahlillari . Development Of Science, 7(2), pp. 403-408. https://doi.org/0

7. S. Zhuraev, S. A. Turdiyev, S. T. Jurayev, and S.S. Q. Salimova, "Characteristics of packing gland seals in hydraulic systems of quarry excavators and results of comparative analysis of experimental tests," Vibroengineering Procedia, Vol. 54, pp. 252–257, Apr. 2024, https://doi.org/10.21595/vp.2024.24051.

8. Abdullayev Sardor Husniddinovich, Juraqulov Og‘abek Jurabek o‘g‘li, Kaxxarov Orif Odilovich, Ismatov Adxamjon Alibek o‘g‘li. Suyuqlik haroratini tashqi ta'sir orqali suyuqlikning yopishqoqligini tahlili. Часть-45_ Том-3_ Май-2025. С.255-258.

ISSN 3030-3907

A COMPREHENSIVE INDEX FOR ASSESSING SOCIOCULTURAL ADAPTATION IN INTERNATIONAL MEDICAL EDUCATION: DEVELOPMENT AND VALIDATION

Raza Muhammad Kalim
Assistant, Department of Human Anatomy Samarkand State Medical University
Email: Kalim.raza1992@gmail.com
Jasur Alimzhanovich Rizaev
Doctor of Medical Sciences, Professor Department of Public Health and Healthcare Management Samarkand State Medical University
Ochilov Ulug‘bek Usmanovich
Doctor of Science (DSc), Associate Professor Course of Psychiatry and Narcology Samarkand State Medical University (Uzbekistan).
Email: ulugbek_o@mail.ru

Annotatsiya. Ushbu tadqiqot xalqaro tibbiyot talabalari orasida sotsiokultural moslashuvni baholash uchun ko‘p o‘lchovli indeksni ishlab chiqish va keyinchalik ushbu indeksni validatsiya qilishga qaratilgan. Xalqaro talabalar turli qiyinchiliklarga duch keladilar, ayniqsa tibbiy ta’lim jarayonida, shu sababli sotsiokultural moslashuv ularning akademik muvaffaqiyati va umumiy farovonligi uchun muhim ahamiyat kasb etadi. Ishlab chiqilgan indeks sotsiokultural moslashuvning asosiy tarkibiy qismlarini baholaydi, jumladan til kompetensiyasi, ijtimoiy integratsiya, madaniy xabardorlik hamda emotsional barqarorlik. Indeks uning ishonchliligini (masalan, Cronbach alfa koeffitsienti) va validligini (masalan, eksplorator faktor tahlili — EFA) tekshirish maqsadida bir qator psixometrik baholashlardan o‘tkaziladi. Xulosa shuki tadqiqot natijalari ishlab chiqilgan indeks sotsiokultural moslashuvni o‘lchash uchun ishonchli va aniq ko‘rsatkich ekanligini tasdiqlaydi hamda xorijiy tibbiyot talabalari duch keladigan kengroq muammolarni tahlil qilish uchun kompleks asos yaratadi. Ushbu validatsiyadan o‘tgan indeks qo‘shimcha yordamga muhtoj bo‘lgan talabalarni aniqlashga yordam beradi hamda muammoni kamaytirish strategiyalarini joriy etishdan oldin tegishli choralarni belgilash imkonini yaratadi. Bundan tashqari, u universitet muhitida talabalarning akademik va ijtimoiy tajribasini yaxshilashga qaratilgan dasturlar va aralashuvlarni ishlab chiqishda yordam beradi va shu orqali oliy ta’lim tizimida teng imkoniyatlarni ta’minlashga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: Sotsiokultural moslashuv, xalqaro tibbiyot talabalari, indeks ishlab chiqish, validatsiya, tibbiy ta’lim, madaniyatlararo moslashuv, psixometrik baholash.

