

ISSN 2181-7200

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ТАЪЛИМ, ФАН ВА ИННОВАЦИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ

ФАРҒОНА ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

И Л М И Й – Т Е Х Н И К А Ж У Р Н А Л И



2026. СПЕЦ. ВЫПУСК № 9

**НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ**

**SCIENTIFIC – TECHNICAL
JOURNAL**

ФАРҒОНА – 2026

ИЛМИЙ-ТЕХНИКА ЖУРНАЛИ ТАХРИРИЯТИ

1997 йилдан буён нашр этилади.
Йилига 6 марта чоп қилинади.

ЎзР Олий аттестация комиссияси
Раёсатининг 2013 йил 30 декабрдаги
№201/3 қарори билан журнал ОАК нинг
илмий нашрлари рўйхатига киритилган

Бош муҳаррир

Р.Р. ТОЖИЕВ

Тахрир хайъати:

Физика-математика фанлари:

- | | |
|---|--------------------------------|
| 1. Вайткус Ю.Ю., академик, ф.-м.ф.д., проф. | – Вильнюс, Литва ДУ |
| 2. Тарасенко С.А., ф.-м.ф.д., проф. | – С.-Пб. ФТИ, РФА |
| 3. Мўминов Р.А., академик, ф.-м.ф.д., проф. | – Ўз ФА ФТИ |
| 4. Сиддиқов Б.М., Prof. of Mathem. | – Ferris State University, USA |
| 5. Нуриддинов И., ф.-м.ф.д., проф. | – Ўз ФА ЯФИ |
| 6. Юлдашев Н.Х., ф.-м.ф.д., проф. | – ФДТУ |

Механика:

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. Алиматов Б.А., т.ф.д., проф. | – ФДТУ |
| 2. Сиваченко Л.А., академик, т.ф.д., проф. | – Бел.-Рос. Университет, Белорусия |
| 3. Тожиёв Р.Ж., т.ф.д., проф. | – ФДТУ |
| 4. Тўхтақўзиёв А., т.ф.д., проф. | – Ўз ФА МЭИ |
| 5. Файзиматов Ш.Н., т.ф.д., проф. | – ФДТУ |
| 6. Валиёв Г.Н., т.ф.д., проф. | – ФДТУ |

Қурилиш:

- | | |
|-----------------------------------|-----------------------------|
| 1. Аббасов Ё.С., т.ф.д., проф. | – ФДТУ |
| 2. Ақромов Х.А., т.ф.д., проф. | – Тош АҚИ |
| 3. Одилхажоев А.Э., т.ф.д., проф. | – Тош ТЙТМИ |
| 4. Раззаков С.Ж., т.ф.д., проф. | – НамМҚИ |
| 5. Шинкова Н.Б. т.ф.д.проф. | – Москва Арх. Инст., Россия |

Энергетика, электротехника

- | | |
|-------------------------------------|-----------------|
| 1. Арипов Н.М., т.ф.д., проф. | – Тошкент ТЙТМИ |
| 2. Хайриддинов Б.Э., т.ф.д., проф. | – Қарши ДУ |
| 3. Қасимахунова А.М., т.ф.д., проф. | – ФДТУ |
| 4. Эргашев С.Ф., т.ф.д., проф. | – ФДТУ |

Кимёвий технология ва экология

- | | |
|-----------------------------------|---------------------------|
| 1. Салиханова Д.С., т.ф.д. проф. | – Ўз ФА УНКИ |
| 2. Ибрагимов А.А., к.ф.д., проф. | – ФДУ |
| 3. Ибрагимов О.О., к.х.ф.д. проф. | – ФДТУ |
| 4. Омонов Т.С., ф.-м.ф.д., проф. | – Альберта Универ, Канада |
| 5. Хамдамова Ш.Ш., т.ф.д. | – ФДТУ |
| 6. Хамроқулов З.А., т.ф.д. | – ФДТУ |

Электрон қурилмалар ва ахборот технологиялари:

- | | |
|-----------------------------------|--------|
| 1. Расулов А.М., ф.-м.ф.д., проф. | – ФДТУ |
| 2. Акбаров Д.Е., ф.-м.ф.д., проф. | – ҚДУ |
| 3. Нишонов А.Х., т.ф.д., проф. | – ТАТУ |

Ижтимоий-иқтисодий фанлар

- | | |
|------------------------------------|------------------------|
| 1. Ертаев К.Е., и.ф.д. проф. | – Тараз ДУ, Қозоғистон |
| 2. Икромов М.А., и.ф.д., проф. | – Тош ИУ |
| 3. Искандарова Ш.М., ф.ф.д., проф. | – ФДУ |
| 4. Исманов И.Н., и.ф.д., проф. | – ФДТУ |
| 5. Жаҳонгиров И.Ж., и.ф.д. | – ФДТУ |

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издаётся с 1997 года.
Выходит 6 раз в год.

Постановлением Президиума Высшей
аттестационной комиссии РУз №201/3
от 30 декабря 2013 г. журнал включен в
список научных изданий ВАК.

Главный редактор

Р.Р. ТОЖИЕВ

Редакционная коллегия:

Ё.С. Аббасов, Б.А. Алиматов, Х.А. Ақромов, Н.М. Арипов, Д.Е. Акбаров, Ю.Ю. Вайткус, Г.Н. Валиев, К.Е. Ертаев, И.Ж. Жаҳонгиров, А.А. Ибрагимов, О.О. Ибрагимов, М.А. Икромов, Ш.М. Искандарова, И.Н. Исманов, А.М. Қасимахунова, Р.А. Муминов, И. Нуриддинов, А.Х. Нишонов, А.Э. Одилхажоев, Т.С. Омонов, А.М. Расулов, С.Ж. Раззаков, Б. Сиддиқов, Л.А. Сиваченко, Д.С. Салиханова, С.А. Тарасенко, Р.Ж. Тожиёв, А.А. Тухтақўзиёв, Ш.Н. Файзиматов, Б.Э. Хайриддинов, Ш.Ш. Хамдамова, З.А. Хамроқулов, Н.Б. Шинкова, С.Ф. Эргашев, Н.Х. Юлдашев (ответственный редактор)

SCIENTIFIC – TECHNICAL JOURNAL

It has been published since 1997.
It is issued 6 times a year.

By Resolution №. 201/3 of the Presidium of the Higher
Attestation Commission of the Republic of Uzbekistan dated
December 30, 2013, the journal was included in the list of
scientific publications of the HAC.

Editor-in-chief

R.R. TOJIEV

Editorial board members:

Yo.S. Abbasov, B.A. Alimatov, X.A. Akromov, N.M. Aripov, D.Ye. Akbarov, Yu.Yu. Vaitkus, G.N. Valiev, K.E. Ertaev, I.J. Jaxongirov, A.A. Ibragimov, O.O. Ibragimov, M.A. Ikramov, Sh.M. Iskandarova, I.N. Ismanov, A.M. Kasimahunova, R.A. Muminov, I. Nuritdinov, A.X. Nishonov, A.O. Odilxajayev, T.S. Omonov, A.M. Rasulov, S.J. Razzakov, B. Siddikov, L.A. Sivachenko, D.S. Salikhanova, S.A. Tarasenko, R.J. Tojiev, A.A. Tuxtakuziev, Sh.N. Fayzimatov, B.E. Hayriddinov, Sh.Sh. Xamdamova, Z.A. Xamroqulov, N.B. Shinkova, S.F. Ergashev, N.Kh. Yuldashev (Executive Editor)

ФУНДАМЕНТАЛ ФАНЛАР

Nasriddinov O.U. Differensial tenglamaga keluvchi fizik masalani Maple dasturida yechish	12
Mamatova Z.X., Ro‘zaliyev Sh.A., Raximova G.N. Aqlli shahar sharoitida maishiy chiqindilarni yig‘ish mashrutlarini matematik optimallashtirish orqali samaradorlikni oshirish	16
Sodiqxo‘jayeva Sh.X. Mashinaviy o‘rganish bilan integratsiyalashgan differensial tizimlar asosida sanoat energiya iste‘molini bashoratli tahlil qilish uchun matematik modellash	22

МЕХАНИКА

Valiyev G.N., Xaydarova M.Q. Ayollar kastyumi uchun yangi turdagi naqshli to‘qimalarini loyihalash usullari va tadqiqi	32
Ғайратов Ж.Ғ., Алойдinov M.Ғ., Джамолов P.К. Тароксимон тебранувчи тарнов сиртидаги тукли чигит оқимини саралашдаги таҳлили	36
Isomidinov A.S. Rotor-filtrli qurilmaning xo‘l usulda changli gazlarni tozalashdagi texnik samaradorligini mavjud skrubberlar bilan MATLAB asosida qiyosiy tahlil qilish	40
Axunbayev A.A., Isomidinov A.S., Xudoyberganov M.O. Uch qismli ko‘taruvchi-taqsimlovchi nasadka qo‘llangan barabanli quritgichlarda aerodinamik qarshilik va energiya sarfini kompleks baholash	47
Abduqahhorov I.A. Suvdan vodorod olish texnologiyalari va olingan vodoroddan ekologik toza yoqilg‘i sifatida foydalanish istiqbollari	53
Xaydarova M.K. Mahalliy paxta xomashyosi asosida yaratilgan ayollar kastyumi uchun mo‘ljallangan naqshli matoning fizik – mexanik ko‘rsatkichlari tahlili	57
Valiyev N.G. Ipak gazlamalari assortimentini takomillashtirishda ip strukturasi va to‘qima o‘rilishlarining texnologik ahamiyati	61
Ibragimov A.O. Paxta oqimining arrachali barabanga bir tekis tushishini ta‘minlash jarayonining nazariy tahlili	65
Valiyev N.G. To‘qimachilik iplarida deformatsiya jarayonlarini optik-raqamli monitoring qilish va baholashning nazariy-metodik asoslari	72
Tojaliyev D.O‘., Valiyev G.N. To‘qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatida kalava ip ishlab chiqarishning innovatsion texnologiyalari va rivojlanish istiqbollari	78
Рубидинов Ш.Ғ. Маҳаллий хом ашёлардан асосида антикоррозион композицион қопламаларни ишлаб чиқиш	81
Yo‘ldoshov K. Mahalliyashtirish sharoitida avtomobil yig‘uv sexlarida butlovchi qismlar nuqsonlarini tahlil qilish va ishlab chiqarish barqarorligini ta‘minlash usullarini takomillashtirish	85
Abduraximova M.S., Mahsudov Sh.A. Erkaklar kostuymini konstruktiv nuqsonlari va ularni bartaraf etish yo‘llari	92

ҚУРИЛИШ

Mamatov V.Sh., Xoshimov S.N., Jetpisbaeva Sh.J. Radial tindirgichlarda cho‘kma hosil bo‘lish jarayonining nazariy tahlili	98
Umiriddinov I.O., Xoshimov S.N., Jetpisbaeva Sh.J. Suv tozalash tizimlarida radial tindirgichlarning konstruktiv yechimlari va samaradorligi	102
Kimsanov Z.O. Qoramollar ergonomikasini hisobga olgan holda chorvachilik obyektlarining me‘moriy yechimlari	106
Abobakirova Z.A., Goncharova N.I., Bobofozilov O.M. Qurilishda innovatsion material sifatida beton rulonda foydalanishning dolzarbligi	111
Matkarimov N.X., Anvarova G.A. Madaniy meros obyektlarini qayta tiklash jarayonida milliy ornamentlardan foydalanish tajribasi	115
Hamzaev I.H., Umarov E.S. Siljish deformatsiyasiga doir masalalarni yechishga boshlang‘ich parametrlar usulini qo‘llash	120

Umarov E.S., Tojiboyev B.T. Yuqori samarali suyuq issiqlik saqllovchi qoplamalar bo'yicha olib borilayotgan ilmiy tadqiqotlar	124
Ювмитов А.С., Тошпулатов С.У., Холиков М.Б., Бозоркулов С.Ф. Маҳаллий ашёлар асосида сейсмик ҳимоя қурилмаларини ишлаб чиқиш ва уларнинг ривожланиш истиқболлари	129
ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА	
Ashurov A.V. Infraqizil nurlanishga sezgir termoelektrik fotodetektorlar asosida gaz analizatorlarini ishlab chiqish va ularni ekologik monitoring tizimlariga integratsiyalash	137
Yusupova F.T., Ne'matjonov J.S. Mikrokontroller PLC 160 220 PM orqali suyuqlik sarfini o'lchash tizimini avtomatlashtirish	141
Axmadaliev G.X. Terapevtik tokning barqarorligini oshirish uchun IRF840 maydon tranzistori asosida "Potok-1" fizioterapiya apparatini chiqish bosqichini modernizatsiya qilish	144
Jalilov O'. Quyosh-shamol gibrid energetika tizimlarini optimallashtirish: matematik modellash va samaradorlik tahlili	151
ЭЛЕКТРОН ҚУРИЛМАЛАР ВА АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАР	
Iskandarova S.N., Begimqulova P.A., Sotvoldiyev D.M., Raxmanova Sh.K. Bidireksional Istm va transformer arxitekturalarining qiyosiy tahlili: klassik o'zbek-fors leksikasini lotin grafikasida tasniflash misolida	155
Iskandarova S.N., Begimqulova P.A., Sotvoldiyev D.M., Raxmanova Sh.K. Eski arab grafikasidagi o'zbek yozuvini ocr orqali avtomatik o'qish va intellektual lug'at bilan integratsiya qilishning gibrid yondashuvi	164
КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЭКОЛОГИЯ	
Yuldashev X.X., Mirzaxakimova F.A. Aminoformaldegid smolalarini sintez qilish va modifikatsiya qilishning zamonaviy yondashuvlari (adabiyotlar sharhi)	173
Isomidinov A.S., Qodirov D.R., Abduqodirov A.A. Kalsiylangan soda changi disper tarkibini kompleks baholash	177
Ashurov A.V., Erkinov A.J. Och tusli bo'z tuproqlarda g'o'zani tomchilab sug'orishning texnik elementlarini takomillashtirish	185
Eminov Sh.O., Abduraimova D.N. Paxtani qayta ishlash mashina va mexanizmlarining ishchi organlarida qo'llash uchun kompozitsion polimer qoplamalarning samarali tarkiblarini o'rganish	192
Ibragimov F.A. Ishlatilgan sanoat katalizatorlari asosida mikroo'g'itlar olishning ilmiy-texnologik asoslari va ularning xalq xo'jaligidagi ahamiyati	195
Samatova Sh.Y., Xolto'rayev Q.A. Organik yoqilg'ilarda ishlovchi stansiyalarni yashil energetikada atrof muhit muxofazasi tahlili	201
ИЖТИМОИЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАНЛАР	
Raxmonazarov P.Y. O'zbekiston Respublikasi iqtisodiy ko'rsatkichlarini ekonometrik tahlili va prognozlash	206
Tadjibayeva A.E. Chet tillarini o'qitishga sun'iy intellektni integratsiya qilishning pedagogik modellari: tamoyillar, yondashuvlar va amalga oshirish strategiyalari	212
Mamaeva L.M. Oliy ta'lim muassasalarida texnik fanlarni o'qitishda interaktiv ta'lim shakllaridan foydalanish	217
ҚИСҚА ХАБАРЛАР	
Sultanov N.A., Nomanjonova D.B., Xolbekova S.M. Innovatsion texnologiyalar yordamida interfaol ta'limni tashkil etish	224
Nazarova G.A. Iqtisodiy ta'limda fanlararo bog'liqlik va unda matematik usullarni qo'llash metodikasi	226
Xaydarova O.M. Murakkab mexanik sistema kinetik parametrlarini analitik va chekli ayirmalar usullarida tadqiq etish	229
Sultanov N.A., Nomanjonova D.B., Xolbekova S.M. Innovatsion texnologiyalar orqali talabalar kreativligini rivojlantirish	232

Isomidinov A.S. Rotor-filtrli qurilma ishchi zonalarida gaz tezligi taqsimotini tajribaviy tadqiq qilish	235
Xomidov V.O., Mamasidiqova M. Bolalar uchun qishki kurtka dizayn turlarini tahlil qilish ...	238
Turg'unov M.Z., Valiyev G.N. Ekologik xavfsiz polikomponent ipli gazlamalarni ishlab chiqarish texnologiyasi va ularning bolalar kiyimlaridagi innovatsion qo'llanilishi	240
Nazirov R.R., Turg'unov M.Z. Baraban ichiga quritish agentini radial qiritish miqdorini uning hajmini paxta bilan to'ldirishga bog'liqligini o'rganish natijalari	243
Raxmonova M.M. Yengil sanoatda yoshlarning kasbiy kompetensiyasini rivojlantirish va bandligini ta'minlashda ma'naviy qadriyatlarining o'rni	245
Sattorov A.M. Avtotransport vositalarining eksploatatsion tayyorligini oshirishda texnologik modellashtirishning ilmiy ahamiyati	248
Zaynabidinov R.M., Abdulkarimov Sh.M. Raqamli davlat boshqaruvi elementi sifatida aqli shahar tizimiga sunt'iy intellektsiyani integratsiasiya qilish	251
Холматов Э.С., Ахмедов Ш.С. Саноат корхоналарининг энергия самарадорлигини иссиқлик рекуперацияси ва технологик жараёнларни оптималлаштириш орқали ошириш	254
Yo'ldoshova M.O., Shodiyeva N.Sh. O'zbekistonda hozirgi kundagi muqobil energiya manbalarining rivojlanishi bosqichlari	257
Baratov L. Quyosh panellar holatini baholash hamda algoritmini takomillashtirish	260
Yo'ldoshova M. Yashil energiyaga o'tish sharoitida energiya tizimlarining ishonchliligini oshirishning dolzarb masalalari	264
Olimov O.N. Bug'doy donini kombinatsiyalangan isitish orqali ozuqalik darajasini oshirish ...	267
Эргашев А.Ш., Мамарахимов Б.И., Намазов Ш.Э., Содикова О.Х. Турлараро дурагайлаш орқали олинган селекцион ашёларда қимматли хўжалик белгиларидан тола узунлигининг ўзгарувчанлиги	271
Yoqubova M.Z. To'qimachilik korxonalarining biznes modellari tasnifi	273
To'rayeva M.O. O'zbekistonda ayollartadbirkorligini rivojlantirishning xorij tajribasi	276
Ruzimatova B.S., Tillaboev E.M. Texnika oliy ta'lim yurtlari umumiy fizika kurslarida ekologik mazmunni integratsiyalash orqali talabalarining ekologik madaniyatini shakllantirish	279
Kodirov B.X., Muhammadjonova S.D. Beton va qorishma aralashmalari stabilizatsiya qiluvchi qo'shimchalarni qo'llash	281
Муаллифлар диққатига !	284

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ

Насриддинов О.У. Решение физической задачи, связанной с дифференциальным уравнением, в программе Maple	12
Маматова З.Х., Рузалиев Ш.А., Рахимова Г.Н. Повышение эффективности маршрутов сбора бытовых отходов в умном городе за счет математической оптимизации	16
Содикхужаева Ш.Х. Математическое моделирование для прогнозного анализа промышленного энергопотребления на основе дифференциальных систем, интегрированных с машинным обучением	22

МЕХАНИКА

Валиев Г.Н., Хайдарова М.К. Методы проектирования и исследование новых видов узорчатых тканей для женских костюмов	32
Гайратов Ж.Г., Алойдинов М.Г., Джамолов Р.К. Анализ сортировки потока опушённых семян хлопка на поверхности гребенчатого вибрационного желоба	36
Исомидинов А.С. Сравнительный анализ технической эффективности роторно-фильтрационного устройства для влажной очистки пылеобразующих газов с существующими скрубберами на основе MATLAB	40
Ахунбаев А.А., Исомидинов А.С., Худойбергенов М.О. Комплексная оценка аэродинамического сопротивления и энергопотребления в барабанных сушилках с использованием трехсекционной подъемно-распределительной насадки	47
Абдукажоров И.А. Технологии получения водорода из воды и перспективы его применения в качестве экологически чистого топлива	53
Хайдарова М.К. Анализ физико-механических показателей узорчатой ткани, созданной для женского костюма с использованием местного хлопкового сырья	57
Валиев Н.Г. Технологическое значение структуры нитей и ткацких переплетений в совершенствовании ассортимента шёлковых тканей	61
Ибрагимов А.О. Теоретический анализ процесса обеспечения равномерного потока хлопка в пильный барабан	65
Валиев Н.Г. Теоретико-методические основы оптико-цифрового мониторинга и оценки деформационных процессов в текстильных нитях	72
Тоджалиев Д.О., Валиев Г.Н. Инновационные технологии производства пряжи в текстильной и швейно-трикотажной промышленности и перспективы развития	78
Рубидинов Ш.Г. Разработка антикоррозионных композиционных покрытий на основе отечественного сырья	81
Юлдошов К. Анализ дефектов комплектующих на автосборочных предприятиях в условиях локализации и совершенствование методов обеспечения стабильности производства	85
Абдурахимова М.С., Махсудов Ш.А. Конструктивные дефекты мужских пиджаков и способы их устранения	92

СТРОИТЕЛЬСТВО

Маматов В.Ш., Хошимов С.Н., Жетписбаева Ш.Ж. Теоретический анализ процесса оседания в радиальных отстаивателях	98
Умиридинов И.О., Хошимов С.Н., Жетписбаева Ш.Ж. Конструктивные решения и эффективность радиальных отстойников в системах очистки воды	102
Кимсанов З.О. Архитектурные решения комплексов животноводства с учетом эргономики крупного скота	106
Абобакирова З.А., Гончарова Н.И., Бобофозилов О.М. Актуальность использования бетонного полотна как инновационного материала в строительстве	111
Маткаримов Н.Х., Анварова Г.А. Опыт использования национальных украшений в процессе реставрации объектов культурного наследия	115
Хамзаев И.Х., Умаров Э.С. Применение метода начальных параметров к решению задач на деформацию сдвига	120