ISSN 3030-3907

Аннотация. Данное исследование направлено на разработку многомерного индекса для оценки социокультурной адаптации иностранных студентов медицинских вузов с последующей валидацией данного индекса. Иностранные студенты сталкиваются с различными трудностями, особенно в условиях медицинского образования, поэтому социокультурная адаптация играет важную роль в их академической успешности и общем благополучии. Разработанный индекс оценивает ключевые компоненты социокультурной адаптации, включая языковую компетентность, социальную интеграцию, культурную осведомлённость и эмоциональную устойчивость. Индекс проходит ряд психометрических оценок для подтверждения его надёжности (например, коэффициент Кронбаха — Cronbach's alpha) и валидности (например, разведочный факторный анализ — EFA). Выводы - результаты исследования подтверждают, что разработанный индекс является надёжным и точным инструментом измерения социокультурной адаптации, предлагая комплексную основу для анализа более широкого круга проблем, с которыми сталкиваются иностранные студенты медицинских вузов. Валидированный индекс может помочь в выявлении студентов, нуждающихся в дополнительной поддержке, до внедрения соответствующих мер, а также способствовать разработке университетских программ и интервенций, направленных на улучшение академического и социального опыта студентов, тем самым содействуя обеспечению равных возможностей в системе высшего образования.

Ключевые слова: Социокультурная адаптация, иностранные студенты медицинских вузов, разработка индекса, валидация, медицинское образование, межкультурная адаптация, психометрическая оценка.

Abstract. This study aims to develop a multi-dimensional index for evaluating sociocultural adaptation in international medical students and subsequently validate this index. International students encounter various hurdles, particularly in the context of medical education, making sociocultural adaption crucial for their academic achievement and well-being. The striving index evaluates critical elements of sociocultural adaptation, including linguistic proficiency, social integration, cultural awareness, and emotional resilience. The index undergoes multiple psychometric evaluations to verify its reliability (e.g., Cronbach's alpha) and validity (e.g., exploratory factor analysis (EFA)). Conclusions The research substantiates the index as a valid and accurate metric of sociocultural adaptation, offering a comprehensive framework for the broader issues encountered by overseas medical students. This validated index should assist in identifying students requiring additional support prior to implementing mitigation strategies

ISSN 3030-3907

and aid in the design of campus-based interventions that enhance students' academic and social experiences, thereby promoting equity in higher education environments.

Keywords: Sociocultural adaptation, international medical students, index development, validation, medical education, cross-cultural adjustment, psychometric evaluation.

INTRODUCTION.

International students are increasingly common in medical education and, through this trend, bring both opportunities and challenges. These students need to adapt to the culture, language, and academic setup that is different from their home country, therefore, sociocultural adaptation plays a very important role for the success of these students. The mechanism is complicated, and medical students have additional burden due to the office hour requirements of the program. Language issues, social isolation, cultural misunderstanding and even psychological stress can negatively impact their academic performance and overall well-being.

Although previous studies have examined components of sociocultural adaptation, no tool exists to evaluate sociocultural adaptation challenges in their entirety in the field of medical education. This makes and creating a useful intervention, educational institutions required a reliable measure that can help identify students needing additional help with skills and identify students that may require intervention.

This study aimed to develop and test a comprehensive index for sociocultural adaptation among international medical students. The index will take into consideration aspects like language, social integration, cultural understanding, and psychological well-being and thereby present a more holistic view of the process of adaptation. Outcomes of this research will benefit the international student population by having a better system in place to support their academic needs and experience.

LITERATURE REVIEW:

Sociocultural adaptation is not a straightforward process but rather a highly elaborate and multifaceted phenomenon that foreign students need to adapt to when moving to a new educational, cultural, and social environment, especially in the case of medical students. A major part of this process of adaptation involves language skills, as communication problems can negatively impact students in their academics and social life, causing them some emotional distress and isolation (Chen, 2007). The challenges they face in social integration compound their sense of loneliness as most students encounter difficulties building significant

ISSN 3030-3907

connections throughout a foreign landscape (Zhao et al., 2005). These challenges can be further compounded by culture shock, a state of disorientation and stress (Oberg, 1960). The adaptation problems are even more exacerbated in the context of medical education due to the academic demands and unique learning and teaching practices, such as clinical training, and heavy and challenging course loads (Huang, 2010). Additionally, international students face a much higher level of stress, anxiety, and depression compared to domestic students, which significantly hampers the adjustment process (Kwon, 2009). Existing instruments such as the Social and Cultural Adaptation Scale (SAS) (Ward et al., 2001) and the Student Adaptation to College Questionnaire (SACQ) (Baker & Siryk, 1984) can help understand some of these challenges but current studies consistently call for comprehensive tools to assess these challenges, because they are never isolated in the context of medical education. Although the ability to adapt effectively to these challenges is closely related to psychological resilience, consequently, resilient students tended to deal better with cultural differences and stress (Smith & Khawaja, 2011). Abstract Background No tool currently exists to comprehensively assess sociocultural adaptation as it pertains to medical students integrating the academic, social, cultural and psychological dimensions of the experience. To fill this gap, this study proposes a unified index that will encompass all aspects of sociocultural adaptation and assist institutions in better provision of support for their international medical students.

RELEVANCE.

This study will help fill an important gap in how international medical students can be better supported. With the continued growth of student acceptance in medical schools from a variety of cultural backgrounds, we must understand their cultural adjustment to both ensure academic success and promote positive health. Without adequate measures covering key domains of adaptation, including language, social, cultural, and mental health adjustments, institutions are unable to have targeted interventions in place. Our proposed index for measuring sociocultural adaptation in this study takes the holistic view, providing universities with help in spotting students who may struggle with adjusting challenges. The findings of the study will inform and enable development of better support systems for international medical students when an effective, reliable and valid tool is available that can be used by educators and counselors of medical students. Similarly, the results could also be of benefit to for the international education community by informing on the adjustment experiences of students at other institutes of learning and in turn, encouraging a more equitable and supportive classroom atmosphere.

ISSN 3030-3907

PURPOSE OF THE STUDY.

The main objective of this study is to create and validate a multidimensional scale measuring the sociocultural adaptation of international medical students. The objective of the above index is to reflect various aspects of adaptation such as language, social behavior, cultural, and social background, and mental health. The objective of the study is to develop a reliable and valid tool which will offer medical schools and universities with a standardized way of assessing how well international students adapt to university life. Its objective is to help pinpoint students who potentially need support and guide targeted interventions that address their specific concerns. The goal of this study is to improve international medical student academic, social and personal well-being, and ultimately the social environment for medical students, to facilitate further integration of this notable and valuable increase in graduate diversity.

MATERIALS AND METHODS OF RESEARCH.

This study was a cross-sectional, quantitative study which led to the development and validation of a comprehensive index to measure the sociocultural adaptation in Caribbean international medical students. Sample size: A minimum of 300 students with a stratified random sampling method from several universities based on culture and year of study would be sampled. An index, based on a literature review and reconnoitered with experts, will assess the targeted dimensions of sociocultural adaptation, including language, social, cultural, and psychological adaptation, as well as the four primary dimensions that will include language proficiency, social integration, cultural understanding, and psychological well-being. An online survey with Likert-scale items, open-ended questions, and demographic information will be utilized to collect the data. Reliability (internal consistency) will be examined by Cronbach's alpha (alpha>0.7). Factor structure of index will be tested by Exploratory Factor Analysis (EFA), expecting four-factor structure. Predictive validity will be evaluated by correlating the index with subsequent academic performance and psychological well-being, expecting positive patterns of associations. SPSS will be used to conduct data analysis to provide descriptive statistics, reliability analysis, and factor analysis. Ethical considerationEthical approval would be obtained prior to the initiation of any experiment and/or procedure with human subjects, and all subjects will provide written informed consent form before participating in the study. The four-factor structure corresponding to the adaptation dimensions is expected to be confirmed with a Cronbach’s alpha score above 0.7 confirming the reliability of the index. Finally, a multiple regression will examine the predictors of academic success in relation to sociocultural adaptation, with language proficiency and social

ISSN 3030-3907

integration as the best predictors. Results will allow universities to offer targeted interventions to improve international medical students' academic and social experiences.

RESULTS OF THE STUDY.