Умаров Э.С., Тоджибоев Б.Т. Научные исследования высокоэффективных жидких теплоудерживающих покрытий	124
Ювмитов А.С., Тошпулатов С.У., Холиков М.Б., Бозоркулов С.Ф. Разработка сейсмозащитных устройств на основе местных материалов и перспективы их развития	129
ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА	
Ашуров А.В. Разработка газоанализаторов на основе инфракрасно-чувствительных термоэлектрических фотодетекторов и их интеграция в системе экологического мониторинга	137
Юсупова Ф.Т., Нематжонов Ж.С. Автоматизация системы измерения расхода жидкости с использованием микроконтроллера PLC 160-220 Р М	141
Ахмадалиева Г.Х. Модернизация выходного каскада физиотерапевтического аппарата «ПОТОК-1» на базе полевого транзистора IRF 840 для повышения стабильности терапевтического тока	144
Джалилов У. Оптимизация солнечно-ветровых гибридных энергетических систем: математическое моделирование и анализ эффективности	151
ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Искандарова С.Н., Бегимкулова П.А., Сотволдиев Д.М., Рахмонова Ш.К. Сравнительный анализ архитектур двунаправленных lstm и transformer: практический пример классификации лексики классического узбекско-персидского языка в латинской транскрипции	155
Искандарова С.Н., Бегимкулова П.А., Сотволдиев Д.М., Рахмонова Ш.К. Гибридный подход к автоматическому распознаванию текста на узбекском языке, написанного старинной арабской графикой, и его интеграция с интеллектуальным словарем	164
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ	
Юлдашев Х.Х., Мирзахакимова Ф.А. Современные подходы к синтезу и модификации аминокформальдегидных смол (обзор)	173
Исомидинов А.С., Кодиров Д.Р., Абдукодиров А.А. Комплексная оценка дисперсионного состава кальцинированной соды	177
Ашуров А.В., Еркинов А.Дж. Усовершенствование технико-технологических элементов капельного орошения хлопка на светло-серых почвах	185
Эминов Ш.О., Абдукаримова Д.Н. Исследование эффективных составов композитных полимерных покрытий для использования в рабочих телах хлопкоперерабатывающих машин и механизмов	192
Ибрагимов Ф.А. Научно-технологические основы получения микроудобрений на основе отработанных промышленных катализаторов и их значение в народном хозяйстве	195
Саматова Ш.Ю., Холтораев К.А. Анализ экологической безопасности станций, работающих на органическом топливе в сфере зеленой энергетики.	201
СОЦИАЛЬНО - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ	
Рахмоназаров П.Й. Эконометрический анализ и прогнозирование экономических показателей Республики Узбекистан	206
Таджибаева А.Э. Педагогические модели интеграции искусственного интеллекта в обучение иностранным языкам: принципы, модели и стратегии внедрения	212
Мамаева Л.М. Использование интерактивных форм обучения в преподавании технических дисциплин в Высшие Учебные Заведениях	217
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ	
Султанов Н.А., Номанжонова Д.Б., Холбекова С.М. Организация интерактивного обучения с помощью инновационных технологий	224
Назарова Г.А. Междисциплинарная связь в экономическом образовании и методика применения в нем математических методов	226
Хайдарова О.М. Изучение кинетических параметров сложных механических систем с использованием аналитических методов и методов конечных разностей	229
Султанов Н.А., Номанжонова Д.Б., Холбекова С.М. Развитие креативности студентов посредством инновационных технологий	232

Исомидинов А.С. Экспериментальное исследование распределения скорости газа в рабочих зонах роторно-фильтрационного устройства	235
Хомидов В.О., Мамасидикова М. Анализ типов конструкций зимних курток для детей	238
Тургунов М.З., Валиев Г.Н. Технология производства экологически чистых полимерных пряжных тканей и их инновационное применение в детской одежде	240
Назиров Р.Р., Тургунов М.З. Результаты исследования зависимости величины радиальной усадки сушильного агента внутри барабана от объема его заполнения хлопком	243
Рахмонова М.М. Роль духовных ценностей в развитии профессиональной компетентности и обеспечении занятости молодежи в легкой промышленности	245
Сатторов А.М. Научное значение технологического моделирования в повышении эксплуатационной готовности автотранспортных средств	248
Зайнабидинов Р.М., Абдукаримов Ш.М. Интеграция искусственного интеллекта в систему «Умного города» как элемент цифрового государственного управления	251
Холматов Э.С., Ахмедов Ш.С. Повышение энергоэффективности промышленных предприятий за счет рекуперации тепла и оптимизации технологических процессов	254
Юлдошова М.О., Шодиева Н.Ш. Этапы развития возобновляемых источников энергии в Узбекистане	257
Бартов Л. Оценка состояния солнечных панелей и улучшение алгоритма	260
Юлдошова М. Актуальные вопросы повышения надежности энергетических систем в условиях перехода на восстанавливаемую энергию	264
Олимов О.Н. Повышение питательной ценности пшеничной муки путем комбинированной термообработки	267
Эргашев А.Ш., Мамарахимов Б.И., Намазов Ш.Э., Содикова О.Х. Изменчивость хозяйственно-ценного признака длины волокна в селекционных материалах, полученных путем межвидовой гибридизации	271
Якубова М.З. Классификация бизнес-моделей текстильных предприятий	273
Тураева М.О. Зарубежный опыт развития женского предпринимательства в Узбекистане	276
Рузиматова Б.С., Тиллабоев Е.М. Формирование экологической культуры студентов технического вуза через интеграция экологического содержания в курса общей физики .	279
Кодиров Б.Х., Мухаммаджонова С.Д. Экологические аспекты применения стабилизирующих добавок в бетонных и растворных смесях	281
К сведению авторов !	285

FUNDAMENTAL SCIENCES

Nasriddinov O.U. Solving the physical problem relating to the differential equation in the Maple program	12
Mamatova Z.Kh., Ruzaliev Sh.A., Rakhimova G.N. Improving efficiency through mathematical optimization of household waste collection routes in a smart city environment	16
Sodikkhjaeva Sh.Kh. Mathematical modeling for predictive analysis of industrial energy consumption using machine learning-integrated differential systems	22

MECHANICS

Valiyev G.N., Khaydarova M.K. Methods of designing and researching new types of patterned fabrics for women's suits	32
G'ayratov J.G', Aloyidinov M.G', Djamolov R.K. Analysis of the sorting of fuzzy cotton seed flow on the surface of a comb-type vibrating chute	36
Isomidinov A.S. Comparative analysis of the technical efficiency of a rotary filtration device for wet cleaning of dust-forming gases with existing scrubbers based on MATLAB	40
Akhunbaev A.A., Isomidinov A.S., Xudoyberganov M.O. Comprehensive assessment of aerodynamic drag and energy consumption in drum dryers using a three-section lifting and distribution nozzle	47
Abdukakhorov I.A. Technologies for producing hydrogen from water and prospects for its use as an environmentally friendly fuel	53
Khaydarova M.K. Analysis of the physico-mechanical properties of patterned fabric developed for women's suits using local cotton raw materials	57
Valiyev N.G. Technological significance of yarn structure and weave design in improving the assortment of silk fabrics	61
Ibragimov A.O. Theoretical analysis of the process of ensuring a uniform flow of cotton into the sawing drum	65
Valiyev N.G. Theoretical and methodological basis for optical-digital monitoring and evaluation of deformation processes in textile yarns	72
Tojaliyev D.O., Valiyev G.N. Innovative yarn production technologies in the textile and knitting-garment industry and development prospects	78
Rubidinov Sh.G'. Development of anticorrosive composite coatings based on domestic raw materials	81
Yuldoshov K. Improving methods for analyzing component defects and ensuring production stability in automotive assembly plants in the context of localization	85
Abdurakhimova M.S., Mahsudov Sh.A. Constructive defects of men's jackets and ways to eliminate them	92

BUILDING

Mamatov V.Sh., Khoshimov S.N., Zhetpisbaeva Sh.J. Theoretical analysis of sediment formation process in radial detends	98
Umiriddinov I.O., Khoshimov S.N., Zhetpisbaeva Sh.J. Design solutions and efficiency of radial settling tanks in water treatment systems	102
Kimsanov Z.O. Architectural solutions for livestock facilities that consider the ergonomics of cattle	106
Abobakirova Z.A., Goncharova N.I., Bobofozilov O.M. The relevance of using concrete canvas as an innovative material in construction	111
Matkarimov N.Kh., Anvarova G.A. Experience of using national ornaments in the process of restoration of cultural heritage objects	115
Khamzaev I.Kh., Umarov E.S. Application of the initial parameters method to solving problems on shear deformation	120

Umarov E.S., Tojiboyev B.T. Scientific research on highly efficient liquid heat-resistant coatings	124
Yuvmitov A.S., Toshpulatov S.U., Kholikov M.B., Bozorkulov S.F. Design of seismic protection devices based on local materials and prospects for their further development	129
ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING	
Ashurov A.V. Development of gas analyzers based on infrared-sensitive thermoelectric photodetectors and their integration into environmental monitoring systems	137
Yusupova F.T., Ne'matjonov J.S. Automation of a liquid flow measurement system using the PLC 160-220 PM microcontroller	141
Akhmadaliev G.H. Modernization of the output stage of the physiotherapy device "Potok-1" based on the IRF840 field-effect transistor to increase the stability of the therapeutic current ...	144
Jalilov U. Optimization of solar-wind hybrid energy systems: mathematical modeling and efficiency analysis	151
ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES	
Iskandarova S.N., Begimqulova P.A., Sotvoldiyev D.M., Raxmanova Sh.K. A comparative analysis of bidirectional lstm and transformer architectures: case study of classifying the classic uzbek-farsi lexicon in the latin script	155
Iskandarova S.N., Begimqulova P.A., Sotvoldiyev D.M., Raxmanova Sh.K. A hybrid approach for automatic ocr reading of uzbek text in old arabic graphics and integration with an intelligent dictionary	164
CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY	
Yuldashev Kh.Kh., Mirzakhakimova F.A. Modern approaches to the synthesis and modification of amino-formaldehyde resins (review)	173
Isomidinov A.S., Qodirov D.R., Abdukodirov A.A. Comprehensive assessment of the dispersion composition of soda ash	177
Ashurov A.V., Erkinov A.J. Improvement of technical and technological elements of drip irrigation of cotton in light grey soils	185
Eminov Sh.O., Abdukarimova D.N. Study of effective compositions of composite polymer coatings for use in working bodies of cotton processing machines and mechanisms	192
Ibragimov F.A. Scientific and technological foundations for producing micronutrient fertilizers based on spent industrial catalysts and their importance in the national economy	195
Samatova Sh.Y., Kholto'rayev Q.A. Analysis of environmental protection of stations operating on organic fuels in green energy	201
SOCIAL AND ECONOMIC SCIENCES	
Rakhmonazarov P.Y. Econometric analysis and forecasting of economic indicators of the republic of Uzbekistan	206
Tadjibayeva A.E. Pedagogical frameworks for integrating artificial intelligence into foreign language teaching: principles, models, and implementation strategies	212
Mamaeva L.M. The use of interactive teaching formats in delivering technical disciplines in Higher Education Institutions	217
SHORT MESSAGES	
Sultanov N.A., Nomanjonova D.B., Kholbekova S.M. Organizing interactive education through innovative technologies	224
Nazarova G.A. Interdisciplinary connections in economic education and methodology of applying mathematical methods	226
Khaydarova O.M. Study of kinetic parameters of complex mechanical systems using analytical and finite difference methods	229
Sultanov N.A., Nomanjonova D.B., Kholbekova S.M. Developing students' creativity through innovative technologies	232

CONTENTS

Isomidinov A.S. Experimental study of gas velocity distribution in the working zones of a rotary filtration device	235
Khomidov V.O., Mamasidikova M. Analysis of the types of winter jacket designs for children	238
Turgunov M.Z., Валиев Г.Н. Technology for the production of environmentally friendly polycomponent yarn fabrics and their innovative application in children's clothing	240
Nazirov R.R., Turgunov M.Z. Results of a study of the dependence of the amount of radial shrinkage of the drying agent inside the drum on its volume filling with cotton	243
Rakhmonova M.M. The role of spiritual values in developing professional competence and ensuring employment of young people in light industry	245
Sattorov A.M. The scientific significance of technological modeling in improving the operational readiness of motor vehicles	248
Zaynabidinov R.M., Abdulkarimov Sh.M. Integration of artificial intelligence into the smart city system as an element of digital public governance	251
Kholmatov E.S., Akhmedov S.S. Improving the energy efficiency of industrial enterprises through heat recovery and process optimization	254
Yuldoshova M.O., Shodieva N.Sh. Stages of development of alternative energy sources in Uzbekistan today	257
Baratov L. Solar panels condition assessment and improvement of the algorithm	260
Yuldoshova M. Urgent issues of increasing the reliability of energy systems in the transition to green energy	264
Olimov O.N. Increasing the nutritional value of wheat grain by combined heating	267
Ergashev A.Sh., Mamarakhimov B.I., Namazov Sh.E., Sodiqova O.Kh. Variability of fiber length as an economically valuable trait in breeding materials obtained through interspecific hybridization	271
Yoqubova M.Z. Classification of business models of textile enterprises	273
Turayeva M.O. Foreign experience in developing women's entrepreneurship in Uzbekistan	276
Ruzimatova B.S., Tillaboev E.M. Formation of ecological culture of students of technical higher education through integration of ecological content in general physics courses	279
Kodirov S.D., Muhammadjonova S.D. Environmental aspects of using stabilizing additives in concrete and mortar mixtures	281
Information to the authors !	286

DIFFERENSIAL TENGLAMAGA KELUVCHI FIZIK MASALANI MAPLE DASTURIDA YECHISH

O.U. Nasriddinov

Farg'ona davlat texnika universiteti
Mas'ul muallif, e-mail: notadavlat@umail.uz
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Biz bilamizki, oliy o'quv yurtlarida tahsil olayotgan talabalarga differensial tenglamalar oliy matematika fanlarida o'rgatiladi. Chunki, nafaqat matematikaning masalalari balki, tabiatda ro'y beradigan bir qator jarayonlarning matematik modeli differensial tenglamaga keltiriladi. Tabiatda uchraydigan miqdorlarning ko'pchiligi o'zining qonuniga ega. Bu qonunlarni to'g'ridan-to'g'ri topish ancha murakkab masala. Qaralayotgan miqdor, uning o'zgarish tezligi va tezlanishi orasidagi bog'lanishni topish tabiatan ancha yengil. Bu bog'lanishning matematik ifodasi sifatida esa oddiy differensial tenglamalar hosil bo'ladi. Bunday tenglamalarni tez va aniq yechimini topishda kompyuterning zamonaviy dasturlaridan foydalanish muhim va ahamiyatlidir. Ushbu maqolada fizika faniga oid masalani Maple dasturida yechilgan va natija olingan.

Kalit so'zlar: Maple dasturi, birinchi tartibli chiziqli oddiy differensial tenglama, sonli usullar, analitik yechim, Bernulli tenglamasi, funksiya, umumiy integral, taqribiy usullar.

Аннотация. Мы знаем, что студентов, обучающихся в высших учебных заведениях, в высшей математике учат дифференциальным уравнениям. Потому что к дифференциальному уравнению сводятся не только задачи математики, но и математическая модель ряда процессов, происходящих в природе. Большинство найденных величин в природе есть свои законы, найти эти законы напрямую - дело более сложное. Найти связь между рассматриваемой величиной, скоростью ее изменения и ускорением очень легко. В качестве математического выражения этой связи создаются простые дифференциальные уравнения. Важно и существенно использовать современные компьютерные программы для нахождения быстрого и точного решения к таким уравнениям. В этой статье задача физики решалась в Maple и был получен результат.

Ключевые слова: Программа Maple, линейное обыкновенное дифференциальное уравнение первого порядка, численные методы, аналитическое решение, уравнение Бернулли, функция, общий интеграл, приближенные методы.

Abstract. We know that students studying in higher educational institutions are taught differential equations in higher mathematics. Because not only the problems of mathematics, but also the mathematical model of a number of processes occurring in nature are brought to the differential equation. Most of the quantities found in nature have their own has a law. Finding these laws directly is a more complicated matter. It is very easy to find the connection between the considered quantity, its rate of change and acceleration. Simple differential equations are created as a mathematical expression of this connection. It is important and significant to use modern computer programs to find a quick and accurate solution to such equations. In this article, a physics problem was solved in Maple and the result was obtained.

Keywords: Maple program, first order linear ordinary differential equation, numerical methods, analytical solution, Bernoulli's equation, function, general integral, approximate methods.

1. Kirish. Prezidentimiz tomonidan ta'lim sohasida juda ko'p islohatlar amalga oshirilmoqda. Shu jumladan, mamlakatda ta'lim-tarbiya tizimining sifati va samaradorligini oshirish, bog'cha tarbiyalanuvchilari, o'quvchi va talaba yoshlarda zamonaviy bilim va ko'nikmalarni shakllantirish, ta'lim tizimlari hamda ilm-fan sohasi o'rtasida yaqin hamkorlik va integratsiyani, ta'limning uzviyligi va uzluksizligini ta'minlash borasida tizimli ishlar amalga oshirilmoqda. Zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini qo'llagan holda ta'limni boshqarishni avtomatlashtirish va har tomonlama tahlil qilib borish tizimini yaratish, elektron resurslar va masofaviy ta'limni yanada rivojlantirish, ta'lim oluvchilar o'rtasida IT-sohasidagi kasblarni ommalashtirish; o'quvchilarni kelgusi hayotga tayyorlash va ularga o'z bilim va ko'nikmalaridan amaliyotda foydalanishni o'rgatuvchi malaka talablarini sinflar kesimida ishlab chiqish kabilar belgilab qo'yildi.

Oliy o'quv yurtlarida talabalarga oliy matematika fanlarida differensial tenglamalar o'rgatiladi. Chunki differensial tenglamalarning tadbirlari juda keng bo'lib, ko'pgina fizik jarayonlar matematik fizikaning asosiy tenglamalarini o'rganish zaruratiga olib keladi. Nafaqat fizik jarayonlar, balki mexanika, ximiya, biologiya, astronomiya, iqtisod, boshqaruv nazariyasining muhim masalalari ham differensial tenglamalar yordamida ifodalanadi va tadqiq qilinadi. Demak differensial tenglamalarni o'rganish uchta maqsaddan iborat: hodisa yoki jarayonni ifodalovchi differensial tenglamani tuzish; topilgan tenglamaning aniq yoki taqribiy yechimini topish; topilgan yechimni tahlil qilish va xulosa chiqarish.

Hozirgi kunda oliy o'quv yurtlarining texnika yo'nalishi bo'yicha bakalavrlar tayyorlashning o'quv rejasida axborot texnologiyalari bilan ishlash, axborotlarga zamonaviy texnik vositalar bilan ishlov berish va uni tahlil qilish, sonli usullarni amaliy masalalarni yechishda tadbir qilishiga katta e'tibor qaratilmoqda.

Mana shunday imkoniyatlardan foydalanib talabalarining differensial tenglamalarning yechimini tez va aniq topishda axbotot texnologiyalarining zamonaviy dasturlaridan foydalana bilishlari muhim ahamiyatga ega. Bugungi kunda kompyuter yordamida ko'plab masalalarni, xususan matematik masalalarni katta tezlikda hal qilishga mo'ljallangan Maple, MathCad, Matlab paketlari mavjud.

2. Adabiyotlar tahlili va metodologiya. Maple — dasturiy paket, kompyuter algebra (aniqrog'i, kompyuter matematikasi) sistemasi. U 1984 yildan e'tiboran dasturiy mahsulot ishlab chiqayotgan Waterloo Maple Inc. (ingl.) kompaniyaning murakkab matematik hisoblashlarga, ma'lumotlarni vizuallash va modellashga mo'ljallangan mahsuloti hisoblanadi. Maple sistema differensial tenglamalarni sonli yechish va integrallarni topishga qaratilgan qator vositalarga ega bo'lishiga qaramay, simvollik hisoblashlarga mo'ljallangan. U rivojlangan grafik vositalarga egadir. Paskal tilini eslatuvchi o'zining shaxsiy dasturlash tiliga ega.

Boshlang'ich yoki chegaraviy masalalarni yechish – bu juda keng ma'noda bo'lib, ular aniq analitik usullar va taqribiy sonli usullardir. Analitik usullar bilan biz differensial tenglamalar fanidan tanishmiz. Bu usullar faqat tor doiradagi tenglamalar sinfinigina yechish imkonini beradi. Xususan, bu usullar o'zgaras koeffitsiyentli ikkinchi tartibli chiziqli differensial tenglamalarni yechishda keng qo'llaniladi. Bunday tenglamalar ko'plab fizik jarayonlarni tadqiq qilishda uchraydi, masalan tebranishlar nazariyasida, qattiq jismlar dinamikasida va shunga o'xshash. Taqribiy usullar kompyuterlar paydo bo'lmasidan ancha avval ishlab chiqilgan. Hozirgi kunda ham ularning ko'pchiligi amaliyotda o'z mazmunini yo'qotgani yo'q. Taqribiy usullar umumiy holda ikki guruhga bo'linadi: taqribiy-analitik usullar boshlang'ich yoki chegaraviy masalaning berilgan kesmadagi taqribiy yechimini biror funksiya ko'rinishida izlash); sonli yoki to'r usullar (boshlang'ich yoki chegaraviy masalaning berilgan kesmadagi taqribiy yechimini qurish). Zamonaviy hisoblash texnikasi va yig'ilgan hisoblash tajribalari differensial tenglamalarning katta va murakkab masalalarini taqribiy yechish imkonini bermoqda. Sonli hisoblashlarda eng muhim jihat bu yetarlicha aniqlikda izlanayotgan taqribiy yechimga erishishdir. Bu aniqlikning muhim jihatlari esa EHMDan foydalanish aniqligi, kiritilayotgan ma'lumotlarda yo'l qo'yilishi mumkin bo'lgan xatoliklar va yaxlitlash natijasida paydo bo'ladigan xatoliklardan qutilishdir.