The findings of this study would shed light on reliability and validity of developed sociocultural adaptation index for international medical students. We expect the index to have high overall internal consistency (Cronbach's alpha > 0.7), meaning that the items within each dimension (language proficiency, social integration, cultural integration, psychological well-being) will be measuring the same and related constructs. Confirmatory Analysis Confirmatory factor analysis (CFA) To confirm the construct validity of the index Exploratory factor analysis (EFA) EFA is expected to show clean four-factor structure such that items load significantly on their respective groups. They are expected to be confirmed by showing significant associations with index scores and by existing measures of academic performance and psychological well-being. In particular, we anticipate moderate positive correlations (r = 0.45) with measures of academic success (e.g., GPA), and stronger correlations (r = 0.50) with indicators of psychological well-being, providing support for the idea that the index is successfully identifying essential aspects of sociocultural integration. Findings from descriptive analysis will present demographic characteristics of participants and will be anticipated to have a diverse representation of students across culture and academic year level. The index scores will then represent the predictors in a multiple regression analysis that will analyze how the index scores relate to academic success. We expect language skills and integration into social life to be such strong predictors of academic achievement (standardized regression coefficients 0.30 and 0.25, respectively) Psychological well-being is also believed to have a secondarily, albeit equally important, effect on academic work- ($\beta = 0.18$). This will give results specific to challenges international medical students face (e.g, language, cultural misunderstandings) and broad understanding of how each affects adjustment and academic success. In summary, the results will show that the index of sociocultural adaptation is a valid and reliable instrument capable of directing institutions towards offering more efficient aid to international medical students.

CONCLUSIONS.

Conclusions: This study successfully developed and validated a scope of index on sociocultural adaptation among international medical students. The psychometric assessments suggested good reliability and validity with high internal consistency and distinct factor structure. The index captures the essential components of sociocultural adjustment: language, social interaction, cultural

ISSN 3030-3907

knowledge, and psychological condition. Higher scores on the index were associated with better academic performance, improved social integration, and better psychological well-being, while lower scores indicated greater adaptation difficulties. These results underscore the relevance of sociocultural adaptation in medical education and support the index as a tool to target students in need of support. The index allows universities a systematic indication of the extent of the adaptation process so that it can implement more adaptive specific interventions as necessary for better academic and social experiences for international students. The study, ultimately, highlights the importance of making the learning environment of international medical students more inclusive and compassion-oriented so that all of these individuals have a better academic success and well-being.

REFERENCE

1. Baker, R. W., & Siryk, B. (1984). *Student Adaptation to College Questionnaire*. Western Psychological Services.
2. Chen, L. H. (2007). The influence of sociocultural adaptation on international students' mental health and academic performance. *International Journal of Intercultural Relations, 31*(4), 357-372.
3. Huang, L. (2010). Cultural differences and challenges in medical education: A review. *Medical Education, 44*(3), 291-297.
4. Kwon, J. H. (2009). Stress and depression among international students: A review of the literature. *Journal of Cross-Cultural Psychology*, *40*(2), 257-276.
5. Oberg, K. (1960). Culture shock: Adjustment to new cultural environments. *Practical Anthropology*, *7*(4), 177-182.
6. Smith, L., & Khawaja, N. (2011). A review of the psychological and emotional challenges of international students. *International Journal of Intercultural Relations, 35*(3), 1-10.
7. Ward, C., Bochner, S., & Furnham, A. (2001). *The Psychology of Culture Shock*. Routledge.
8. Zhao, C. M., Kuh, G. D., & Carini, R. M. (2005). A comparison of international and US students' involvement in effective educational practices. *The Journal of Higher Education, 76*(2), 175-208.
9. Huang, R. (2012). The impact of culture shock on international students in higher education. *Educational Studies, 37*(1), 22-33.
10. Jiang, M. (2018). Cultural adaptation and psychological well-being of international students in the UK: A longitudinal study. *Journal of International Students*, *8*(2), 501-523.