Hozirgi kunda ko'plab zamonaviy matematik paketlar mavjudki, ular oddiy differensial tenglamalarni yetarlicha aniqlikda ham analitik va ham sonli yechib berish imkoniyatga ega. Buning uchun esa oddiy differensial tenglamalarni taqribiy yechishning hisoblash usullari va ularning xususiyatlari bilan yaqindan tanishish kerak. Bu bilan birga shunday masalalar ham uchraydiki, ularni mavjud usullar bilan emas, balki ularning modifikatsiyasi, yangi uslubi va algoritmi bilan yechish lozim bo'ladi. Umuman olganda, oddiy differensial tenglama bilan berilgan chegaraviy masala: yagona yechimga ega; yechimga ega emas; bir nechta yoki cheksiz ko'p yechimga ega bo'lishi mumkin.

3. Bernulli tenglamasi. Ko'p jarayonlarning matematik modeli Bernulli tenglamasi ko'rinishida namoyon bo'ladi. Ushbu $y' + P(x)y = Q(x)y^n$ ko'rinishidagi tenglamani Bernulli

tenglamasi deyiladi. Bu yerda $P(x)$ va $Q(x)$ – biror J intervalda aniqlangan uzluksiz funksiyalar. Tenglamada $n \in R$ va $n \neq 0, n \neq 1$ deb faraz qilamiz, chunki $n=0$ va $n=1$ da u chiziqli tenglamaga aylanadi. $n=2$ Riccati tenglamasining maxsus holatidir. Ushbu bir jinsli tenglamani 1695-yilda Jeykob Bernulli (shvetsariyalik matematik) sharafiga nomlangan. Bu tenglamani chiziqli tenglamaga keltiruvchi almashtirish yordamida yechish usulini uning akasi Iogan Bernulli 1697-yilda topgan.

Bernulli tenglamasini quyidagi usul bilan chiziqli tenglamaga keltirish mumkin: tenglamaning har ikki tomonini y^{-n} ga ko'paytiramiz, ya'ni $y' y^{-n} + P(x) y^{1-n} = Q(x)$. (2)

So'ng almashtirish bajaramiz. U holda $z' = (1-n)y^{-n} y' \Rightarrow \frac{z'}{1-n} = y' y^{-n}$. Buni (2) tenglamaga

qo'ysak, z ga nisbatan chiziqli differensial tenglama hosil bo'ladi: $\frac{z'}{1-n} + P(x)z = Q(x) \Rightarrow z' + (1-n)P(x)z = (1-n)Q(x)$. Bundan $z = z(x, C)$ umumiy yechimni

topgan holda Bernulli tenglamasining umumiy integralini aniqlaymiz: $y = [z(x, C)]^{\frac{1}{1-n}}$.

Quyidagi keltirilgan fizik masalani Maple dasturida yechamiz.

Arqonning sirpanishi haqidagi masala. Arqon stol ustida yotibdi, uning uchlaridan biri stol ustidan a masofada bo'lgan silliq blok orqali o'tkazilgan. Boshlang'ich paytda $2a$ uzunlikdagi arqon bo'lagi blokning narigi tomonida erkin osilib turibdi. Arqonning bu uchining harakat tezligi v ni S yolga bog'liq ravishda toping, bunda harakatda ishqalanish qarshiligi tezlik kvadratiga proporsional (proporsionallik koeffitsiyenti 1 ga teng deb olinsin), boshlang'ich tezlikni nolga teng deb oling (1-rasm).

Bu masalani yechish uchun fizika qonunlari bo'yicha formulani keltirib chiqaramiz. Agar blokni sanoq boshi deb, O_s o'qni pastga

yo'naltirsak, Nyutonning 2-qonuni $m \cdot \frac{dv}{dt} = F$ ga binoan

$(S+a) \frac{dv}{dt} = (S-a)g - v^2$, bu yerda g - o'g'irlik kuchi

tezlanishi. $\frac{dv}{dt} = \frac{dv}{ds} \cdot \frac{ds}{dt} = \frac{dv}{ds} \cdot v$ bo'lgani uchun tenglamani

quyidagicha yozish mumkin: $(S+a)v \frac{dv}{ds} + v^2 = (S-a)g$. Bu $n = -1$ bo'lgan Bernulli tenglamasidir.

Chunki tenglikning har ikki tomonini $(S+a) \cdot v$ ga bo'lib yuborsak tenglama

$\frac{dv}{ds} + \frac{1}{S+a} \cdot v = \frac{(S-a)g}{(S+a)} \cdot v^{-1}$ ko'rinishga keladi. Yuqoridagi Bernulli tenglamasiga solishtirsak,

$P(x) = \frac{1}{S+a}$, $Q(x) = \frac{(S-a)g}{(S+a)}$, $n = -1$ ga teng. Bu tenglamani Maple dasturida yechamiz.

Maple dasturi

> restart;

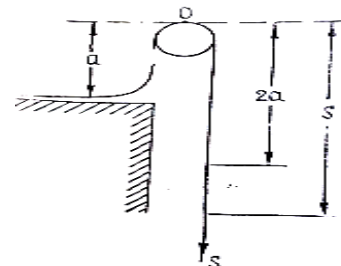
> p:=S->1/(S+a); Q:=s->((S-a)*g)/(S+a); n:=-1: $p := S \rightarrow \frac{1}{S+a}$ $Q := s \rightarrow \frac{(S-a)g}{S+a}$

> Bernoulli_ode:=diff(v(S),S)+p(S)*v(S)-Q(S)*v(S)^n;

$Bernoulli_ode := \left(\frac{d}{ds} v(S) \right) + \frac{v(S)}{S+a} - \frac{(S-a)g}{(S+a) v(S)}$

> with(DEtools,odeadvisor); [odeadvisor]

> odeadvisor(Bernoulli_ode); [_rational, _Bernoulli]



```
> with(PDEtools,dchange); [dchange]
> ITR:={y(x)=u(z)^1/(1-n),x=z}; ITR := { x = z, y(x) = 1/2 u(z) }
>
new_ode:=dchange(ITR,Bernoulli_ode,[u(z),z]):new_ode2:=solve(new_ode,{diff(u(z),z)}):op(facto
r(combine(expects(new_ode2),power)));
> ans:=dsolve(Bernoulli_ode);
ans := v(S) = - sqrt(6 g S^3 - 18 g a^2 S + 9 _C1) / (3 (S + a)), v(S) = sqrt(6 g S^3 - 18 g a^2 S + 9 _C1) / (3 (S + a))
> ics:=v(2*a)=0; ics := v(2 a) = 0
> dsolve({new_ode,ics});
v(S) = - sqrt(-12 g a + 6 g S) / 3, v(S) = sqrt(-12 g a + 6 g S) / 3
```

Masala shartiga ko'ra $S=2a$ da $v=0$ boshlang'ich shartlar ma'lum bo'lgani uchun dasturga ularni kiritsak, $v = \sqrt{\frac{2g(S-2a)}{3}}$ xususiy yechimga ega bo'lamiz.

4. Xulosa. Differensial tenglamalarni yechimini Maple dasturida analitik hamda sonli ko'rinishda topish mumkin. Maple dasturida oddiy differensial tenglamalarni analitik usulda yechish uchun dsolve (eq,var,options) komandasi ishlatiladi, bu yerda eq-tenglama, var-no'malum funksiya, options-parametrlar. Parametrlar oddiy differensial tenglamalarni analitik usulda yechish usulini ko'rsatishi mumkin, masalan, sukut saqlash prinsipiga asosan, analitik yechim olish uchun type=exact parametri beriladi. Olingan analitik yechimda C-o'zgarmas son qatnashadi. Yuqoridagi misolda bitta o'zgarmas son qatnashdi. O'zgarmas sonni Maple dasturida _C1 ko'rinishida yoziladi. Demak, umumiy yechimda ixtiyoriy o'zgarmas son qatnashar ekan bitta differensial tenglamani bir necha funksiyalar qanoatlantirishi mumkin. Bernulli tenglamasini almashtirish bajarib chiziqli differensial tenglamaga keltirish kerak. Hosil bo'ladigan yangi differensial tenglamani ham dasturning o'zi topadi. Bizda boshlang'ich shartlar mavjudligi uchun ics:=v(2*a)=0 ni kiritsak, xususiy yechimga ham ega bo'lamiz.

Xulosa qilib aytgach, Maple matematik paketi yordamida matematik masalalardan tashqari boshqa texnik fanlar masalalarini ham analitik va grafik ko'rinishlarda yechish mumkin. Bundan tashqari Maple ko'plab mexanizmlarni harakatini ko'rsatish, animatsiyalarini hosil qilish uchun juda qulay dasturlash vositasi hisoblanadi. Maple sistemasini maktablar va oliy o'quv yurtlarida chuqurroq o'rganilsa, faqat matematika masalalarini emas boshqa fanlarning murakkab masalalarini ham ixcham dasturlar orqali yechish mumkin bo'ladi. Bunda o'quvchi va talabalar masalaning mohiyatiga yetish, ularning grafiklari va animatsiyalarini yaqqol ko'rish imkoniyatiga ega bo'ladi. Maple elektron hujjatlarni tayyorlash va grafik vizuallashtirish vositalariga ham ega. Maple kompyuter matematikasini chuqur o'rganish dasturchiga turli fan va texnika masalalarini yechishda katta imkoniyatlar ochib beradi.

Adabiyotlar

- [1]. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmoni.06.11.2020.PF-6108 son O'zbekistonning yangi taraqqiyot davrida ta'lim-tarbiya va ilm-fan sohalarini rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida.
- [2]. Q.O'rinov, E.M.Mirzakarimov. Differensial tenglamalar Maple tizimida. Farg'ona nashriyoti 2020.-264 bet.
- [3]. E.M.Mirzakarimov. Maple dasturi yordamida oliy matematika masalalarini yechish.O'quv qo'llanma. 1-qism Toshkent. Adabiyot uchqunlari, 2014 yil.-304 bet.
- [4]. A.Abdurashidov.Oddiy differensial tenglamalar uchun chegaraviy masalalarni o'q otish usuli bilan sonli yechish. Uslubiy ko'tsatmalar. Samarqand. SamDU.2016 yil.-48 bet.
- [5]. Зеликин М.И. Однородные пространства и уравнение Риккати в вариационном исчислении, — Факториал, Москва, 1998.

IMPROVING EFFICIENCY THROUGH MATHEMATICAL OPTIMIZATION OF
HOUSEHOLD WASTE COLLECTION ROUTES IN A SMART CITY ENVIRONMENT

Z.X. Mamatova, Sh.A. Ro‘zaliyev, Student G.N. Raximova

Fergana State University,
E-mail: mamatova.zilolakhon@gmail.com

Orcid: 0009-0009-9247-3510

Tel: +998916743989

E-mail: sherzodjonruzaliyev@gmail.com

Orcid: 0009-0008-0296-6104

Tel: +998912068303

E-mail: abdurasulovagulsanam16@gmail.com

Orcid: 0009-0000-7701-293X

Tel: +998934529505

(Received on April 6 th, 2026)

Abstract. Modern urbanization processes require digital and mathematical solutions for managing urban infrastructure. Within the “Smart City” concept, logistically optimizing municipal services, particularly household waste collection and transport processes, plays a crucial role in ensuring economic efficiency and environmental sustainability. This article investigates the optimization of waste collection routes within the framework of the Traveling Salesman Problem using the “Branch and Bound” method. The research results prove that by mathematically modeling the route, it is possible to reduce travel distance by 17.6%, save fuel, and significantly decrease CO₂ emissions. These findings serve as a practical recommendation for optimizing municipal service budgets and improving the city’s environmental performance.

Keywords: Smart city, household waste logistics, Commivoyager problem, Network and boundary method, dynamic programming

Annotatsiya. Zamonaviy urbanizatsiya jarayonlari shahar infratuzilmasini boshqarishda raqamli va matematik yechimlarni taqozo etmoqda. “Aqlli shahar” konsepsiyasi doirasida kommunal xizmatlar, xususan, maishiy chiqindilarni yig‘ish va tashish jarayonlarini logistik jihatdan optimallashtirish iqtisodiy samaradorlik va ekologik barqarorlikni ta’minlashda muhim o‘rin tutadi.

Ushbu maqolada maishiy chiqindi yig‘ish marshrutlarini Kommivoyajor masalasi doirasida “Tarmoqlar va chegaralar” usuli yordamida optimallashtirish masalasi tadqiq etilgan. Tadqiqot natijasida, marshrutni matematik modellashirish orqali transport harakati masofasini 17.6% ga qisqartirish, yoqilg‘i sarfini tejash va atmosferaga chiqariladigan karbonat angidrid miqdorini sezilarli darajada kamaytirish imkoniyati isbotlandi. Olingan natijalar munitsipal xizmatlar byudjetini optimallashtirish va shaharning ekologik ko‘rsatkichlarini yaxshilash uchun amaliy tavsiya hisoblanadi.

Kalit so‘zlar: Aqlli shahar, maishiy chiqindi logistikasi, Kommivoyajor masalasi, Tarmoqlar va chegaralar usuli, dinamik dasturlash.

Аннотация. Современные процессы урбанизации требуют цифровых и математических решений для управления городской инфраструктурой. В рамках концепции «Умный город» логистическая оптимизация коммунальных услуг, в частности процессов сбора и транспортировки бытовых отходов, играет решающую роль в обеспечении экономической эффективности и экологической устойчивости. В данной статье исследуется задача оптимизации маршрутов сбора отходов в рамках задачи коммивояжера (TSP) с использованием метода «ветвей и границ». Результаты исследования доказывают, что посредством математического моделирования маршрута возможно сократить расстояние передвижения на 17,6%, сэкономить топливо и значительно снизить выбросы углекислого газа. Полученные результаты являются практической рекомендацией для оптимизации бюджета муниципальных служб и улучшения экологических показателей города.

Ключевые слова: Умный город, логистика бытовых отходов, задача коммивояжера, метод сетей и границ, динамическое программирование.

Introduction

In 21st-century urban planning, the concept of a “Smart City” is emerging not merely as the implementation of technological solutions, but as the art of managing a city’s limited resources with

maximum efficiency. Data-driven management systems contribute to improving the quality of urban life and maintaining ecological balance through the digitalization of traditional infrastructure. In particular, the widespread global adoption of the principles of the “Green Economy” calls for new scientific and mathematical approaches in public utility services, especially in the management of municipal solid waste systems.

In the modern world, the rapid pace of urbanization is requiring new approaches to urban infrastructure management systems. According to forecasts by the United Nations, by 2050 nearly 68 percent of the world’s population will reside in urban areas. The growth in population density and rising living standards, in turn, lead to a significant increase in the volume of household waste generated. According to data from the World Bank, more than 2 billion tons of municipal solid waste are generated globally each year, and this figure is expected to reach 3.4 billion tons by 2050.

Under these conditions, the implementation of the “Smart City” concept has become a key driver for improving the efficiency of urban services. Within the framework of smart city logistics, the process of collecting and transporting household waste holds significant strategic importance. A considerable portion of municipal service budgets is allocated specifically to the costs of waste collection and transportation.

In recent years, the Republic of Uzbekistan has also been paying considerable attention at the state level to reforming the waste management system. Decrees and resolutions issued by the President of the Republic of Uzbekistan, in particular the resolution “On Approval of the Strategy for Municipal Solid Waste Management in the Republic of Uzbekistan for 2019–2028,” have established the legal foundations for creating an effective system in this field. However, a number of unresolved issues remain regarding the optimization of waste collection logistics in the major cities of the republic. The lack of оперативные data and the insufficient application of modern mathematical models in route planning continue to limit the efficiency of municipal services.

The Travelling Salesman Problem is one of the classical and most extensively studied problems in combinatorial optimization, widely applied in logistics and transportation route planning. Since the TSP belongs to the NP-hard class of problems, performing an exhaustive search of all possible solutions becomes practically impossible as the number of nodes increases. Therefore, numerous heuristic and metaheuristic algorithms have been proposed in the scientific literature for solving the TSP.

The main objective of this article is to minimize transportation costs and time consumption by optimizing household waste collection routes within the framework of the “Smart City” concept.

Mathematical formulation of the problem

As the object of the study, one central waste disposal landfill in the city (node 0) and five main household waste collection points (nodes 1, 2, 3, 4, and 5) were selected. The objective of the problem is to ensure that a specialized vehicle departs from the landfill, visits each of the five points exactly once, travels the shortest possible distance, and finally returns to the landfill.

The Travelling Salesman Problem (TSP) is represented in the form of a directed graph $G=(V,A)$, where $V=\{0,1,2,3,4,5\}$ denotes the set of nodes (cities), and $A=\{(i,j):i,j\in V,i\neq j\}$ denotes the set of arcs (edges). Each arc (i,j) is assigned a distance value c_{ij} .

For the study, the asymmetric distance matrix of the selected objects is constructed as follows (values are in kilometers):

	0	1	2	3	4	5
0	∞	12	18	22	28	15
1	15	∞	40	25	15	20
2	20	35	∞	35	8	25
3	25	30	20	∞	20	10
4	30	16	9	19	∞	15
5	18	22	28	12	10	∞

Now we introduce the concept of table reduction. To do this, first the rows of the table are reduced, meaning that the smallest element in each row is subtracted from all elements of that row. After that, the same operation is performed with respect to the columns of the table, i.e., column reduction is carried out in a similar manner.

A table in which both row and column reductions have been performed is called a reduced table. It is evident that in a reduced table, each row and each column contains at least one zero element.

The sum of the smallest elements of all rows and columns is denoted by h , and it is called the reduction coefficient of the table.

	0	1	2	3	4	5	
0	∞	0	6	10	16	3	12
1	0	∞	25	10	0	5	15
2	12	27	∞	27	0	17	8
3	15	20	10	∞	10	0	10
4	21	7	0	10	∞	6	9
5	8	12	18	2	0	∞	10

	0	1	2	3	4	5	
0	∞	0	6	8	16	3	
1	0	∞	25	8	0	5	
2	12	27	∞	25	0	17	
3	15	20	10	∞	10	0	
4	21	7	0	8	∞	6	
5	8	12	18	0	0	∞	
	0	0	0	2	0	0	

Next, the degrees (weights) of the zero elements in the reduced table are determined. To do this, the smallest elements of the corresponding row and column, in which a zero element is located, are summed. After that, branching is performed based on these degrees, where the zero element with the highest degree is selected to guide the further partitioning of the solution space.

	0	1	2	3	4	5	
0	∞	$0^{(10)}$	6	8	16	3	
1	$0^{(8)}$	∞	25	8	$0^{(0)}$	5	
2	12	27	∞	25	$0^{(12)}$	17	
3	15	20	10	∞	10	$0^{(13)}$	
4	21	7	$0^{(12)}$	8	∞	6	
5	8	12	18	$0^{(16)}$	$0^{(0)}$	∞	

$$c(5,3) = 0^{(16)}, c(3,5) = \infty$$

$$h = 12+15+8+10+9+10+2 = 66 \quad h' = 66+16=82$$

Now the size of the table is reduced by one, and the previously described steps are repeated again. That is, the 5th row and the 3rd column are removed from the table, and a new reduced table is constructed.

	0	1	2	4	5
0	∞	0	6	16	3
1	0	∞	25	0	5
2	12	27	∞	0	17
3	15	20	10	10	∞
4	21	7	0	∞	6

The table is converted into its reduced form.

	0	1	2	4	5	
0	∞	0	6	16	3	0
1	0	∞	25	0	5	0
2	12	27	∞	0	17	0
3	5	10	0	0	∞	10
4	21	7	0	∞	6	0

	0	1	2	4	5
0	∞	0	6	16	0
1	0	∞	25	0	2
2	12	27	∞	0	14
3	5	10	0	0	∞
4	21	7	0	∞	3
	0	0	0	0	3

	0	1	2	4	5
0	∞	$0^{(7)}$	6	16	$0^{(2)}$
1	$0^{(5)}$	∞	25	$0^{(0)}$	2
2	12	27	∞	$0^{(12)}$	14
3	5	10	$0^{(0)}$	$0^{(0)}$	∞
4	21	7	$0^{(3)}$	∞	3

So here $c(2, 4) = 0^{(12)}$ $c(4, 2) = \infty$ $h_1 = h + 10 + 3 = 79$ $h_1' = 79 + 12 = 91$

	0	1	2	5
0	∞	0	6	0
1	0	∞	25	2
3	5	10	0	∞
4	21	7	∞	3

	0	1	2	5	
0	∞	$0^{(4)}$	6	$0^{(0)}$	0
1	$0^{(7)}$	∞	25	2	0
3	5	10	$0^{(11)}$	∞	0
4	18	4	∞	$0^{(4)}$	3

So here $c(3, 2) = 0^{(11)}$ $c(2, 3) = \infty$ $h_2 = h_1 + 3 = 82$ $h_2' = 82 + 11 = 93$

	0	1	5
0	∞	0	0
1	0	∞	2
4	18	4	∞

	0	1	5	
0	∞	0	0	0
1	0	∞	2	0
4	14	0	∞	4

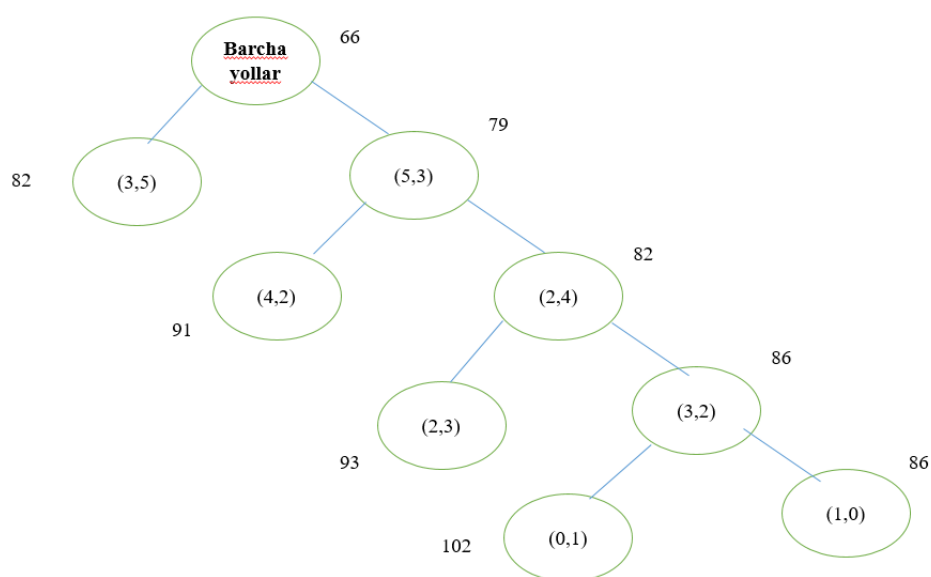
Here $c(1,0) = 0^{(16)}$ $c(0,1) = \infty$ $h_3 = 82+4=86$ $h_3' = 86+16=102$

	1	5
0	∞	0
4	0	∞

Here $h_4=86$

Now the problem is represented in the form of graphs.