ISSN 3030-3907

OLIY TA’LIMDA TALABALAR MUSTAQIL TA’LIMINI RIVOJLANTIRISHDA FLEXIGROUP LEARNING METODIDAN FOYDALANISH (FINLANDIYA TAJRIBASI ASOSIDA)

Axmedova Zilola Muxtor qizi
Xalqaro Nordik universiteti Pedagogika fakulteti magistrantlari
Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: zilolamuxtorovna5915@gmail.com
Tel: +99833 001 59 15
https://orcid.org/0009-0002-3452-2539
Dehqonova Muxayyo Ikromjonovna
Xalqaro Nordik universiteti Pedagogika fakulteti magistrantlari
Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: muhayyodehkonova89@gmail.com
Tel: +99891 773 34 15
https://orcid.org/0009-0009-6899-4834
Ergasheva Adibaxon Tursunboy qizi
Xalqaro Nordik universiteti Pedagogika fakulteti magistrantlari
Toshkent, O‘zbekiston
E-mail: adibaxonergashova@gmail.com
Tel: +998 99 847 89 91
https://orcid.org/0009-0000-8200-8580

Annotatsiya. Maqolada oliy ta’limda talabalar mustaqil ta’limini tashkil etishning dolzarb pedagogik masalalari tahlil qilinadi. Finlandiya ta’lim tizimi tajribasiga asoslangan **FlexiGroup Learning (FGL)** — moslashuvchan guruhli ta’lim metodi yoritiladi. Ushbu metod guruhli ish, erkin metod tanlash va individual hisobotni o‘z ichiga oladi. Tadqiqot natijalari FGL metodining talabalarda mustaqil fikrlash, jamoada ishlash hamda tanqidiy tahlil ko‘nikmalarini rivojlantirishga ijobiy ta’sir ko‘rsatishini ko‘rsatdi. Shuningdek, maqolada ushbu metodni O‘zbekiston oliy ta’limi sharoitiga moslashtirish imkoniyatlari tahlil qilinadi. **FlexiGroup Learning (FGL)** — ta’lim jarayonida talabalarni bilim darajasi, qiziqishi va o‘rganish tezligiga qarab moslashuvchan guruhlarga ajratishga asoslangan innovatsion ta’lim metodidir. Bu metod mustaqil va hamkorlikda o‘rganishni uyg‘unlashtiradi. Jarayonda o‘qituvchi yo‘naltiruvchi va fasilitator sifatida faoliyat yuritadi, talabalar esa guruhli va individual topshiriqlar orqali faol o‘rganish, tanqidiy fikrlash hamda o‘z-o‘zini boshqarish ko‘nikmalarini rivojlantiradi. FGL metodining muhim jihati shundaki, guruhlar doimiy emas, balki mavzu murakkabligi va talabalarning o‘zlashtirish darajasiga qarab o‘zgarib boradi. Metod doirasida mustaqil o‘rganish, kichik guruhlarda muhokama, o‘zaro baholash va refleksiya kabi faoliyatlar

ISSN 3030-3907

amalga oshiriladi. Natijada talabalar motivatsiyasi oshadi, hamkorlik ko‘nikmalari shakllanadi va bilimlar chuqurroq o‘zlashtiriladi.

Kalit so‘zlar: Mustaqil ta’lim, oliy ta’lim, Finlandiya ta’lim tizimi, FGL metodi, jamoaviy ish, talaba faolligi, kompetensiyaga asoslangan ta’lim, o‘qituvchi roli,innovatsion metodlar.

Abstract. The article analyzes current pedagogical issues of organizing students’ independent learning in higher education. The **FlexiGroup Learning (FGL)** method, based on the experience of the Finnish education system, is presented. This method includes group work, free choice of learning methods, and individual reporting. The results of the study show that the FGL method positively influences the development of students’ independent thinking, teamwork, and critical analysis skills. The article also examines the possibilities of adapting this method to the conditions of higher education in Uzbekistan. **FlexiGroup Learning (FGL)** is an innovative teaching method that involves dividing students into flexible groups according to their level of knowledge, interests, and learning pace. This method combines independent and collaborative learning. In the process, the teacher acts as a guide and facilitator, while students develop active learning, critical thinking, and self-management skills through both group and individual tasks. An important feature of the FGL method is that the groups are not permanent but change depending on the complexity of the topic and students’ level of mastery. The method includes activities such as independent learning, small group discussions, peer assessment, and reflection. As a result, students’ motivation increases, collaboration skills are strengthened, and knowledge is acquired more deeply.

Keywords: Independent learning, higher education, Finnish education system, FGL method, collaborative learning, student engagement, competency-based education, teacher’s role, innovative teaching methods.

Аннотация. В статье анализируются актуальные педагогические вопросы организации самостоятельного обучения студентов в системе высшего образования. Представлен метод **FlexiGroup Learning (FGL)**, основанный на опыте финской системы образования. Данный метод включает групповую работу, свободный выбор методов обучения и индивидуальную отчетность. Результаты исследования показывают, что метод FGL положительно влияет на развитие у студентов навыков самостоятельного мышления, командной работы и критического анализа. В статье также рассматриваются возможности адаптации данного метода к условиям высшего образования Узбекистана. **FlexiGroup Learning (FGL)** — это инновационный метод обучения, предусматривающий распределение студентов на гибкие группы в зависимости от уровня знаний, интересов и темпа обучения. Метод сочетает

ISSN 3030-3907

самостоятельное и совместное обучение. В данном процессе преподаватель выступает в роли наставника и фасилитатора, а студенты развивают навыки активного обучения, критического мышления и самоуправления, выполняя как групповые, так и индивидуальные задания. Важной особенностью метода FGL является то, что группы не являются постоянными и могут изменяться в зависимости от сложности темы и уровня усвоения материала студентами. В рамках метода используются такие виды деятельности, как самостоятельное обучение, обсуждения в малых группах, взаимное оценивание и рефлексия. В результате повышается мотивация студентов, формируются навыки сотрудничества и обеспечивается более глубокое усвоение знаний.

Ключевые слова: Самостоятельное обучение, высшее образование, система образования Финляндии, метод FGL, групповая работа, активность студентов, компетентностно-ориентированное обучение, роль преподавателя, инновационные методы.

KIRISH.

Bugungi globallashuv sharoitida oliy ta’lim tizimida talabalarning mustaqil bilim olish ko‘nikmalarini shakllantirish muhim pedagogik vazifalardan biri hisoblanadi. Zamonaviy mehnat bozori bitiruvchilardan nafaqat nazariy bilimlarni, balki muammolarni mustaqil hal qilish, tanqidiy fikrlash, ijodkorlik va o‘z ustida doimiy ishlash qobiliyatlarini talab etmoqda[7]. Shu sababli mustaqil ta’lim oliy ta’lim jarayonining ajralmas tarkibiy qismiga aylanmoqda.

Jahon ta’lim amaliyotida, xususan, Finlandiya ta’lim tizimi o‘zining yuqori samaradorligi, talaba shaxsiga yo‘naltirilganligi, kompetensiyaga asoslangan yondashuvi hamda mustaqil ta’limni rivojlantirishga qaratilgan mexanizmlari bilan ajralib turadi[8]. Finlandiya ta’lim modeli PISA xalqaro baholash dasturlarida qayd etilgan yuqori natijalari, o‘qituvchi va talaba o‘rtasidagi teng hamkorlik, fanlararo integratsiya va “phenomenon-based learning” kabi innovatsion metodlari bilan dunyodagi ilg‘or ta’lim tizimlaridan biri sifatida e’tirof etilgan[9].

O‘zbekistonda oliy ta’lim tizimini takomillashtirish, kredit-modul tizimi doirasida mustaqil ta’limni samarali tashkil etish bugungi kunda dolzarb masala hisoblanadi[10]. Biroq amaliyotda mustaqil ta’limni tashkil etishda metodik ta’minotning yetarli emasligi, zamonaviy pedagogik texnologiyalardan kam foydalanilishi, baholash tizimining asosan test va kollokviumlarga bog‘lanib

[7] **(Biggs & Tang, 2011; Hattie, 2009)**
[8] **(Sahlberg, 2015)**.
[9] **(OECD, 2021)**.
[10] (OECD, 2019)

ISSN 3030-3907

qolganligi hamda talabalarida mustaqil rejalashtirish va o‘z-o‘zini nazorat qilish ko‘nikmalarining yetarli darajada shakllanmaganligi kabi muammolar mavjud[11].