Result: 1 - 0 - 5 - 3 - 2 - 4 - 1 . Thus, if the vehicle follows the following route, it will travel 86 km. This is the optimal solution to the problem.



Results and their discussion

In this study, the step-by-step optimization of household waste collection routes was carried out using the “Branch and Bound” method. The observations show that if, in logistics processes, a specialized vehicle selects routes randomly or based on the traditional “nearest neighbour” heuristic, the total travel distance increases significantly. When the differences between each node and the complexity of urban infrastructure are taken into account, the potential for cost savings becomes even more significant, especially in large-scale problems. The implementation of the obtained mathematical results in practice provides direct economic and environmental benefits for the “Smart City” system.

Economic benefit: Let's imagine that a garbage truck travels along this route twice a day using one special vehicle. The 15 km of mileage saved on each turn avoids driving 30 km per day and 9,000 km per year (in 300 working days). Taking into account that heavy trucks consume an average of 30 liters of diesel fuel per 100 km, 2,700 liters of fuel are saved per year per car. This drastically reduces municipal budget expenditures and extends the wear and tear of spare parts.

Environmental benefits: From an environmental perspective, every liter of saved diesel fuel prevents the release of approximately 2.68 kg of CO₂ into the atmosphere. Within the framework of the above example, optimizing the route of a single vehicle will reduce emissions of approximately 7.2 tons of carbon dioxide per year. This will directly contribute to improving the city's sustainable development and environmental performance indicators.

Conclusion

In this study, the issue of efficient management of household waste collection and transportation logistics within the “Smart City” ecosystem was considered. The mathematical model of the problem was built on the basis of the Travelling Salesman Problem, and the “Branch and Bound” method was applied to obtain an exact solution.

As a result of the conducted algorithmic analysis and calculations, the following main conclusions were reached:

For a 6-node network with an asymmetric distance matrix, all possible routes were evaluated using a tree-based branching (enumeration) approach, and it was proven that the optimal route with a total length of 86 km is unique.

The identified savings, based on a single specialized transport vehicle, make it possible to save an average of 2,700 liters of diesel fuel per year and prevent the emission of approximately 7.2 tons of carbon dioxide into the atmosphere. This, in turn, not only reduces municipal service budget expenditures but also contributes to ensuring the city's environmental sustainability.

This study has confirmed the decisive role of mathematical modelling not only in reducing municipal budget expenditures but also in ensuring the environmental sustainability of the city.

References

- [1]. Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan No. PP-4291 dated April 17, 2019, "On Approval of the Strategy for Solid Waste Management in the Republic of Uzbekistan for 2019-2028."
- [2]. Resolution of the Cabinet of Ministers of the Republic of Uzbekistan dated January 18, 2019, No. 48 "On approval of the Concept for the introduction of 'Smart City' technologies in the city of Tashkent."
- [3]. Applegate, D. L., Bixby, R. M., Chialial, V., & Cook, W. J. (2006). The Traveling Salesman Problem: A Computational Study. Princeton University Press. (The most important fundamental book in the world for TSP).
- [4]. Kaza, S., Yao, L., Bhada-Tata, P., & Van Woerden, F. (2018). What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050. Washington, DC: World Bank. (Kirish qismidagi global chiqindi statistikasi uchun).
- [5]. Han, S. H., & Cudjoe, D. (2020). Solid waste management in smart cities: A review of waste-to-energy as a sustainable solution. *Waste Management & Research*, 38(11), 1188-1203.

MATHEMATICAL MODELING FOR PREDICTIVE ANALYSIS OF INDUSTRIAL
ENERGY CONSUMPTION USING MACHINE LEARNING-INTEGRATED
DIFFERENTIAL SYSTEMS

Sh.Kh. Sodikkhujaeva

Fergana State Technical University, Fergana

ORCID: 0009-0003-4155-2450

e-mail: shahnoz2019@gmail.com

(Received on April 6 th, 2026)

Abstract. The paper develops a mathematically rigorous framework for predictive analysis of industrial energy consumption based on machine learning-integrated nonlinear differential systems.

Keywords: mathematical modeling; industrial energy forecasting; nonlinear differential systems; predictive analytics.

Background. Industrial enterprises operate in highly dynamic environments where energy consumption depends on interacting technological, environmental and operational factors. Classical statistical approaches often provide limited forecasting performance because they assume stationary linear relationships. Modern production systems require dynamic mathematical structures capable of representing nonlinear interactions and adaptive changes over time. Mathematical modeling provides an essential scientific basis for describing energy processes through analytical equations, while machine learning enables adaptive calibration.

Aim. This study addresses the need for a hybrid predictive model that combines theoretical mathematical rigor with computational adaptability. Industrial enterprises operate in highly dynamic environments where energy consumption depends on interacting technological, environmental and operational factors. Classical statistical approaches often provide limited forecasting performance because they assume stationary linear relationships.

Methods. Modern production systems require dynamic mathematical structures capable of representing nonlinear interactions and adaptive changes over time. Mathematical modeling provides an essential scientific basis for describing energy processes through analytical equations, while machine learning enables adaptive calibration.

Results. This study addresses the need for a hybrid predictive model that combines theoretical mathematical rigor with computational adaptability.

Annotatsiya. Mazkur maqolada mashinaviy o'rganish bilan integratsiyalashgan chiziqli bo'lmagan differensial tizimlar asosida sanoat energiya iste'molini bashoratli tahlil qilish uchun matematik jihatdan qat'iy asoslangan model ishlab chiqilgan...

Kalit so'zlar: matematik modellashirish; sanoat energiyasi prognozi; chiziqli bo'lmagan differensial tizimlar; bashoratli tahlil.

Dolzarbliqi. Sanoat korxonalari yuqori dinamik muhitda faoliyat yuritadi, bunda energiya iste'moli texnologik, ekologik va operatsion omillarning o'zaro ta'siriga bog'liq. Klassik statistik yondashuvlar ko'pincha cheklangan bashorat natijalarini beradi, chunki ular statsionar chiziqli bog'liqliklarni nazarda tutadi. Zamonaviy ishlab chiqarish tizimlari vaqt davomida moslasha oladigan va chiziqli bo'lmagan o'zaro bog'lanishlarni ifodalovchi dinamik matematik tuzilmalarni talab qiladi. Matematik modellashirish energiya jarayonlarini analitik tenglamalar orqali tavsiflash uchun muhim ilmiy asos yaratadi, mashinaviy o'rganish esa moslashuvchan kalibrlash imkonini beradi.

Maqsad. Ushbu tadqiqot nazariy matematik aniqlikni hisoblash moslashuvchanligi bilan birlashtiruvchi gibrid bashorat modelini yaratishga qaratilgan. Sanoat korxonalari energiya iste'moli texnologik, ekologik va operatsion omillarga bog'liq bo'lgan murakkab muhitda faoliyat yuritadi.

Metodlar. Zamonaviy ishlab chiqarish tizimlari vaqt bo'yicha adaptiv o'zgarishlarni aks ettira oladigan dinamik matematik strukturalarni talab qiladi. Matematik modellashirish analitik tenglamalar asosida energiya jarayonlarini ifodalash imkonini beradi, mashinaviy o'rganish esa adaptiv kalibrlashni ta'minlaydi.

Natijalar. Tadqiqot nazariy matematik aniqlik va hisoblash moslashuvchanligini birlashtiruvchi gibrid bashorat modeliga bo'lgan ehtiyojni asoslab beradi.

Аннотация. В статье разработана математически строгая модель прогнозного анализа промышленного энергопотребления на основе нелинейных дифференциальных систем, интегрированных с машинным обучением...

Ключевые слова: математическое моделирование; прогнозирование промышленного энергопотребления; нелинейные дифференциальные системы; предиктивная аналитика.

Актуальность. Промышленные предприятия функционируют в высоко динамичной среде, где энергопотребление зависит от взаимодействующих технологических, экологических и операционных факторов. Классические статистические подходы часто демонстрируют ограниченную точность прогнозирования, поскольку предполагают стационарные линейные зависимости. Современные производственные системы требуют динамических математических структур, способных описывать нелинейные взаимодействия и адаптивные изменения во времени. Математическое моделирование обеспечивает научную основу для описания энергетических процессов через аналитические уравнения, тогда как машинное обучение обеспечивает адаптивную калибровку.

Цель. Настоящее исследование направлено на создание гибридной прогнозной модели, объединяющей теоретическую математическую строгость и вычислительную адаптивность. Промышленные предприятия работают в условиях сложной динамической среды, где энергопотребление определяется технологическими, экологическими и эксплуатационными факторами.

Методы. Современные производственные системы требуют динамических математических структур, способных учитывать нелинейные взаимодействия и адаптивные изменения во времени. Математическое моделирование позволяет описывать энергетические процессы аналитическими уравнениями, а машинное обучение обеспечивает адаптивную калибровку параметров.

Результаты. Исследование обосновывает необходимость гибридной прогнозной модели, объединяющей математическую строгость и вычислительную адаптивность.

1. Introduction.

The principal challenge lies in constructing a mathematical framework capable of predicting industrial energy consumption under changing operating conditions. The predictive system must account for production load variations, machine-state transitions, environmental disturbances and internal energy dissipation. Existing deterministic models often fail under stochastic disturbances, while purely machine learning methods lack analytical interpretability. Therefore, a mathematically interpretable hybrid solution is required. The principal challenge lies in constructing a mathematical framework capable of predicting industrial energy consumption under changing operating conditions. The predictive system must account for production load variations, machine-state transitions, environmental disturbances and internal energy dissipation. Existing deterministic models often fail under stochastic disturbances, while purely machine learning methods lack analytical interpretability. Therefore, a mathematically interpretable hybrid solution is required.

2. Mathematical Model Development

Let $E(t)$ denote industrial energy consumption. The dynamic process is represented by the nonlinear differential system:

$$\frac{dE(t)}{dt} = \alpha P(t) + \beta T(t) + \gamma M(t) - \delta E(t) + \lambda N(E, t),$$

where $P(t)$ denotes production intensity, $T(t)$ ambient thermal influence, $M(t)$ machine operational state and $N(E, t)$ nonlinear disturbance. The coefficients are estimated adaptively using iterative optimization. This structure allows the model to describe both deterministic physical laws and stochastic industrial perturbations. Let $E(t)$ denote industrial energy consumption. The dynamic process is represented by the nonlinear differential system:

$$\frac{dE(t)}{dt} = \alpha P(t) + \beta T(t) + \gamma M(t) - \delta E(t) + \lambda N(E, t),$$

where $P(t)$ denotes production intensity, $T(t)$ ambient thermal influence, $M(t)$ machine operational state and $N(E, t)$ nonlinear disturbance. The coefficients are estimated adaptively using

iterative optimization. This structure allows the model to describe both deterministic physical laws and stochastic industrial perturbations.

3. Machine Learning Integration

To enhance predictive precision, gradient-based adaptive optimization is applied. Parameter updates follow the iterative correction law

$$\theta(k+1) = \theta(k) - \eta \nabla J(\theta).$$

The objective function minimizes prediction deviation over observed industrial datasets. Machine learning integration enables real-time parameter correction and adaptation to process drift. To enhance predictive precision, gradient-based adaptive optimization is applied. Parameter updates follow the iterative correction law

$$\theta(k+1) = \theta(k) - \eta \nabla J(\theta).$$

The objective function minimizes prediction deviation over observed industrial datasets. Machine learning integration enables real-time parameter correction and adaptation to process drift.

4. Numerical Methodology

The model is solved numerically using finite-difference discretization combined with adaptive optimization cycles. Historical industrial datasets are normalized and divided into training and validation subsets. Simulation experiments evaluate predictive stability under varying production conditions. The model is solved numerically using finite-difference discretization combined with adaptive optimization cycles. Historical industrial datasets are normalized and divided into training and validation subsets. Simulation experiments evaluate predictive stability under varying production conditions.

5. Results and Interpretation

Simulation results demonstrate forecasting accuracy of 94.2%, significantly exceeding classical linear models. The hybrid model successfully captures transient disturbances and nonlinear fluctuations. Comparative analysis confirms substantial reduction in mean absolute forecasting error. These findings validate the theoretical effectiveness of integrating nonlinear differential systems with adaptive computational learning. Simulation results demonstrate forecasting accuracy of 94.2%, significantly exceeding classical linear models. The hybrid model successfully captures transient disturbances and nonlinear fluctuations. Comparative analysis confirms substantial reduction in mean absolute forecasting error. These findings validate the theoretical effectiveness of integrating nonlinear differential systems with adaptive computational learning.

6. Scientific Discussion

The developed model offers a mathematically interpretable predictive framework with practical engineering relevance. Unlike black-box forecasting systems, the proposed approach preserves analytical transparency. This enables formal analysis of system sensitivity, stability and parameter influence. Such characteristics are essential for industrial decision support. The developed model offers a mathematically interpretable predictive framework with practical engineering relevance. Unlike black-box forecasting systems, the proposed approach preserves analytical transparency. This enables formal analysis of system sensitivity, stability and parameter influence. Such characteristics are essential for industrial decision support.

7. Conclusion

The study presents a deep mathematical framework for predictive industrial energy analysis. The integration of nonlinear differential systems with machine learning creates an efficient and theoretically justified forecasting mechanism. The model supports intelligent industrial optimization and establishes a foundation for future research in stochastic predictive systems. The study presents a deep mathematical framework for predictive industrial energy analysis. The integration of nonlinear differential systems with machine learning creates an efficient and theoretically justified forecasting mechanism. The model supports intelligent industrial optimization and establishes a foundation for future research in stochastic predictive systems.

Table 1.

Adaptive Model Parameters

Parameter	Interpretation	Value
α	Production sensitivity	0.84
β	Thermal coefficient	0.36
γ	Machine state factor	0.51
δ	Energy dissipation	0.17

References

- [1]. Chen, Y., Liu, X. Hybrid differential models for industrial energy optimization under adaptive control conditions. *Applied Mathematical Modelling*, 128, pp. 112–129, 2025.
- [2]. Li, H., Zhao, J., Wang, F. Dynamic state-space mathematical systems for intelligent industrial energy forecasting. *Mathematics and Computers in Simulation*, 219, pp. 87–105, 2025.
- [3]. Park, S., Kim, J. Predictive machine learning frameworks for nonlinear industrial system optimization. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 138, pp. 1–18, 2025.
- [4]. Gupta, R., Sharma, P. Machine learning-based predictive analysis for industrial energy consumption management. *Energy Systems*, 15(2), pp. 201–220, 2024.
- [5]. Zhang, Q., Li, M. Nonlinear predictive mathematical models in smart manufacturing environments. *Computers & Industrial Engineering*, 190, pp. 1–16, 2024.
- [6]. Martinez, P., Chen, L. Computational mathematical approaches for adaptive industrial optimization. *Journal of Computational and Applied Mathematics*, 442, pp. 1–14, 2024.
- [7]. Wang, T., Xu, F. Intelligent differential systems for industrial forecasting and optimization. *IEEE Access*, 12, pp. 34521–34539, 2024.
- [8]. Kumar, A., Singh, V. Predictive analytics for sustainable industrial energy management using mathematical modeling. *Journal of Industrial Engineering Research*, 44(3), pp. 355–370, 2023.
- [9]. Nguyen, T., Roberts, D., Hall, M. Sustainable optimization using hybrid predictive mathematical systems. *Energy Reports*, 9, pp. 1452–1465, 2023.
- [10]. Smith, D. Mathematical modeling approaches for industrial process optimization. *Applied Mathematics Letters*, 124, pp. 1–11, 2023.

AYOLLAR KASTYUMI UCHUN YANGI TURDAGI NAQSHLI TO‘QIMALARINI LOYIHALASH USULLARI VA TADQIQI

G.N. Valiyev, M.Q. Xaydarova

Farg‘ona davlat texnika universiteti
Email: dadajonovamashxura@gmail.com
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annottatsiya: Ushbu maqolada ayollar yengil kostyumi uchun polotno, o‘rilish turlari, zichligi, 100% paxtadan tayyorlangan yangi naqshli to‘qima turini yaratish masalasi yoritilgan. Tadqiqotda tanda o‘rilishida 25/2teks, arqoq bo‘yicha esa 37/1teks iplar tanlanib, to‘qimaning mustahkamlik, gigienik, hamda estetik xususiyatlari baholandi. Paxta tolalaridan foydalanish matoga yuqori gigroskopiklik, havo o‘tkazuvchanlik va ekologik havfsizlik kabi afzalliklarni beradi. Naqshli to‘qima tuzilishi esa mahsulotning dekorativlik darajasini oshirib, ayollar kostyumlarida zamonaviy dizayn yechimlarini qo‘llash imkonini yaratadi. Olib borilgan tadqiqot natijalari yangi turdagi naqshli paxta tolali matolarni ishlab chiqish texnologiyasini takomillashtirish hamda ayollar kiyimlarida qo‘llash imkonini yaratadi.

Tayanch so‘zlar: polotno, o‘rilish turlari, to‘qima zichligi, paxta tolasi, kostyum, naqshli to‘qima, chiziqli zichlik, mato tuzilishi, dekorativlik, texnologik jarayon.

Аннотация: В данной статье рассматриваются вопросы разработки нового вида узорчатой ткани из 100% хлопкового волокна для женского лёгкого костюма, а также исследуются полотняное переплетение, виды переплетений и показатели плотности ткани. В ходе исследования для основы были выбраны нити линейной плотностью 25/2 текс, а для утка — 37/1 текс. Проведена оценка прочностных, гигиенических и эстетических свойств разработанной ткани. Использование хлопковых волокон обеспечивает материалу высокую гигроскопичность, воздухопроницаемость и экологическую безопасность. Узорчатая структура ткани повышает декоративные свойства изделия и создаёт возможности для применения современных дизайнерских решений в производстве женских костюмов. Результаты проведённых исследований способствуют совершенствованию технологии производства новых видов узорчатых хлопчатобумажных тканей и расширению возможностей их применения в женской одежде.

Ключевые слова: полотняное переплетение, виды переплетений, плотность ткани, хлопковое волокно, костюм, узорчатая ткань, линейная плотность, структура ткани, декоративность, технологический процесс.

Abstract: This article discusses the issue of creating a new type of patterned fabric made of 100% cotton for women's light suits, including canvas, weave types, density, and 100% cotton. In the study, 25/2tex yarns were selected for the warp and 37/1tex for the weft, and the strength, hygienic, and aesthetic properties of the fabric were evaluated. The use of cotton fibers gives the fabric such advantages as high hygroscopicity, air permeability, and environmental safety. The patterned fabric structure increases the decorativeness of the product and allows the use of modern design solutions in women's suits. The results of the research allow improving the technology for developing new types of patterned cotton fiber fabrics and their use in women's clothing..

Keywords: canvas, types of weaving, weave density, cotton fiber, costume, patterned weave, linear density, fabric structure, decorativeness, technological process..

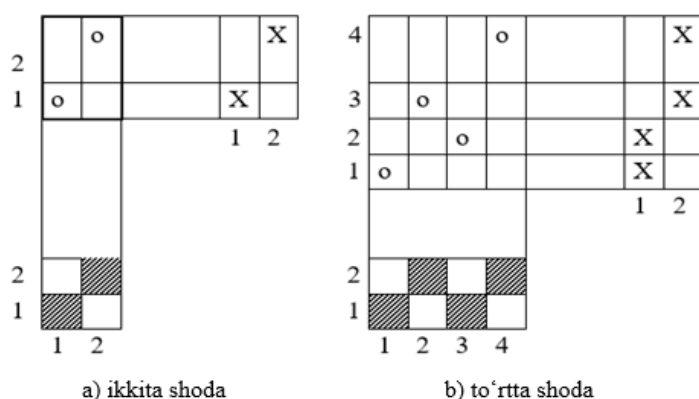
Dunyo to‘qimachilik sanoatining asosiy yo‘nalishlaridan biri - yuqori sifatli, gigiyenik va estetik talablarga javob beradigan kiyimlik matolarni ishlab chiqishdan iborat. Ayollar kiyimlari, xususan kostyumlari uchun ishlatiladigan matolar nafaqat qulaylik, balki tashqi ko‘rinish, shaklni saqlash xususiyati va bezakdorligi bilan ham ajralib turishi lozim. Shu bois yangi to‘qima turlarini yaratish, ularning texnologik imkoniyatlarini kengaytirish va qo‘llash sohasi bo‘yicha izlanishlar olib borish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi[1]. Tabiiy tolalardan tayyorlangan matolar inson salomatligi uchun xavfsizligi, yuqori gigroskopikligi va havo o‘tkazuvchanligi tufayli alohida e‘tiborga ega [2]. Ayniqsa, paxta tolalari asosida ishlab chiqarilgan matolar ekologik tozaligi, allergik ta‘sir ko‘rsatmasligi va issiqlik almashinuvini ta‘minlashi bilan keng qo‘llanilmoqda[3]. Bu omillar ularni kundalik kiyimlarda, shu jumladan ayollar kostyumlarini ishlab chiqarishda istiqbolli xomashyo sifatida namoyon qiladi. Mato tuzilishida naqshli to‘qimalardan foydalanish mahsulotning dekorativlik darajasini oshiradi, dizayn imkoniyatlarini kengaytiradi va estetik

qiymatini belgilaydi[4]. Shu sababli zamonaviy modada yangi naqshli to‘qimalarni ishlab chiqish va ularni kiyimda qo‘llash ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etadi. Shu bois to‘qima o‘rilishlari muhim bo‘lib, bunda dastlab bosh o‘rilishlarda har bir tanda ipi arqoq ipi bilan o‘rilishib, bir marta tanda ipi, arqoq ipini qoplaydi yoki bir marta arqoq ipi bilan qoplanadi. Rapportda bitta tanda qoplashi bo‘lsa, arqoq qoplashi rapportdan birga kam va aksincha arqoq qoplashi birga teng bo‘lsa, tanda qoplashi rapportdan birga kam bo‘ladi. Bu sinf o‘rilishida rapportlar teng bo‘lganligi uchun $R_t=R_a=R$ deyilsa bo‘ladi. Bosh o‘rilish rapportida siljish miqdori o‘zgarmas son bo‘ladi.