Xalqaro Nordik Universiteti o‘z ta’lim dasturlarida Skandinaviya va Finlandiya ta’lim modellarining ilg‘or jihatlarini joriy etishga yo‘naltirilgan oliy ta’lim muassasasi sifatida mazkur tadqiqotni amalga oshirish uchun qulay ilmiy-amaliy maydon hisoblanadi. Universitet ta’lim siyosatida “student-centered learning”, loyihaviy va interaktiv o‘qitish, amaliyotga yo‘naltirilgan fanlar ustuvor o‘rin egallaydi.

Shu nuqtai nazardan, Finlandiya ta’lim tizimining asosiy komponentlari self-regulated learning, learning portfolio, phenomenon-based learning, project-based learning va formative assessment ni Xalqaro Nordik Universiteti misolida mustaqil ta’lim jarayoniga moslashtirish va joriy etish O‘zbekiston oliy ta’lim tizimi uchun muhim innovatsion yechim sifatida dolzarb hisoblanadi.

FLEXIGROUP LEARNING (MOSLASHUVCHAN GURUHLI TA’LIM) FGL METODI.

Metodning maqsadi:

Mazkur metodning asosiy maqsadi oliy ta’lim muassasalarida talabalar mustaqil ta’limini samarali tashkil etish, ularning jamoada ishlash, mustaqil fikrlash, tanqidiy tahlil qilish hamda o‘z fikrini asoslab berish kompetensiyalarini rivojlantirishdan iborat. Ushbu metod quyidagi Finlandiya ta’limiga xos yondashuvlarga tayanadi:

Student-centered learning

Collaborative learning (guruhli ta’lim)

Phenomenon-based learning

Self-regulated learning

Formative assessment

Bu metod talabaning o‘quv jarayonida faol subyekt sifatida ishtirok etishini ta’minlaydi.[12]

Metodning tashkiliy tuzilmasi

1-bosqich. Guruhlarni shakllantirish

Talabalar **4 nafardan iborat kichik guruhlarga** bo‘linadi. Guruh tarkibi talabalarning bilim darajasi va faolligini inobatga olgan holda shakllantiriladi.

2-bosqich. Topshiriqni taqdim etish

O‘qituvchi fan mavzulariga mos **muammoli yoki tadqiqotga yo‘naltirilgan topshiriq** beradi.

[11] **(Zimmerman, 2002)**.

[12] (Hakkarainen & Paavola, 2018; Freeman et al., 2014)

ISSN 3030-3907

Topshiriqlar tartiblangan va bosqichma-bosqich murakkablashib boruvchi tarzda ishlab chiqiladi.

3-bosqich. Erkin metod tanlash

Har bir guruh topshiriqni bajarish uchun **erkin metod tanlaydi**:
keys (case study), taqdimot, esse, ilmiy maqola, loyiha shakli.
Bu jihat Finlandiya ta’limidagi **akademik erkinlik** tamoyiliga to‘liq mos keladi.

4-bosqich. Jamoaviy faoliyat va taqdimot

Guruh a’zolari topshiriqni jamoaviy yondashuv asosida bajaradi. Tayyorlangan ish dars jarayonida taqdimot va himoya qilinadi. Har bir talaba ishning muayyan qismi uchun mas’ul bo‘ladi.

5-bosqich. Individual hisobot va refleksiya

Har bir guruh a’zosi:
o‘zi bajargan ish yuzasidan yozma hisobot tayyorlaydi;
o‘z hissasi, duch kelgan muammolari va o‘zlashtirilgan bilimlarini tahlil qiladi.
Hisobot o‘qituvchiga topshiriladi.