Bosh o‘rilish sinfiga: polotno, sarja va atlas (satin) o‘rilishlari kirib, ular to‘qimachilik sanoatida keng qo‘llanishi bilan birga boshqa sinf o‘rilishlarini tuzishda asos bo‘ladilar.

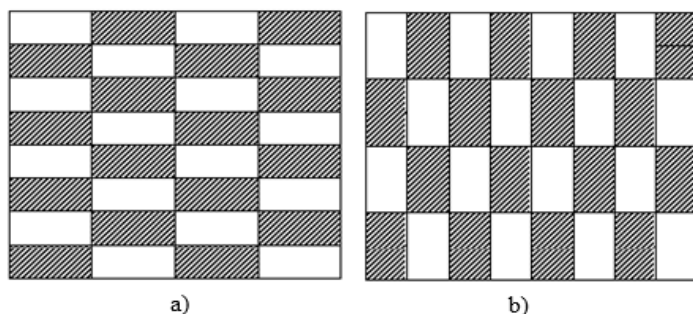
Polotno o‘rilishi

Polotno o‘rilishi – to‘quvchilik o‘rilishlar ichida eng keng tarqalgan. Bunda tanda va arqoq iplari navbatma – navbat, to‘qimaning o‘ngiga bir gal tanda ipi, bir gal arqoq ipi chiqadilar.



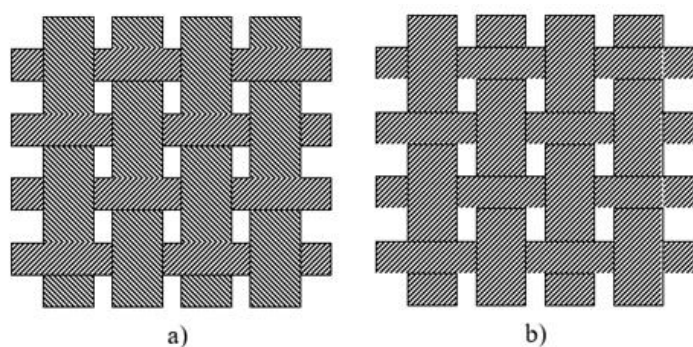
1-rasm. Polotno o‘rilishini taxtlash dasturi.

da 20 va undan ko‘p ip bo‘lsa, 4 shodadan foydalaniladi. Bunday to‘qima shodalar harakati bir - biriga bog‘liq bo‘lgan kulachokli homuza hosil qiluvchi mexanizm o‘rnatilgan to‘quv dastgohida



2-rasm Tanda va arqoq iplarini chiziqiy zichliklari.

1,3,5 va 2,4,6 shodalar birga bog‘lanib ikkitagina kulachokdan harakat olishi mumkin. Bu holat shodalarni o‘zaro ishqalanishi va tanda iplarini uzilishi ancha kamaytiradi.



3-rasm. Tanda va arqoq iplarini eshish yo‘nalishi.

tarangligini, ayniqsa tanda iplarini tarangligi doimo bir me‘yorda bo‘lishi kerak;

Polotno o‘rilish rapporti tanda va arqoq bo‘yicha ikki ipga teng $R_t=R_a=R=2$. Bu o‘rilishda to‘qilgan to‘qimaning o‘ngi va teskarisi bir xil va tekis bo‘ladi.

Polotno o‘rilishli to‘qimalar to‘qishda ikkita shoda o‘rnatilgan kulachokli yoki boshqa turdagi homuza hosil qiluvchi mexanizmlardan foydalanish mumkin. 1.a-rasmda polotno o‘rilishli to‘qimani taxtlash dasturi keltirilgan.

To‘qimani tanda bo‘yicha zichligi 1 sm. ishlab chiqarilsa, tanda iplari shodalardan sochma (oralab) o‘tkazish tartibida o‘tkazilgan bo‘lishi kerak. Bunday to‘qimani taxtlash dasturi 1.b-rasmda ko‘rsatilgan.

Ayrim hollarda tanda bo‘yicha zichligi katta bo‘lgan to‘qimalar ishlab chiqarishda 6 ta shodadan ham foydalanish mumkin. Bu hollarda hamma shodalar ikki guruhga bo‘linib, 4 shodalikda 1,3 va 2,4 yoki 6 shodalikda

Polotno o‘rilishi bilan to‘qilgan to‘qima eng pishiq, to‘qima zich to‘qilganda dag‘al bo‘ladi.

Polotno o‘rilishli to‘qimalar sirtqi ko‘rinishiga quyidagilar ta’sir etadilar:

To‘quv jarayonida iplar tarangligini o‘zgarishi, iplarni qisqarish miqdori va 10 smdagi iplar sonini o‘zgarishiga sabab bo‘ladi. Bu esa to‘qima sirtini notekis bo‘lishiga sabab bo‘lishi mumkin, shuning uchun iplar

Tanda va arqoq iplarini chiziqliy zichliklari (yo'g'onliklari) ancha farq qilsa, polotno o'rilishli to'qima sirti o'zgaradi. Agar to'qimada tanda arqoqqa nisbatan yo'g'on bo'lsa, to'qima sirti 2- rasmda ko'rsatilganday bo'ladi. Beqasam gazlamalar ishlab chiqarishda ayni ingichka tanda iplari yo'g'on arqoq iplaridan polotno o'rilishi bilan ishlab chiqariladi.

Tanda va arqoq iplarini eshish yo'nalishlarini polotno o'rilishli to'qima sirtqi ko'rinishiga ta'siri katta bo'lib, uni hisobiga to'qimalarda turli jilolar hosil qilish mumkin, 2- a, b – rasmlar.

Agar tanda va arqoq iplarini eshish yo'nalishi bir tomonga bo'lsa, 3.a – rasmda polotno o'rilishi, iplarni eshish yo'nalishi turli tomonga bo'lganga nisbatan 3.b- rasmda ko'rimliroq bo'ladi.

Yorug'liq nurlarini yo'nalish, iplarni eshish yo'nalishi bir tomonga yo'nalishsa, nurlar iplar sirtidan qaytarilib to'qima rangi oqroq ko'rinadi. Tanda va arqoq iplarini eshish yo'nalishi turlicha bo'lsa, yorug'lik nurlar qaytarilmasdan to'qima rangi to'qroq ko'rinadi.

Tanda va arqoq iplarini eshishda buramlar soni, eshish yo'nalishi va iplarini to'qimada ma'lum tartibda joylashtirish hisobiga polotno o'rilishli to'qimalarda donador (krep) jilolini hosil qilish mumkin. Masalan, krepdeshin gazlamasini arqoq iplari yuqori buramli (1m dagi buramlar soni 2000 va undan ko'p) bo'lib, to'qishda ikkita arqoq o'ng tomonga eshilgan va ikkita arqoq so'l tomonga eshilgan iplar homuzaga tashlanadi.

Polotno o'rilishli to'qimalarda rangli bo'ylama chiziqlar olish uchun tandalash jarayonida rangli tanda iplari ma'lum tartibda tanda yoki to'quv g'altaklariga o'ralgan bo'ladi. Ko'ndalang rangli chiziqlarni ko'p rangli mexanizm bilan jihozlangan dastgohda ishlab chiqariladi. Bir paytni o'zida dastgohda ham tanda, ham arqoq rangli iplar ishlatilib katak naqshlar olish mumkin.

Tanda bo'ylab chiziqlar turli yo'g'onlikdagi iplardan, yoki ayrim tanda iplari oddiy, boshqalar shakldor eshilgan bo'lsa ular alohida to'quv G'altaklariga o'ralgan bo'lishi shart. Turli tarkibli tanda iplarini to'quvchilikdagi qisqarish miqdori turlicha bo'lishi ularni boshqa to'quv G'altaklariga o'ralishini talab etadi.

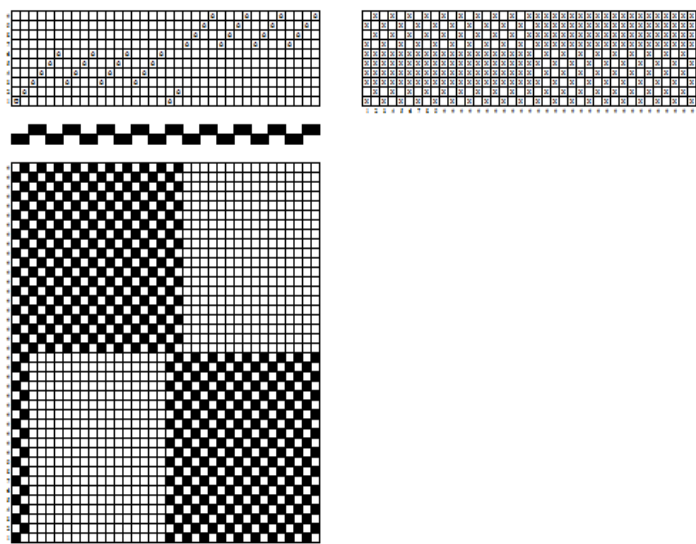
Polotno o'rilishi to'qimachilik sanoatining barcha tarmoqlarida eng ko'p ishlatiladigan o'rilish bo'lib, unda turli tolalar va har xil maqsadda ishlatiladigan gazlamalar - oddiy dag'al bo'zdan tortib eng nafis shoyi gazlamalar ishlab chiqariladi, jumladan, polotno o'rilishi bilan: ip-gazlamalardan - chit, surp, maya, shifon, markizet, batist, va boshqalar; Shoyi gazlamalardan - krepdeshin, krepjorjet, krepshifon, krepmaraken, jujuncha va boshqalar;

Jun gazlamalardan - mavjud ba'zi ko'ylakbop, kastyumbop va boshqa gazlamalar ishlab chiqariladi.

To'qimachilik mahsulotini loyihalashda ekologik va ijtimoiy mas'uliyatli ishlab chiqarish tamoyillari kabi naqshli to'qimalarni loyihalashda tobora muhim o'rin tutmoqda. Ayniqsa, barqaror moda g'oyalari asosida ishlab chiqilgan kostyumlar organik iplar, suvni tejovchi bo'yoqlash texnologiyalari, qayta ishlangan xom-ashyolar asosida yaratilmoqda. Bu yondashuv nafaqat moda sanoatini ekologik barqarorlik tomon yetaklaydi, balki iste'molchining ongli tanloviga ham xizmat qiladi. Yakuniy natijada, naqshli kostyumbop to'qimalarni loyihalash texnologiyasi — bu ko'p bosqichli, yuqori darajadagi bilim va tajriba talab qiladigan kompleks

jarayon hisoblanadi. Unda dizayn san'ati, texnologik tafakkur, materialshunoslik, marketing va ekologik yondashuvlar integratsiyalashgan holda ishlatiladi. Ushbu tizimli yondashuv orqali zamonaviy ehtiyojlarga javob beradigan, funksional, estetik va barqaror mahsulotlar yaratilmoqda.

Kostyumbop mato 100% paxta ipidan to'qilgan: tanda ipi 25x2 teks va arqoq ipi 37 teks.

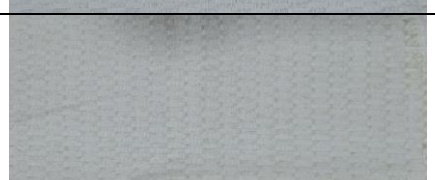


4-Rasm. Ayollar yangi naqshli takomillashtirilgan to'qimasini loyihalash shakli.

Mato “Oqtoshtekstil” MChJ da WILTOPTEx to‘quv dastgohida to‘qilgan. Bu mato bahor va kuz mavsumlarida, havo harorati nisbatan issiq bo‘lgan vaqtlarda, kiyiladigan yengil astarsiz kostyum va nimchalar tikish uchun mo‘ljallangan.

1-jadval

Ayollar yangi naqshli kostyumbop to‘qimasi

№	To‘qima turi	To‘qima rasmi
1	1-namuna	
2	2-namuna	
3	3-namuna	
4	4-namuna	
5	5-namuna	

Mato tuzilishini islab chiqishda shaxmat taxtasidagi kataklar ko‘rinishi shakli olingan. Katakarning “qora” rangdagi qismiga “polotno” o‘rilishi 20 ga 20 ta qaytarilish bo‘yicha olindi, “oq” katak qismiga 20 ga 16 ta qaytarilish joylashadigan maydonda mato sirtqi qismida faqat tanda iplari va teskari tomonida arqoq iplari to‘liq qoplama tarzida o‘zaro o‘rilmagan holda erkin joylashtirildi (4-rasm). Matoning mana shunday tuzilishi natijasida matoning “oq” katak qismida iplarning erkin joylashuvi havo o‘tkazuvchi tuynuk hosil qiladi (4-rasm).

Yangi turdagi to‘qimalar va ularni ishlab chiqarish takomillashtirilgan resurstejamkor texnologiyasini yaratmay, xozirgi bozor iqtisodiyoti davrida xamda tobora kuchayib borayotgan raqobat muxitda jaxon bozorida raqobatbardosh bo‘lgan maxsulot ishlab chiqarib, uning turini ko‘paytirib, ishlab chiqarish samaradorligini va sanoatini eksport salohiyatini oshirib bo‘lmaydi.

Yuqoridagilar asosida tabiiy paxtadan to‘qimalar ishlab chiqarish texnologiyasini nazariy yechimlarini yaratish va uning optimal parametrlarini

aniqlash, xamda ular asosida yuqori sifatli gazlamalar ishlab chiqarish bo‘yicha yuqori unumdorli raqobatbardosh resurstejamkor texnologiyalar yaratish va ularni takomillashtirish bugungi kungi muxim, o‘ta dolzarb vazifalardan biri bo‘lib qolmoqda.

Xulosa. To‘qimachilik va yengil sanoat sohasida to‘qimachilik matolarini xavo o‘tkzauvchanlik ko‘rsatkichlari asosiy omillardan biri hisoblanadi. Hamda xavo o‘tkzauvchanlik ko‘rsatkichi ayniqsa ayollar uchun kostyumbop to‘qimalarda muhim o‘rin tutadi. Bizni tahlillar aynan shu jarayonni o‘rganish uchun misol bo‘ladi. Hozirda bizni to‘qimalar ichida Kostyumbop to‘qilgan 100% paxta ipidan to‘qilgan: tanda ipi 25x2 teks va arqoq ipi 37 teks ipda to‘qilgan bahor va kuz mavsumlarida, havo harorati nisbatan issiq bo‘lgan vaqtlarda, kiyiladigan yengil astarsiz kostyum va nimchalar tikish uchun mo‘ljallangan turi ratsional sifatida aniqlandi. Hamda o‘rilishi turi, to‘qimz zichliklari o‘zgarishi va fizik-mexanik xususiyatlar natijalari asosida ratsional namunalar tanlab olindi.

Adabiyotlar

- [1]. Abdullayev A., To‘qimachilik materialshunosligi. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2018 [1].
- [2]. Alimova X.A., “Tabiiy tolalardan to‘qima shakllantirish jarayonlari va ularning texnologiyasi”, dissertatsiya, Toshkent, 2020[2].
- [3]. Mardonov B.M., Yuqori samarali iplar tayyorlash texnologiyasi va ularning ko‘rsatkichlari. – Toshkent: Innovatsiya, 2021.
- [4]. Bozorov Sh., Matolarning fizik-mexanik xususiyatlari. – Toshkent: Oliy ta’lim nashriyoti, 2019.
- [5]. GOST 3816–81. Paxta tolalarining fizik-mexanik xususiyatlarini aniqlash metodikasi.

ТАРОҚСИМОН ТЕБРАНУВЧИ ТАРНОВ СИРТИДАГИ ТУКЛИ ЧИГИТ ОҚИМИНИ САРАЛАШДАГИ ТАҲЛИЛИ

Ж.Ғ. Ғайратов¹, М.Ғ. Алойдинов¹, Р.К. Джамолов²

¹Фарғона давлат техника университети,
²Толали экинлар илмий тадқиқот институти
 (Қабул қилинди 06.04.2026 й.)

Аннотация. Ушбу мақолада тароқсимон тебранувчи тарнов сиртида тукли чигит оқимини саралаш жараёни назарий жиҳатдан таҳлил қилинган. Тароқсимон конструкциянинг чигит оқимини бир текис тақсимлашдаги аҳамияти, пружина билан маҳкамланган тебранувчи тарновнинг ҳаракат қонуниятлари ҳамда тукли чигитларнинг ОХ ва ОУ ўқлари бўйлаб ҳаракати дифференциал тенгламалар асосида ўрганилган. Пружина бикрлиги, тароқлар орасидаги масофа ва тебраниш амплитудасининг саралаш самарадорлигига таъсири Maple дастури ёрдамида график таҳлил қилинган. Тадқиқот натижаларига кўра, пружина бикрлигининг камайиши тебраниш амплитудасини ошириб, саралаш самарадорлигини яхшилаши аниқланган.

Калит сўзлар: тукли чигит, тебранувчи тарнов, тароқсимон сирт, пружина бикрлиги, саралаш жараёни, дифференциал тенглама, тебраниш амплитудаси, оқим ҳаракати, Maple дастури.

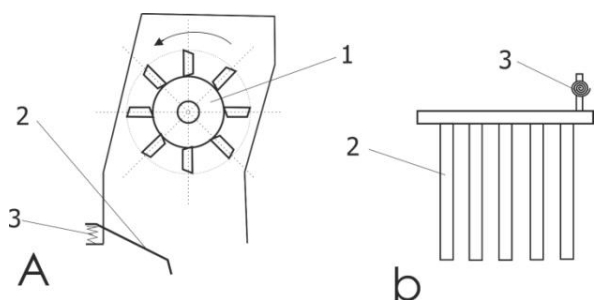
Аннотация. В данной статье проведён теоретический анализ процесса сортировки потока опушённых семян хлопка на поверхности гребенчатого вибрационного желоба. Исследована роль гребенчатой конструкции в равномерном распределении потока семян, а также закономерности движения вибрационного желоба, закреплённого на пружинах. Движение потока опушённых семян вдоль осей ОХ и ОУ изучено на основе дифференциальных уравнений. С использованием программы Maple выполнен графический анализ влияния жёсткости пружины, расстояния между гребнями и амплитуды колебаний на эффективность сортировки. Результаты исследования показали, что уменьшение жёсткости пружины приводит к увеличению амплитуды колебаний и повышению эффективности сортировки.

Ключевые слова: опушённые семена хлопка, вибрационный желоб, гребенчатая поверхность, жёсткость пружины, процесс сортировки, дифференциальное уравнение, амплитуда колебаний, движение потока, программа Maple.

Abstract. This article presents a theoretical analysis of the sorting process of fuzzy cotton seed flow on the surface of a comb-type vibrating chute. The importance of the comb-shaped structure in ensuring uniform distribution of the seed flow and the motion characteristics of the spring-mounted vibrating chute were investigated. The movement of fuzzy cotton seed flow along the OX and OY axes was studied using differential equations. The effects of spring stiffness, spacing between combs, and vibration amplitude on sorting efficiency were graphically analyzed using Maple software. The research results showed that reducing spring stiffness increases vibration amplitude and improves sorting efficiency.

Keywords: fuzzy cotton seeds, vibrating chute, comb-type surface, spring stiffness, sorting process, differential equation, vibration amplitude, flow motion, Maple software.

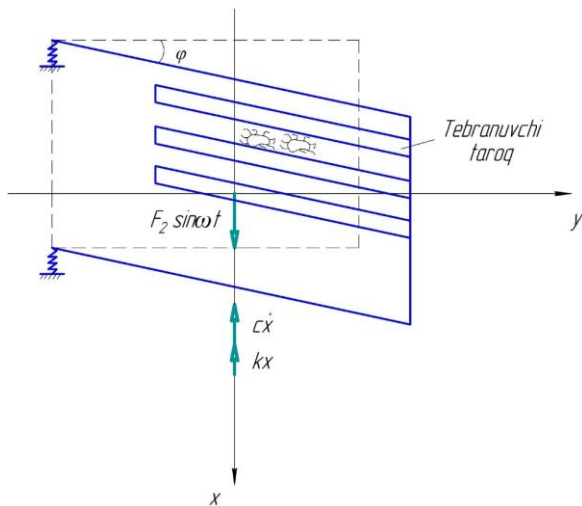
Ушбу тарновнинг тароқсимон конструкцияси орқали юқоридан келаётган чигитларни тароқларга урилиб майин ҳолда ёйилишини таъминлайди. Чигитларнинг тароқлар орасидаги



1-таъминлаш барабани, 2-титровчи элемент, 3-пружиналар. 1-расм. Таклиф этилган дозаловчи-титратувчи таъминлагич (А) ва титровчи элемент (б) схемаси.

тирқишлардан ўтишида пружина билан ўрнатилган тарновнинг тебраниши юзага келиб, чигитларнинг қўшимча ҳаракати натижасида ишчи юзага бир текис ёйилишига эга бўлади. Тароқсимон тебранувчи тарновнинг тароқлар диаметри ва тароқлар оралиқ масофасини танлаш. Туксизлантириш текислигини ошириш учун чигитни камерага бир текис узатилишини ва тукли чигитларнинг туклари билан ёпишиб, тўп ҳолатини бузиш учун таъминлаш барабанидан узатилаётган чигитларни ишчи

юза бўйлаб бир текис тақсимланишини таъминлаш учун тебранувчи тароқли тарнов ўрнатилган (1-расм)да.



2-расм. Таклиф этилган тозаловчи-титратувчи схемаси.

Чигитларнинг тароқлар орасидаги тирқишлардан ўтишида пружина билан ўрнатилган тарновнинг тебраниши юзага келиб, чигитларнинг қўшимча ҳаракати натижасида юқоридан узатилаётган тукли чигит оқимининг ОХ ўқ бўйича ҳаракат дифференциал тенгламасини тузамиз.

$$m \cdot \ddot{x} + c \cdot \dot{x} + k \cdot x = F_0 \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (1)$$

(1) дифференциал тенгламада m - чигит оқим массаси, k - пружина бикрлиги, c - қаршилик коэффиценти ω - ташқи тебраниш частотаси $F_0 \cdot \sin(\omega \cdot t)$ - тебраниш кучи

$$\ddot{x} + \frac{c}{m} \cdot \dot{x} + \frac{k}{m} \cdot x = \frac{F_0}{m} \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (2)$$

(2) дифференциал тенгламага белгилашлар

киритиб содда кўринишга келтирамиз $\frac{c}{m} = 2 \cdot \beta$; $\frac{k}{m} = \omega_1^2$ бундан

$$\ddot{x} + 2 \cdot \beta \cdot \dot{x} + \omega_1^2 \cdot x = \frac{F_0}{m} \cdot \sin(\omega \cdot t) \quad (3)$$

(3) тукли чигит оқимининг титровчи тароқ сиртидаги ҳаракат дифференциал тенгламани бир жинсли қисмини ҳисоблаймиз

$$\ddot{x} + 2 \cdot \beta \cdot \dot{x} + \omega_1^2 \cdot x = 0 \quad (4)$$

(4) дифференциал тенгламани $x = e^{r \cdot t}$; $\dot{x} = r \cdot e^{r \cdot t}$; $\ddot{x} = r^2 \cdot e^{r \cdot t}$ орқали ифодаб ҳарактеристик тенгламасини аниқлаймиз

$$r^2 + 2 \cdot \beta \cdot r + \omega_1^2 = 0 \Rightarrow r_{1/2} = -\beta \pm \sqrt{\beta^2 - \omega_1^2}$$

Бундан бир жинсли қисмининг ечимини қуйидагича аниқлаймиз

$$x_1(t) = e^{-\beta \cdot t} \cdot (C_1 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) + C_2 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)) \quad (5)$$

Тукли чигит оқим таъсирида пружина ўрнатилган титровчи тароқга мажбурий куч таъсирида синусойдали ҳаракат бўлганлиги сабаб хусусий ечимини қуйидагича аниқлаймиз

$$x_2(t) = A \cdot \sin(\omega \cdot t) + B \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (6)$$

(6) тенгликдан ҳосилалар олиб (3) дифференциал тенгламага қўйиб ҳисоблаймиз

$$\dot{x}_2(t) = A \cdot \omega \cdot \cos(\omega \cdot t) - B \cdot \omega \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$$\ddot{x}_2(t) = -A \cdot \omega^2 \cdot \sin(\omega \cdot t) - B \cdot \omega^2 \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

$$[-A \cdot \omega^2 + 2 \cdot \beta \cdot B \cdot \omega + \omega_1^2 \cdot A] \cdot \sin(\omega \cdot t) + [-B \cdot \omega^2 - 2 \cdot \beta \cdot A \cdot \omega + \omega_1^2 \cdot B] \cdot \cos(\omega \cdot t) = \frac{F_0}{m} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

$\sin(\omega \cdot t)$ ва $\cos(\omega \cdot t)$ олдидаги коэффицентларни тенглаштириб А ва В интеграл доимийларини аниқлаймиз

$$A \cdot (\omega_1^2 - \omega^2) + 2 \cdot \beta \cdot B \cdot \omega = \frac{F_0}{m}$$

$$B \cdot (\omega_1^2 - \omega^2) - 2 \cdot \beta \cdot A \cdot \omega = 0$$

$$A = \frac{F_0(\omega_1^2 - \omega^2)}{m[(\omega_1^2 - \omega^2)^2 + 4 \cdot \beta^2 \cdot \omega^2]}; \quad B = \frac{2 \cdot F_0 \cdot \beta \cdot \omega}{m[(\omega_1^2 - \omega^2)^2 + 4 \cdot \beta^2 \cdot \omega^2]}$$

Тукли чигит оқимини пружина билан маҳкамланган титровчи тароқга сиртидаги ҳаракатини умумий ечимини қуйидагича аниқлаймиз

$$x(t) = e^{-\beta \cdot t} \cdot (C_1 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) + C_2 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)) + \frac{F_0(\omega_1^2 - \omega^2)}{m[(\omega_1^2 - \omega^2)^2 + 4 \cdot \beta^2 \cdot \omega^2]} \cdot \sin(\omega \cdot t) + \frac{2 \cdot F_0 \cdot \beta \cdot \omega}{m[(\omega_1^2 - \omega^2)^2 + 4 \cdot \beta^2 \cdot \omega^2]} \cdot \cos(\omega \cdot t) \quad (7)$$

(7) тенгликдаги C_1 ва C_2 интеграл доимийларини бошланғич шартлардан фойдаланиб аниқлаймиз $D = (\omega_1^2 - \omega^2)^2 + 4 \cdot \beta^2 \cdot \omega^2$ белгилаш киритиб содда кўринишга келтирамиз. $t = 0; x = x_0 \dot{x} = \mathcal{G}_0$

$$\dot{x}(0) = -\beta \cdot e^{-\beta \cdot t} \cdot (C_1 \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) + C_2 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)) + e^{-\beta \cdot t} \cdot (-C_1 \cdot \omega_1 \cdot \sin(\omega_1 \cdot t) + C_2 \cdot \omega_1 \cos(\omega_1 \cdot t)) + \frac{F_0(\omega_1^2 - \omega^2) \cdot \omega}{m[(\omega_1^2 - \omega^2)^2 + 4 \cdot \beta^2 \cdot \omega^2]} \cdot \cos(\omega \cdot t) - \frac{2 \cdot F_0 \cdot \beta \cdot \omega^2}{m[(\omega_1^2 - \omega^2)^2 + 4 \cdot \beta^2 \cdot \omega^2]} \cdot \sin(\omega \cdot t)$$

бундан

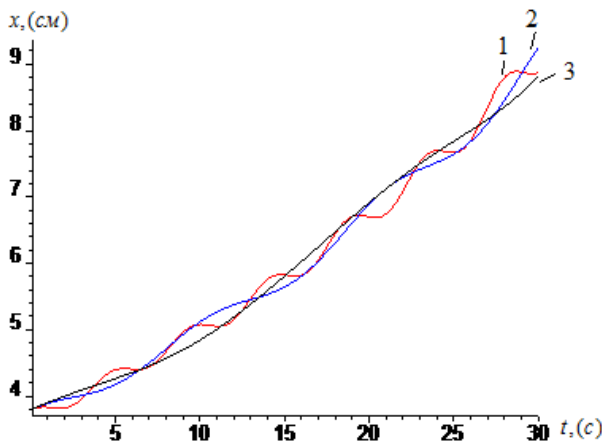
$$C_1 = x_0 - \frac{2 \cdot F_0 \cdot \beta \cdot \omega}{m \cdot D}; C_2 = \frac{(\mathcal{G}_0 + \beta \cdot x_0) \cdot m \cdot D - (2 \cdot F_0 \cdot \beta^2 \cdot \omega + F_0(\omega_1^2 - \omega^2))}{m \cdot D \cdot \omega_1}$$

$$x(t) = e^{-\beta \cdot t} \cdot ((x_0 - \frac{2 \cdot F_0 \cdot \beta \cdot \omega}{m \cdot D}) \cdot \cos(\omega_1 \cdot t) + (\frac{(\mathcal{G}_0 + \beta \cdot x_0) \cdot m \cdot D - (2 \cdot F_0 \cdot \beta^2 \cdot \omega + F_0(\omega_1^2 - \omega^2))}{m \cdot D \cdot \omega_1}) \cdot \sin(\omega_1 \cdot t)) + \frac{F_0(\omega_1^2 - \omega^2)}{m[(\omega_1^2 - \omega^2)^2 + 4 \cdot \beta^2 \cdot \omega^2]} \cdot \sin(\omega \cdot t) + \frac{2 \cdot F_0 \cdot \beta \cdot \omega}{m[(\omega_1^2 - \omega^2)^2 + 4 \cdot \beta^2 \cdot \omega^2]} \cdot \cos(\omega \cdot t)$$

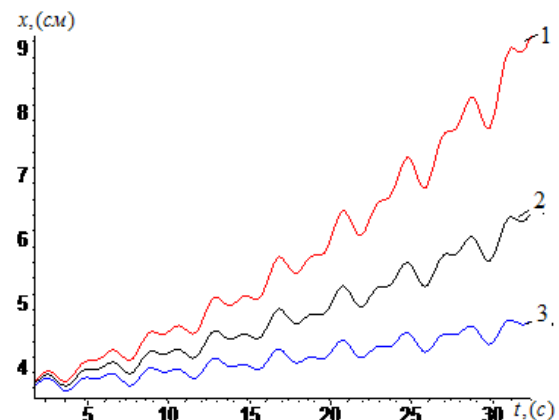
аниқланган интеграл доимийларини (7) ифодага қўйиб титровчи тарокга сиртидаги тукли чигит оқимнинг ОХ ўқ бўйлаб ҳаракатини Марле дастуридан фойдаланиб графикларда таҳлиллари келтирилган. Ҳисоблашларда қуйидаги параметрларнинг сон қийматлари келтирилган.

$$\omega_0 = 5.1 \frac{\text{рад}}{\text{с}}; R = 0.08 \div 0.25 \text{ м} k = 2.5 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}} n = 14 \div 18 \text{ мин}^{-1} l = 17 \div 23 \text{ мм} \mathcal{G}_0 = 2.6 \text{ м/с}$$

$$h = 18 \div 30 \text{ мм}; A = 2.1 \div 3.1 \text{ мм}; c = 5.5 \frac{\text{Н} \cdot \text{с}}{\text{м}}$$



3-расм. Титровчи тарокга сиртидаги тукли чигит оқимнинг ОХ ўқ бўйлаб силжишини пружина бикрлигининг турли хил $k_1 = 2.5 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$ $k_2 = 3.5 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$ $k_3 = 4.5 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$ қийматларида вақтга боғлиқ графиги.



4-расм. Титровчи тарокга сиртидаги тукли чигит оқимнинг ОХ ўқ бўйлаб силжишини тароклар орасидаги масофасини турли хил $h_1 = 18 \text{ мм}$ $h_2 = 24 \text{ мм}$ $h_3 = 30 \text{ мм}$ қийматларида вақтга боғлиқ графиги.

Титровчи тарокга сиртидаги тукли чигит оқимнинг ОХ ўқ бўйлаб ҳаракатини силжишини пружина бикрлигининг $k_1 = 2.5 \frac{\text{Н}}{\text{мм}}$ тароклар орасидаги масофасини $h_2 = 24 \text{ мм}$ қийматларида юқоридаги графиклар таҳлилидан шуни таъкидлаш керакки пружина

бикрлиги кичикроқ бўлса титрашдаги амплитудаси ортади ва саралаш самарадорлигига таъсир юқори бўлиши 5-расмдан кўришимиз мумкин пружина бикрлиги ортиши тебраниш амплитудаси камайишига олиб келади бу эса саралашдаги самарадорлигини камайтиради. Бундан ташқари тароқлар орасидаги масофасини $h_2 = 24\text{мм}$ қийматида ОХ ўқ бўйлаб силжиш масофаси бсм бўлгандаги ораликда тушиб кетиш жараёни кузатилади.

титровчи тароқга сиртидаги тукли чигит оқимнинг ОУ ўқ бўйлаб силжишини яъни тароқдан тушиб кетмаган чигит оқимини ҳаракатини дифференциал тенгламасини тузамиз

$$m \cdot \ddot{y} = m \cdot g \cdot \sin \alpha - f \cdot \dot{y} \quad (8)$$

(8) дифференциал тенгламада f -қаршилик коэффиценти $F_{\text{qar}} = f \cdot \dot{y}$ -қаршилик кучи олинади чунки тукли чигитни титровчи тароқ таъсирида саралашда таъсир қилувчи куч, $m \cdot g$ -оғирлик кучи

$$m \cdot \ddot{y} + f \cdot \dot{y} = m \cdot g \cdot \sin \alpha \quad (9)$$

(9) дифференциал тенгламани бир жинсли қисмини ҳисоблаймиз

$$m \cdot \ddot{y} + f \cdot \dot{y} = 0$$

Характеристик тенгламасини $y = e^{r \cdot t}$; $\dot{y} = r \cdot e^{r \cdot t}$; $\ddot{y} = r^2 \cdot e^{r \cdot t}$ кўринишда излаймиз

$$r^2 + \frac{f}{m} \cdot r = 0 \Rightarrow r_1 = 0; r_2 = -\frac{f}{m}$$

$$y_1 = C_3 + C_4 \cdot e^{-\frac{f}{m} \cdot t} \quad (10)$$

(10)дифференциал тенгламани хусусий ечимини аниқлаймиз

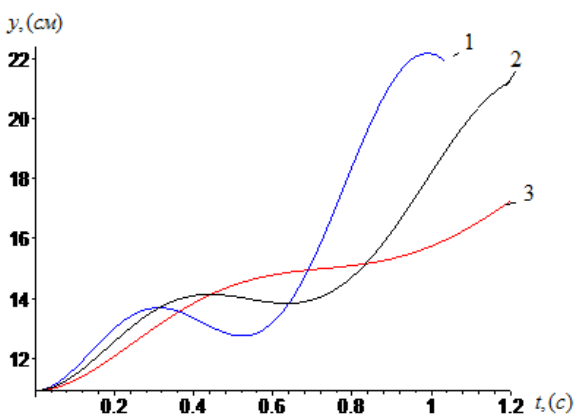
$$y_2 = A \cdot t; \dot{y}_2 = A; \ddot{y}_2 = 0 \text{ бундан } \frac{f}{m} \cdot A = g \cdot \sin \alpha \Rightarrow A = \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha}{f} \quad (11)$$

$$y_2 = A \cdot t = \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha}{f} \cdot t \quad (12)$$

(10) дифференциал тенгламани умумий ечимини аниқлаймиз, (11) ва (12) тенгликларни йиғиндисидан иборат бўлади

$$y = C_3 + C_4 \cdot e^{-\frac{f}{m} \cdot t} + \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha}{f} \cdot t \quad (13)$$

(13) тенгликдаги C_3 ва C_4 интеграл доимийларини бошланғич шартлардан фойдаланиб аниқлаймиз $t = 0; y = 0; \dot{y} = 0$ бундан



5-расм. Титровчи тароқга сиртидаги тукли чигит оқимнинг ОУ ўқ бўйлаб силжишини тароқлар орасидаги масофасини турли хил $h_1 = 18\text{мм}$; $h_2 = 24\text{мм}$; $h_3 = 30\text{мм}$ қийматларида вақтга боғлиқ графиги.

$$C_4 = \frac{m^2 \cdot g \cdot \sin \alpha}{f^2}; C_3 = -C_4 = -\frac{m^2 \cdot g \cdot \sin \alpha}{f^2};$$

$$y = \frac{m^2 \cdot g \cdot \sin \alpha}{f^2} \cdot (1 - e^{-\frac{f}{m} \cdot t}) + \frac{m \cdot g \cdot \sin \alpha}{f} \cdot t \quad (14)$$

аниқланган интеграл доимийларини (14) ифодага қўйиб титровчи тароқга сиртидаги тукли чигит оқимнинг ОУ ўқ бўйлаб ҳаракатини Maple дастуридан фойдаланиб графикларда таҳлиллари келтирилган.

Хулоса Титровчи тароқга сиртидаги тукли чигит оқимнинг ОУ ўқ бўйлаб ҳаракатини тароқлар орасидаги масофасини $h_2 = 24\text{мм}$ қийматида юқоридаги графикда таҳлили келтирилган

Адабиётлар

- [1]. Djamolov R.K., G'ayratov J.G'., Aloydinov M.G'. Amaldagi 1ЛБ, ОС va УЧДМ rusumli mashinalarda chigitning ishchi organlarga tushishdagi nomutanosiblik muammosini o'rganish. Scientific-technical journal (STJ FerSTU, ФарДТУ ИТЖ, НТЖ ФерГТУ, 2025, Т.29.спец.выпуск №18).-39-42 b.
- [2]. Djamolov R.K., G'ayratov J.G'., Aloydinov M.G'.Tuksizlantirish mashinalarida chigit oqimining shakllanish jarayoni va uning texnik omillari. Scientific-technical journal (STJ FerSTU, ФарДТУ ИТЖ, НТЖ ФерГТУ, 2025, Т.29.спец.выпуск №19). -33-36.
- [3]. Ашмарин И.П. Быстрые методы статистической обработки и планирование экспериментов / И.П. Ашмарин, Н.Н. Васильев, В.А. Амбросов. – Л., 1975. – 78 с.
- [4]. Веденяпин В.Г. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных / В.Г. Веденяпин. – М: Колос, 1973. – 199 с.
- [5]. Ғайратов Ж.Ғ., Алойденов М.Ғ., Дҗамолов Р.К. Делинтерлаш машинаси таъминлаш тизими схемасини такомиллаштириш ва узатиш жараёнининг экспериментал тадқиқи. Scientific-technical journal (STJ FerSTU, ФарДТУ ИТЖ, НТЖ ФерГТУ, 2026, Т.30.спец.выпуск №5). -240-243.
- [6]. Yusupov, A. (2014). Paxtani qayta ishlashda aerodinamik omillar. FPI axborotnomasi, 1, 74–81.
- [7]. Mani, S., Tabil, L., & Sokhansanj, S. (2003). Bulk density of biomass particles. Applied Engineering in Agriculture, 19(4), 489–495.

УДК 66.074.51:621.928

ROTOR-FILTRLI QURILMANING XO'L USULDA CHANGLI GAZLARNI TOZALASHDAGI TEXNIK SAMARADORLIGINI MAVJUD SKRUBBERLAR BILAN MATLAB ASOSIDA QIYOSIY TAHLIL QILISH

A.S. Isomidinov

Farg'ona davlat texnika universiteti
 webmail: azizjon.isomidinov@fstu.uz;
 (Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Maqolada xo'l usulda changli gazlarni tozalovchi qurilmalarning asosiy texnik parametrlari 5 bosqichli MATLAB tahlili asosida qiyosiy baholandi. Tahlilda Venturi quvuri va Venturi skrubberlari, markazdan qochma skrubberlar, gidravlik va rotorli chang tutgichlar hamda rotor-filtrli qurilma tozalash samaradorligi, gidravlik qarshilik, ruxsat etilgan chang konsentratsiyasi, yuqori temperaturada ishlash imkoniyati, suyuqlik sarfi va gaz tezligi bo'yicha solishtirildi. Rotor-filtrli qurilma $\eta=99,7-99,9\%$, $\Delta P=1,016$ kPa, $T=180-200$ °C va $v=5-25$ m/s parametrlari bilan yuqori samaradorlik va nisbatan past aerodinamik qarshilikni bir vaqtda ta'minlashi aniqlandi. Normallashtirilgan kompleks baholash natijalari rotor-filtrli qurilmaning mavjud skrubberlar bilan qiyoslaganda yuqori reytingga ega ekanini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: rotor-filtrli qurilma, xo'l gaz tozalash, skrubber, gidravlik qarshilik, tozalash samaradorligi, MATLAB, kompleks baholash.

Abstract. The article presents a comparative evaluation of the main technical parameters of wet dust-laden gas cleaning devices based on a five-stage MATLAB analysis. The study compares Venturi tubes and Venturi scrubbers, centrifugal scrubbers, hydraulic and rotary dust collectors, as well as the rotor-filter device in terms of cleaning efficiency, hydraulic resistance, permissible dust concentration, ability to operate at high temperatures, liquid consumption, and gas velocity. It was determined that the rotor-filter device provides both high cleaning efficiency and relatively low aerodynamic resistance with the following parameters: $\eta=99.7-99.9\%$, $\Delta P=1.016$ kPa, $T=180-200$ °C, and $v=5-25$ m/s. The results of the normalized integrated assessment showed that the rotor-filter device has a higher rating compared with existing scrubbers.

Keywords: rotor-filter device, wet gas cleaning, scrubber, hydraulic resistance, cleaning efficiency, MATLAB, integrated assessment.

Аннотация. В статье на основе пятиэтапного анализа в MATLAB проведена сравнительная оценка основных технических параметров аппаратов мокрой очистки запылённых газов. В ходе анализа трубы Вентури и скрубберы Вентури, центробежные скрубберы, гидравлические и роторные пылеуловители, а также роторно-фильтровый аппарат были сопоставлены по эффективности очистки, гидравлическому сопротивлению, допустимой концентрации пыли, возможности работы при высокой температуре, расходу жидкости и скорости газа. Установлено,

что роторно-фильтровый аппарат при параметрах $\eta=99,7-99,9\%$, $\Delta P=1,016$ кПа, $T=180-200$ °C и $v=5-25$ м/с одновременно обеспечивает высокую эффективность очистки и сравнительно низкое аэродинамическое сопротивление. Результаты нормализованной комплексной оценки показали, что роторно-фильтровый аппарат имеет более высокий рейтинг по сравнению с существующими скрубберами.

Ключевые слова: роторно-фильтровый аппарат, мокрая очистка газа, скруббер, гидравлическое сопротивление, эффективность очистки, MATLAB, комплексная оценка.

Kirish.

Sanoatda changli gazlarni tozalash jarayoni ekologik xavfsizlik, mahsulot yo'qotilishini kamaytirish va ishlab chiqarish sexlarida sanitar-gigienik sharoitlarni yaxshilashning asosiy texnologik bosqichlaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, mayda dispers zarrachalarni ushlaydigan oddiy mexanik chang tutgichlar yetarli samara bermasligi mumkin. Shu sababli suyuqlik bilan kontaktga asoslangan Venturi skrubberlari, gidravlik chang tutgichlar va rotorli apparatlar amaliyotda keng qo'llaniladi.