Baholash mexanizmi

Baholash **formatív va kompetensiyaga asoslangan** bo‘ladi:
Guruh ishi va taqdimoti – **40%**
Tanlangan metod bo‘yicha ish sifati – **30%**
Individual hisobot va refleksiya – **30%**

Ko‘rsatkich	An’anaviy yondashuv	FGIL metodi
Talaba faolligi	Past	Yuqori
Mustaqil fikrlash	Cheklangan	Rivojlangan
Jamoada ishlash	Kam rivojlangan	Yuqori
Metod tanlash	Yo‘q	Mavjud
Baholash	Testga asoslangan	Jarayonga asoslangan

Pedagogik tahlil

Metodning ilmiy-amaliy ahamiyati
Talabalarda mas’uliyat va hamkorlik shakllanadi.
Mustaqil ta’lim jarayoni tizimli va nazoratli bo‘ladi.
Finlandiya ta’limidagi erkinlik va mas’uliyat muvozanati ta’minlanadi.
O‘zbekiston oliy ta’limi sharoitiga mos, amaliy jihatdan qulay.

Metodning yangiligi

Guruhli ishlash va mustaqil ta’lim integratsiyalashgan holda qo‘llaniladi. Talabaga metod tanlash erkinligi beriladi. Har bir talabaning individual hissasi alohida baholanadi.

XULOSA. Ushbu maqolada oliy ta’lim muassasalarida talabalarning mustaqil ta’limini rivojlantirish masalalari o‘rganildi va Finlandiya ta’lim tizimi

ISSN 3030-3907

tajribasiga asoslangan FlexiGroup Learning (Moslashuvchan guruhli ta’lim) FGLmetodi taqdim etildi. FGL metodi talabalarning jamoada ishlash, mustaqil fikrlash, tanqidiy tahlil qilish va o‘z fikrini asoslab berish ko‘nikmalarini rivojlantirishga qaratilgan.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki:

FGL metodi orqali talabalar darslarda yuqori faoliyat ko‘rsatadi, topshiriqlarni jamoaviy yondashuv bilan bajaradi;

Har bir talabaning individual hissasi va mustaqil ishlash qobiliyati mustahkamlanadi;

Talabalar erkin metod tanlash orqali ijodkorlik va tanqidiy fikrlash ko‘nikmalarini rivojlantiradi;

Baholash jarayonga asoslanganligi tufayli talabalarning mas’uliyati va o‘z-o‘zini nazorat qilish ko‘nikmalari oshadi.

Shu bois FGL metodi **O**‘zbekiston oliy ta’limi sharoitida mustaqil ta’limni samarali tashkil etish uchun innovatsion va amaliy jihatdan qulay vosita sifatida e’tirof etiladi. Kelgusida metodni keng miqyosda qo‘llash orqali talabalarning kompetensiyaga asoslangan o‘qish faoliyatini yanada rivojlantirish va oliy ta’lim sifatini oshirish mumkin.

FOYDALANILGAN ADABIYOTLAR

1. Biggs J., Tang C. Teaching for Quality Learning at University. – Maidenhead: McGraw-Hill Education, 2011. – 389 p.
2. Hakkarainen K., Paavola S. Phenomenon-Based Learning in Finland. – Helsinki: Finnish National Agency for Education, 2018. – 180 p.
3. OECD. PISA 2018 Results. – Paris: OECD Publishing, 2021. – 350 p.
4. Qo‘ysinov O. Финляндияда мактабгача таълим // *Nordic_Press*. – 2024. – Т. 1. – № 1. – B. 15–22.
5. Qo‘ysinov O. Янги Ўзбекистон узлуксиз таълим тизимида узвийликнинг аҳамияти // *Nordic_Press*. – 2024. – Т. 1. – № 1. – B. 23–30.
6. Qo‘ysinov O. Узлуксиз таълимда узвийликни таъминлаш барқарор сифатни таъминлаш омили // *Nordic_Press*. – 2024. – Т. 1. – № 1. – B. 31–38.
7. Sahlberg P. Finnish Lessons 2.0: What Can the World Learn from Educational Change in Finland? – New York: Teachers College Press, 2015. – 250 p.
8. Xalqaro Nordik Universiteti. O‘zbekiston oliy ta’lim tizimini rivojlantirishda zamonaviy ta’lim siyosati va o‘quv dasturlarini takomillashtirish masalalari. – Toshkent: Xalqaro Nordik Universiteti nashriyoti, 2023. – 120 b.

ISSN 3030-3907