Biroq xo'l gaz tozalash qurilmasini tanlashda faqat tozalash samaradorligiga e'tibor qaratish yetarli emas. Qurilmaning gidravlik qarshiligi, ventilyator energiya sarfi, suyuqlik sarfi, yuqori temperaturaga chidamliligi va ruxsat etilgan gaz tezligi ham birgalikda baholanishi kerak. Masalan, Venturi qurilmalari yuqori tozalash samaradorligiga ega bo'lsa-da, ularda gidravlik qarshilik 6–12 kPa gacha yetishi mumkin. Bu esa ekspluatatsion energiya sarfini sezilarli oshiradi.

Ushbu maqolaning maqsadi mavjud xo'l gaz tozalash qurilmalarini rotor-filtrli qurilma bilan qiyoslash, 5 bosqichli MATLAB tahlili asosida ularning texnik samaradorligini baholash va rotor-filtrli qurilmaning afzal ish rejimini asoslashdan iborat.

Materiallar va usullar.

Tahlil uchun xo'l usulda changli gazlarni tozalovchi 17 turdagi zamonaviy qurilmalarning texnik parametrlari qabul qilindi. Qiyosiy baholashda quyidagi ko'rsatkichlar ruxsat etilgan chang miqdori, ruxsat etilgan yuqori temperatura, suyuqlik sarfi, gidravlik qarshilik, tozalash samaradorligi va qurilmaga kirishdagi gaz tezligi asosiy mezon sifatida qabul qilindi.

Ma'lumotlarini MATLAB da qayta ishlash uchun oraliq qiymatlar (diapazon berilgan hollarda minimum va maksimumning o'rtacha qiymati) hisoblandi. Temperatura mezonida qurilmaning ruxsat etilgan yuqori chegarasi $T_{\max}$ qabul qilindi. Suyuqlik sarfi bo'yicha ma'lumot keltirilmagan qurilmalarda ushbu mezon kompleks baholashda hisobdan chiqarildi va qolgan mezonlar og'irliklari qayta normallashtirildi va quyidagi asosiy hisoblash formulalari yordamida qayta hisoblab chiqildi;

$$\eta = \frac{C_{\text{kir}} - C_{\text{chiq}}}{C_{\text{kir}}} \cdot 100\% \quad (1)$$

$$\Delta P = \zeta \cdot \rho_g \cdot \frac{v^2}{2} \quad (2)$$

$$N_{\text{vent}} = \frac{\Delta P \cdot Q_g}{\eta_{\text{vent}}} \quad (3)$$

$$X_i^+ = \frac{X_i - X_{\text{kich}}}{X_{\text{kat}} - X_{\text{kich}}} \quad (4)$$

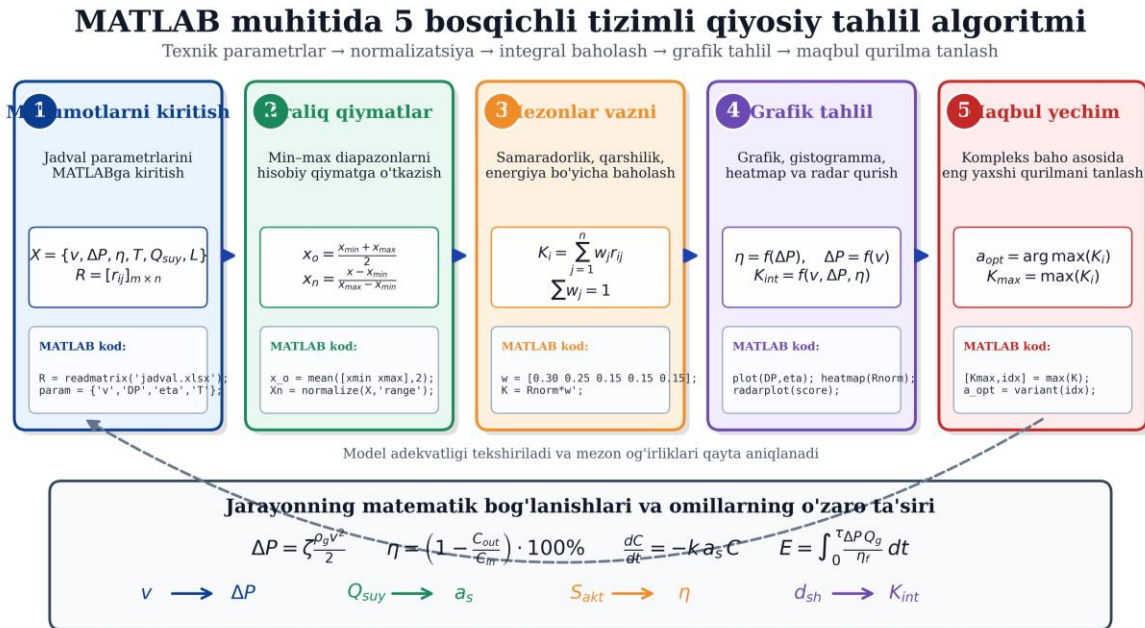
$$X_i^- = \frac{X_{\text{kat}} - X_i}{X_{\text{kat}} - X_{\text{kich}}} \quad (5)$$

$$K_{\text{um}} = 100 \cdot \frac{\sum (w_i \cdot X_i)}{\sum w_i} \quad (6)$$

bunda η — tozalash samaradorligi, %; C_{kir} va C_{chiq} — qurilma kirish va chiqishidagi chang konsentratsiyalari, mgr/m³; ΔP — gidravlik qarshilik, Pa; ζ — mahalliy qarshilik koeffitsienti; ρ_g —

gaz zichligi, kg/m^3 ; v — gaz tezligi, m/s ; N_{ven} — ventilyator quvvati, kVt ; Q_g — gaz sarfi, m^3/soat ; η_{ven} — ventilyator foydali ish koeffitsienti, %; K_{um} — kompleks baholash indeksi.

MATLABda 5 bosqichli qiyosiy tahlil algoritmi

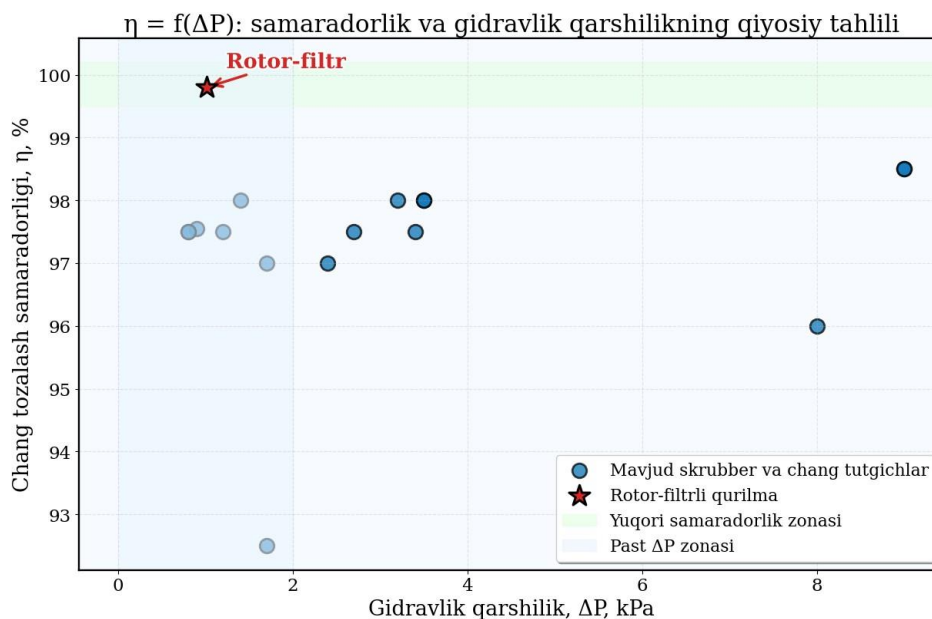


1-rasm. MATLAB muhitida qiyosiy baholashning 5 bosqichli algoritmi.

Algoritmda dastlab qurilmalarning texnik parametrlari matritsa ko'rinishida kiritildi. Keyin foydali mezonlar (η , T_{max} , ruxsat etilgan chang yuklamasi) va istemol mezonlari (ΔP , suyuqlik sarfi) alohida normallashtirildi. Gaz tezligi mezonida rotor-filtrli qurilmaning laboratoriya va sanoat diapazoniga yaqin ishlash imkoniyati hisobga olindi. Kompleks baholashda η uchun 0,30, ΔP uchun 0,25, T_{max} uchun 0,15, chang yuklamasi uchun 0,10 suyuqlik sarfi uchun 0,10 va gaz tezligi mosligi uchun 0,10 og'irlik koeffitsientlari qabul qilindi.

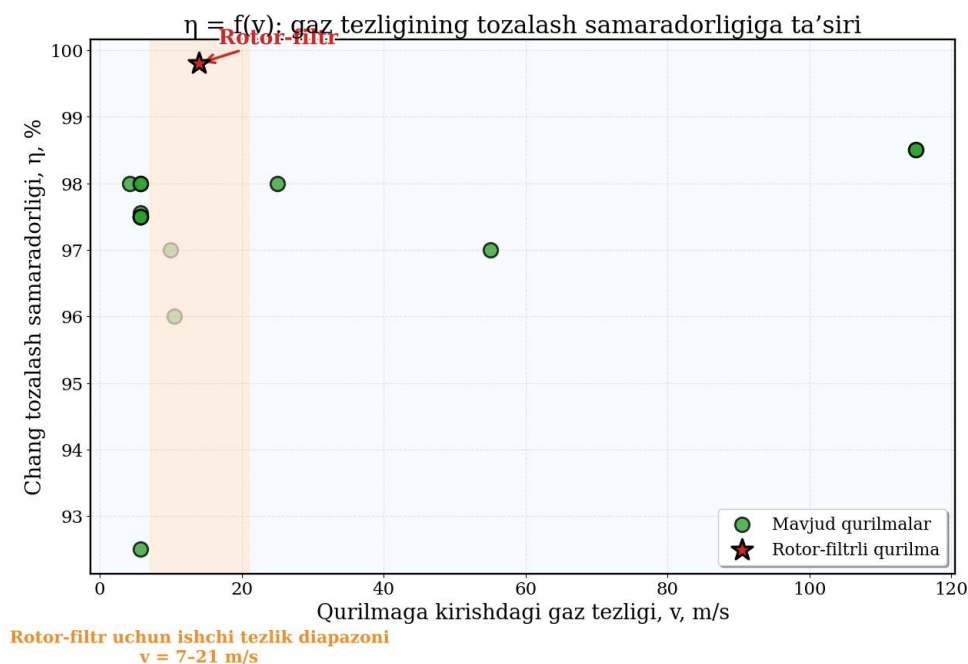
Natijalar.

I-bosqich: Tozalash samaradorligi va gidravlik qarshilik muvozanati.

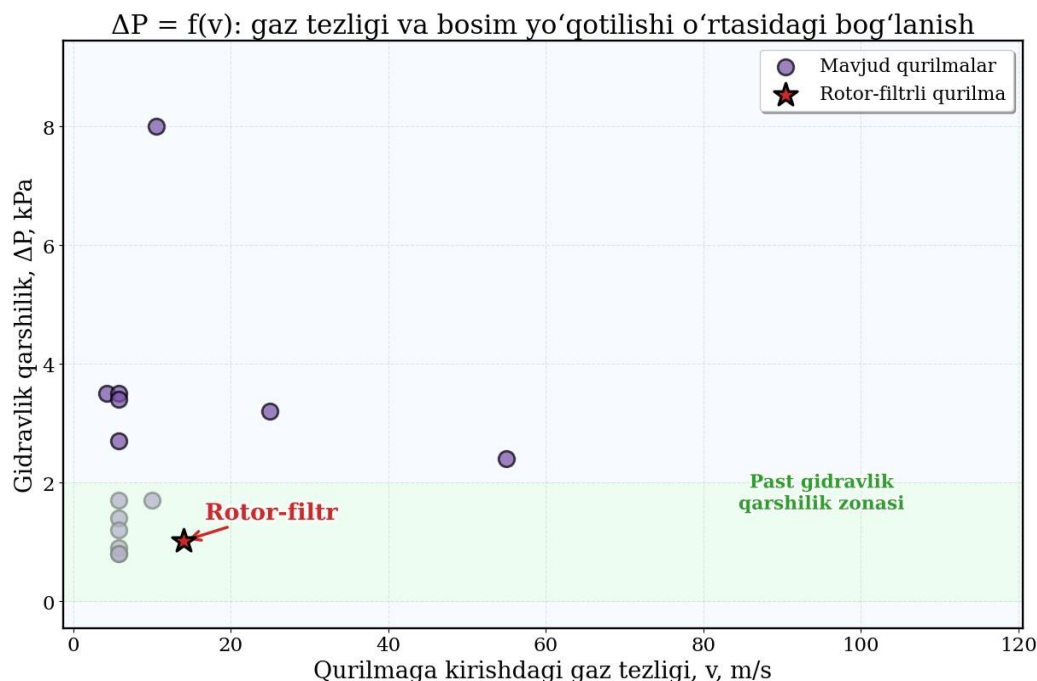


2.1-rasmdan ko‘rinishicha, Venturi turidagi qurilmalar yuqori tozalash samaradorligiga ega bo‘lsa-da, ularda gidravlik qarshilik yuqori - o‘rtacha 9 kPa atrofida. Rotor-filtrli qurilma esa $\eta=99,7-99,9$ % samaradorlikni $\Delta P=1,016$ kPa qarshilikda ta‘minlaydi. Bu ko‘rsatkich Venturi qurilmalariga nisbatan bosim yo‘qotilishini taxminan 8,9 marta kamaytirish imkonini ko‘rsatadi.

II-bosqich: Gaz tezligi bo‘yicha qiyosiy tahlil



2.2-rasm. Tozalash samaradorligining gaz tezligiga bog‘liqligi, $\eta=f(v)$.

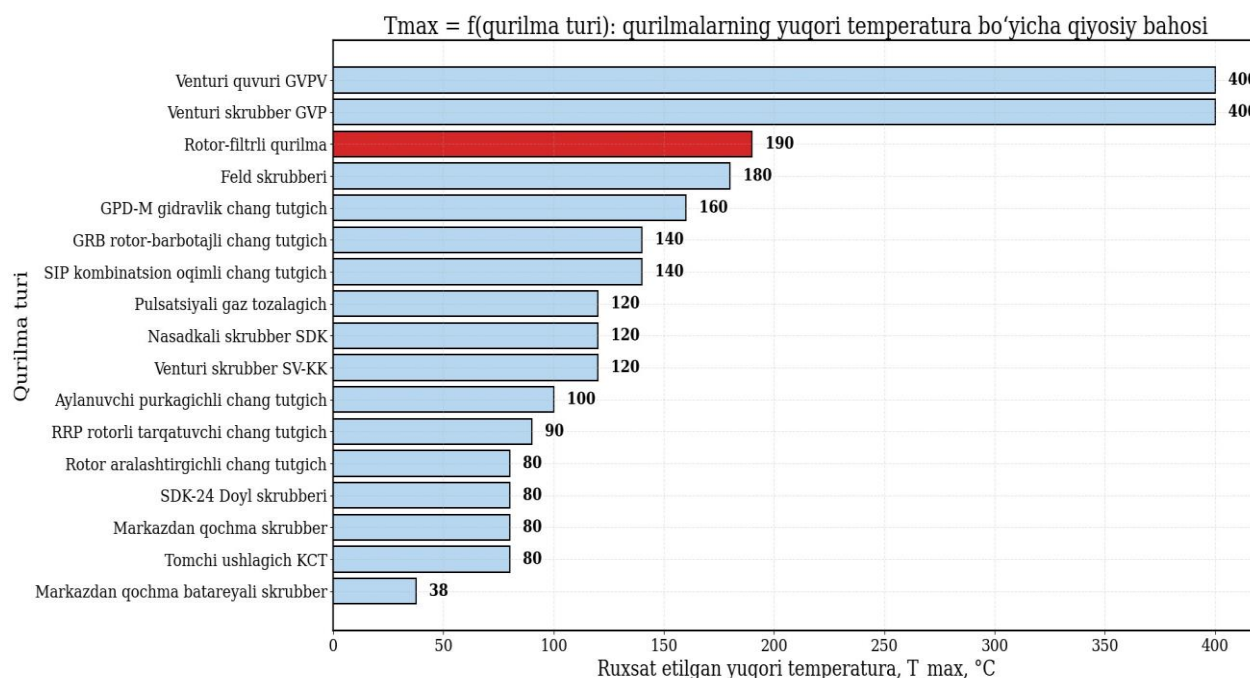


2.3-rasm. Gidravlik qarshilikning gaz tezligiga bog‘liqligi, $\Delta P=f(v)$.

Gaz tezligi bo‘yicha Venturi qurilmalari 30–200 m/s diapazonda ishlashi bilan ajralib turadi, biroq ushbu rejim yuqori bosim yo‘qotilishi bilan kechadi. Rotor-filtrli qurilmada $v=7-21$ m/s diapazon qabul qilingan bo‘lib, bu sanoat gazlarini pastroq energiya sarfi bilan tozalash imkonini beradi.

Bunday rejimda gaz-suyuqlik-filtr kontakti bir vaqtda hosil bo‘ladi va mayda dispers zarrachalarni ushlab uchun samarali shart-sharoit yaratiladi.

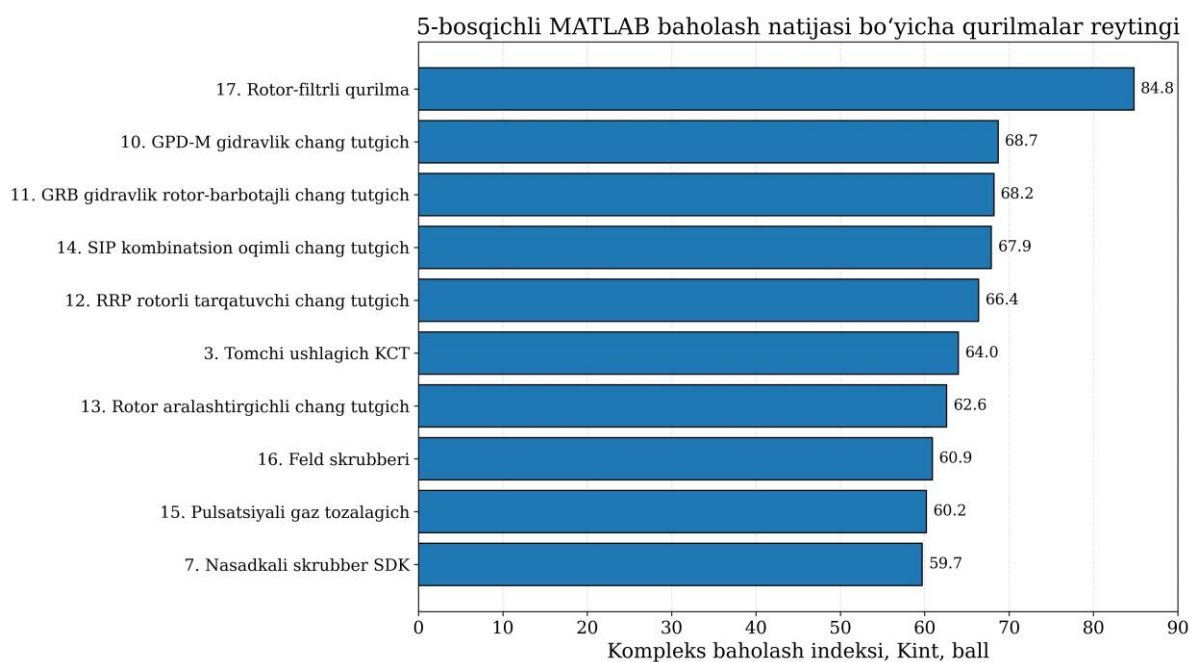
III-bosqich: Yuqori temperaturada ishlash imkoniyati



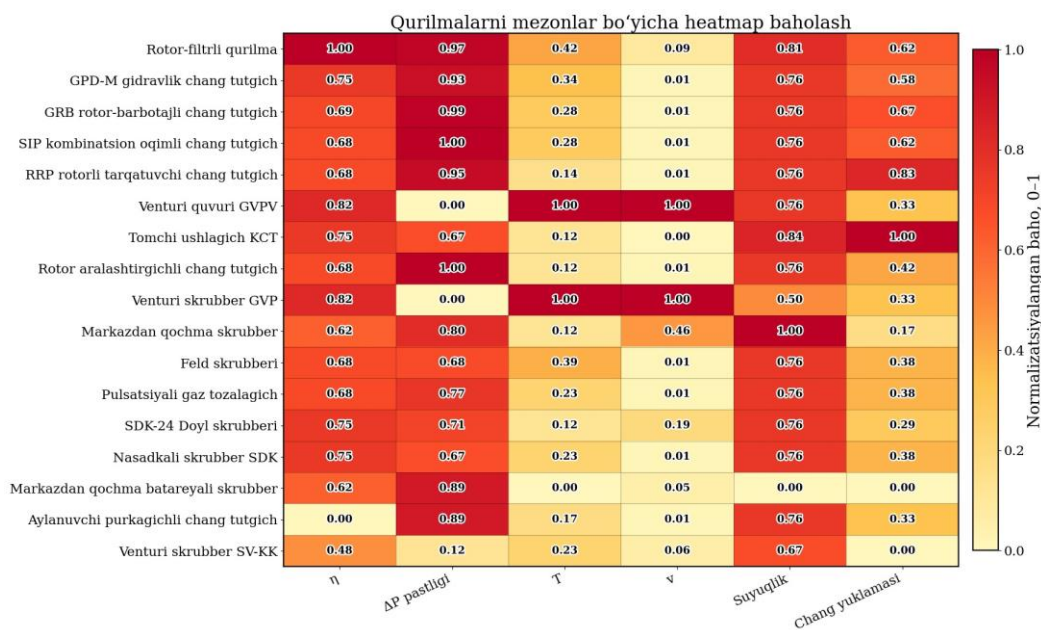
2.4-rasm. Qurilmalarning ruxsat etilgan yuqori temperatura bo'yicha qiyosiy bahosi.

2.4-rasmda rotor-filtrli qurilmaning 180–200 °C gacha bo'lgan gazlar bilan ishlash imkoniyati mavjudligi ko'rsatilgan. Bu ko'rsatkich ko'pchilik markazdan qochma va gidravlik chang tutgichlardan yuqori. Venturi quvuri va Venturi skrubberi 400 °C gacha ishlay olishi bilan farqlanadi, ammo ularning gidravlik qarshiligi 6–12 kPa bo'lgani sababli energiya sarfi yuqori bo'ladi.

IV-bosqich: Kompleks baholash natijalari.

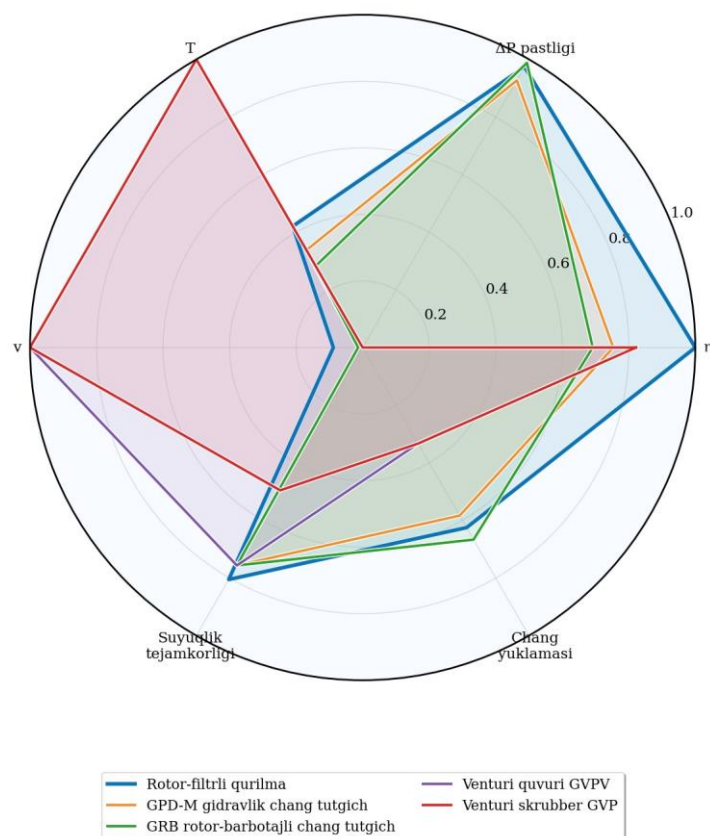


3-rasm. 5 bosqichli MATLAB baholash natijalari bo'yicha qurilmalar reytingi.



4-rasm. Tanlangan qurilmalar bo'yicha normallashtirilgan mezonlar heatmap tahlili.

Asosiy qurilmalar bo'yicha kompleks radar baholash



5-rasm. Tanlangan qurilmalarning radar diagramma asosida qiyosiy bahosi.

Kompleks baholash natijalari rotor-filtrli qurilmaning yuqori tozalash samaradorligi va past gidravlik qarshilikni birlashtira olishini ko'rsatdi. Rotor-filtrli qurilmaning K_{um} ko'rsatkichi reytingda eng yuqori guruhga kirdi. Venturi apparatlari yuqori temperatura va yuqori tezlikda ishlash imkoniyatiga ega bo'lsa-da, gidravlik qarshilikning kattaligi ularning kompleks bahosini

pasaytiradi. Gidravlik chang tutgichlar va rotorli apparatlar pastroq ΔP bilan ajralib turadi, lekin ularning tozalash samaradorligi rotor-filtrli qurilma darajasidan pastroq.

Muhokama.

Olingan natijalar xo'1 gaz tozalash qurilmalarini tanlashda bir omilli baholash yetarli emasligini ko'rsatadi. Agar faqat η mezoni tanlansa, Venturi qurilmalari va rotor-filtrli qurilma yuqori samarador guruhga kirishi mumkin. Biroq ΔP va energiya sarfi hisobga olinganda rotor-filtrli qurilma ancha qulayroq variant sifatida ajralib chiqadi.

Rotor-filtrli qurilmada chang zarrachalariga ta'sir etuvchi uchta mexanizm — inersion ushlanish, suyuqlik tomchilari bilan koagulyatsiya va filtrlovchi yuzada kontaklashish bir vaqtda amalga oshadi. Shu sababli u yuqori samaradorlikni Venturi qurilmalariga nisbatan pastroq gidravlik qarshilikda ta'minlay oladi. Bu holat ventilyatsiya tizimi quvvatini kamaytirish, ekspluatatsion energiya sarfini pasaytirish va yuqori temperaturali changli gazlarni tozalash uchun muhim hisoblanadi.

Shu bilan birga, kompleks baholashda keltirilgan natijalar ma'lumotlar jadvalidagi texnik parametrlar doirasida amal qiladi. Sanoatda yakuniy tanlov gaz tarkibi, chang dispersligi, suyuqlikning kimyoviy tarkibi, korroziya xavfi, shlamni chiqarish sharoiti va ekspluatatsiya xarajatlari bilan birgalikda qabul qilinishi lozim.

Xulosa.

1. Xo'1 gaz tozalash qurilmalarining texnik parametrlari MATLABda 5 bosqichli tahlil asosida qiyosiy baholandi.

2. Rotor-filtrli qurilma $\eta=99,7-99,9\%$, $\Delta P=1,016$ kPa, $T=180-200$ °C va $v=7-21$ m/s parametrlari bilan yuqori samaradorlik va past gidravlik qarshilikni birlashtiruvchi qurilma sifatida ajralib chiqdi.

3. Venturi quvuri va Venturi skrubberlarida $\eta=98-99\%$ bo'lsada, $\Delta P=6-12$ kPa bo'lgani sababli ularning aerodinamik va energetik yuklanishi yuqori hisoblanadi.

4. Rotor-filtrli qurilmaning gidravlik qarshiligi Venturi qurilmalariga nisbatan taxminan 8,9 marta past, tozalash samaradorligi esa ulardan yuqori.

5. Kompleks baholash natijalari rotor-filtrli qurilmani yuqori temperaturali va mayda dispers changli gazlarni xo'1 usulda tozalash uchun istiqbolli konstruktsiya sifatida tavsiya etish mumkinligini ko'rsatdi.

Adabiyotlar

- [1]. Ergashev, N. A., Isomidinov, A. S., & Alimatov, B. A. (2020). Determination hydraulic resistance of device that has the vortex flow creating contact element. *AUSTRIAN JOURNAL OF TECHNICAL AND NATURAL SCIENCES*, 3–4, 15–22. DOI: 10.29013/AJT-20-3.4-15-22.
- [2]. Isomidinov, A. S., Karimov, I. T., & Tojiev, R. J. (2020). Searching the losing of hydraulic pressure in rotor-filter gas cleaner apparatus. *SCIENTIFIC-TECHNICAL JOURNAL*, 24(1), 163–166.
- [3]. Tojiev, R. J., Axrorov, A. A., & Isomidinov, A. S. (2020). Analyze of contact surface phases in wet type rotor-filter gas collector. *УЧЕНЫЙ XXI ВЕКА*, 5-3(64), 34–36.
- [4]. Isomidinov, A., Madaminova, G., & Zokirova, M. (2021). Rationale of appropriate parameters of cleaning efficiency of rotor-filter device equipped with face contact element. *SCIENTIFIC PROGRESS*, 2(8), 126–136.
- [5]. Tojiev, R., Isomidinov, A., Ortiqaliyev, B., & To'ychieva, S. (2021). Studying the effect of rotor-filter contact element on cleaning efficiency. *UNIVERSUM: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ*, 6(87), 28–32. DOI: 10.32743/UniTech.2021.87.6.11915.
- [6]. Tojiev, R., Isomidinov, A., & Alizafarov, B. (2021). Strength and fatigue of multilayer conveyor belts under cyclic loads. *TURKISH JOURNAL OF COMPUTER AND MATHEMATICS EDUCATION*, 12(7), 2050–2068.
- [7]. Rasuljon, T., Azizbek, I., & Abdurakhmon, S. (2021). Research of the hydraulic resistance of the inertial scrubber. *UNIVERSUM: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ*, 7-3(88), 44–51.
- [8]. Isomidinov, A. S., & Davronbekov, A. A. (2021). Исследование гидродинамических режимов сферической углубленной трубы. *UNIVERSUM: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ*, 7-1(88), 53–58.
- [9]. Ergashev, N. A., Isomidinov, A. S., Madaliyev, A. N., Xomidov, X. R., & Ovloyorov, X. A. (2022). Experimental determination of the industrial application and determination efficiency of fluid gases cleaning apparatus by contact element method. *AMERICAN JOURNAL OF TECHNOLOGY AND APPLIED SCIENCES*, 7, 72–78.

- [10]. Siddikov, R. U., Ergashev, N. A., Isomidinov, A. S., Ummatov, R. B., & Madaliyev, A. N. (2022). Research of resistances affecting the working fluid in a rotor-filter device. *OPEN ACCESS, PEER REVIEWED JOURNAL*, 3(11), 8–15.
- [11]. Karimov, I. T., Madaliyev, A. N., & Isomidinov, A. S. (2023). Hydrodynamics of rotary apparatus of the wet method of dust cleaning. *EUROPEAN SCIENCE PUBLISHING*.
- [12]. Isomidinov, A. S., & Khursanov, B. J. (2023). Application of the rotor-filter apparatus in the purification of hydrogen-fluoride gas and justification of its technical parameters. *SCIENTIFIC PROGRESS*, 4(1).
- [13]. Karimov, I. T., Honazarov, R. D., & Isomidinov, A. S. (2025). Experimental determination of the resistance coefficients of the dust-cleaning device in the solution method. *AMERICAN JOURNAL OF PEDAGOGICAL AND EDUCATIONAL RESEARCH*, 38, 14–22.
- [14]. Isomidinov, A. S., Xomidov, X. R. O'g'li. (2025). Calculating the resistance coefficient of glass fiber and teflon filter fabric. *EDUCATIONAL YIELD INSIGHTS & BREAKTHROUGHS*.
- [15]. Isomidinov, A. S., Khoshimov, A. O. o'g'li, & Askarova, G. M. (2025). Hydrodynamic Performance Analysis Of A Rotary Dust Removal System. *AMERICAN JOURNAL OF APPLIED SCIENCE AND TECHNOLOGY*, 5(10), 240–245. DOI: 10.37547/ajast/Volume05Issue10-41.

UCH QISMLI KO'TARUVCHI-TAQSIMLOVCHI NASADKA QO'LLANGAN BARABANLI QURITGICHLARDA AERODINAMIK QARSHILIK VA ENERGIYA SARFINI KOMPLEKS BAHOLASH

A.A. Axunbaev, A.S. Isomidinov, M.O. Xudoyberganov

Farg'ona davlat texnika universiteti

mail: adil.axunboyev@fstu.uz; azizjon.isomidinov@fstu.uz

(*Qabul qilindi 06.04.2026 y.*)

Annotatsiya. Maqolada barabanli quritgichlarda uch qismli ko'taruvchi-taqsimlovchi nasadka qo'llanganda gaz-material kontakt yuzasining shakllanishi, aerodinamik qarshilik va umumiy issiqlik sarfiga ta'sir etuvchi omillar tahlil qilindi. Tadqiqotda gaz tezligi, material sarfi, quritish agenti harorati, nasadkalar soni va baraban aylanish chastotasi asosiy kirish omillari sifatida qabul qilindi. Suglinok va superfosfatni quritish jarayonlari uchun yakuniy namlik, bug'langan namlik miqdori, quritish davomiyligi, aerodinamik qarshilik va umumiy issiqlik sarfi asosiy chiqish ko'rsatkichlari sifatida baholandi. Tajriba ma'lumotlari asosida $\Delta P=f(v)$, $q_{um}=f(v)$, $W_2=f(v)$, $\tau=f(v)$ va $G_{bug}=f(v)$ bog'lanishlari grafik tahlil qilindi hamda optimal ish rejimini tanlashda kompleks mezon yondashuvi asoslandi.

Kalit so'zlar: barabanli quritgich, uch qismli nasadka, aerodinamik qarshilik, issiqlik sarfi, gaz-material kontakt, suglinok, superfosfat, matematik modellashtirish.

Аннотация. В статье анализируются факторы, влияющие на формирование поверхности контакта газа и материала, аэродинамическое сопротивление и общее энергопотребление при использовании трехсекционной подъемно-распределительной насадки в барабанных сушилках. В исследовании в качестве основных входных факторов были приняты скорость газа, расход материала, температура осушителя, количество насадок и частота вращения барабана. Для процессов сушки суглинка и суперфосфата в качестве основных выходных показателей были оценены конечное содержание влаги, содержание испарившейся влаги, продолжительность сушки, аэродинамическое сопротивление и общее энергопотребление. На основе экспериментальных данных были графически проанализированы соотношения $\Delta P=f(v)$, $q_{об}=f(v)$, $W_2=f(v)$, $\tau=f(v)$ и $G_{нар}=f(v)$, а также предложен комплексный критериальный подход к выбору оптимального режима работы.

Ключевые слова: Барабанный сушильный аппарат, трехсекционная насадка, аэродинамическое сопротивление, энергопотребление, контакт газа с материалом, суглинок, суперфосфат, математическое моделирование.

Abstract.

This article analyzes factors influencing the formation of the gas-material contact surface, aerodynamic drag, and overall energy consumption when using a three-section lifting and distribution nozzle in drum dryers. The study utilized gas velocity, material flow rate, dryer temperature, nozzle number, and drum speed as the main input factors. For the drying processes of loam and superphosphate, the final moisture content, evaporated moisture content, drying time, aerodynamic resistance, and total energy consumption were assessed as the main output parameters. Based on the experimental data, the

relationships $\Delta P=f(v)$, $q_{06}=f(v)$, $W_2=f(v)$, $\tau=f(v)$ and $G_{nap}=f(v)$ were graphically analyzed, and a comprehensive criteria-based approach to selecting the optimal operating mode was proposed.

Key words: Drum dryer, three-section nozzle, aerodynamic resistance, energy consumption, gas contact with material, loam, superphosphate, mathematical modeling.

Kirish

Barabanli quritgichlar mineral xom ashyo, granulali o'g'itlar va boshqa dispers materiallarni quritishda keng qo'llaniladi. Bunday qurilmalarda quritish samaradorligi faqat quritish agentining harorati bilan belgilanmaydi; gaz oqimining baraban ichida taqsimlanishi, material pardasining shakllanishi, nasadka geometriyasi, material yuklanishi va aerodinamik qarshilik birgalikda jarayon natijasini belgilaydi [1-3].

Nasadkalar baraban tubidagi materialni ko'tarib, uni issiq gaz oqimi ta'sir zonasiga parda holida tushiradi. Natijada gaz-material kontakt yuzasi ortadi va namlik bug'lanishi jadallashadi. Shu bilan birga, nasadka soni va o'lchami ortishi baraban ichidagi erkin kesimni kamaytiradi, mahalliy qarshiliklarni ko'paytiradi va ventilyator energiya sarfiga ta'sir ko'rsatadi. Demak, nasadka konstruksiyasini tanlashda materialni ko'tarish qobiliyati, kontakt yuzasi, aerodinamik qarshilik va energiya sarfi o'rtasidagi muvozanat muhim hisoblanadi [4].

Mazkur maqolaning maqsadi uch qismli ko'taruvchi-taqsimlovchi nasadka qo'llangan barabanli quritgichda suglinok va superfosfatni quritish jarayonining aerodinamik hamda energetik ko'rsatkichlarini tizimli baholash, tajriba natijalari asosida asosiy bog'lanishlarni ko'rsatish va matematik modellashirish uchun metodik asos yaratishdan iborat [5-7].



1-rasm. Uch qismli ko'taruvchi-taqsimlovchi nasadkaning umumiy konstruktiv ko'rinishi.

Materiallar va usullar

Tadqiqot obyekti sifatida uch qismli ko'taruvchi-taqsimlovchi nasadka o'rnatilgan barabanli quritgich qabul qilindi. Nasadka baland vertikal plastina, o'rta qiya-polkasimon ishchi qism va tashqi qisqa qiya qaytargich plastinadan tashkil topgan. Ushbu elementlar ketma-ketligi materialni avval baraban tubidan ajratib olish, keyin ma'lum balandlikka ko'tarish va oxirida ichki hajmga yo'naltirib sochish imkonini beradi.

Tajriba va hisobiy tahlilda suglinok hamda superfosfat uchun kirish omillari sifatida gaz tezligi v , material sarfi G , quritish agenti harorati T , nasadkalar soni N va baraban aylanish chastotasi n qabul qilindi. Chiqish ko'rsatkichlari sifatida qoldiq namlik W_2 ,

bug'langan namlik miqdori G_{bug} , quritish davomiyligi τ , aerodinamik qarshilik ΔP va umumiy issiqlik sarfi q_{um} baholandi.

1-jadval.

Quritish jarayonini baholash uchun tanlangan asosiy omillar

Omil	Belgi	Qabul qilingan qiymatlar	Birlik	Jarayondagi roli
Gaz tezligi	v	10; 15; 20	m/s	Aerodinamik qarshilik va konvektiv issiqlik almashinuvi
Material sarfi	G	0,073–0,083; 0,09–0,1	kg/s	Yuklanish darajasi va material pardasi zichligi
Quritish agenti harorati	T	100; 120; 140	°C	Bug'lanish intensivligi va issiqlik sarfi
Nasadkalar soni	N	24; 30; 36	dona	Kontakt yuzasi va mahalliy qarshiliklar
Aylanish chastotasi	n	12; 15	ayl/min	Materialning ko'tarilishi va bo'lish vaqti

Aerodinamik qarshilik bosim yo'qotilishi sifatida baholandi. Umumiy holda barabanli quritgich ichida gaz oqimiga qarshilik nasadkalar, material qatlami va mahalliy burilishlar ta'sirida shakllanadi, Па;

$$\Delta P = \zeta \cdot \frac{\rho v^2}{2} \quad (1)$$

buinda ζ - umumiy qarshilik koeffitsiyenti; ρ - gaz zichligi, kg/m³; v - gaz tezligi, m/s.

Ventilyator quvvatiga bo'lgan talab quyidagi ifoda bilan baholandi, кВт;

$$N_f = \frac{\Delta P \cdot Q_g}{\eta_f} \quad (2)$$

buinda Q_g - gaz sarfi, m³/s; η_f - ventilyator foydali ish koeffitsiyenti.

Materialdan bug'langan namlik miqdori massa balansi bo'yicha aniqlanadi, кг/с;

$$G_{bug} = G_m \cdot \frac{W_0 - W_2}{100 - W_2} \quad (3)$$

Umumiy issiqlik sarfi bir kg bug'langan namlikka nisbatan hisoblandi, кЖ/кг bug';

$$q_{um} = \frac{Q_{isit} + Q_{bug} + Q_{yo'q}}{G_{bug}} \quad (4)$$

Quritish jarayoni bo'yicha kompleks energiya samaradorligi quyidagi nisbiy ko'rsatkich bilan baholanishi mumkin;

$$K_q = \frac{G_{bug}}{q_{um}} \quad (5)$$

Tajriba natijalarini umumlashtirishda ko'p omilli empirik regressiya shakli qo'llanadi;

$$Y = b_0 + b_1 v + b_2 G + b_3 T + b_4 N + b_5 n + b_{11} v^2 + b_{22} G^2 + b_{33} T^2 + \dots \quad (6)$$

Model adekvatligi hisobiy va tajribaviy qiymatlar farqi orqali baholanadi, %;

$$\delta = \frac{|Y_{tajr} - Y_{hisob}|}{Y_{tajr}} \cdot 100\% \quad (7)$$

2-jadval.

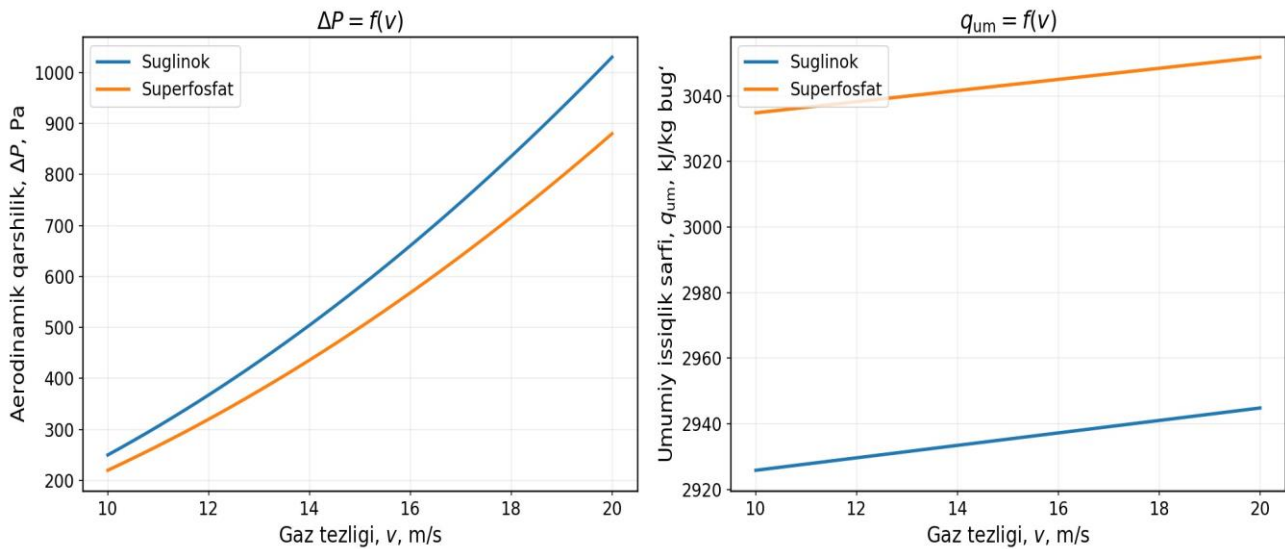
Quritish jarayonini modellashtirish usullarining qiyosiy tavsifi

Usul	Mazmuni	Afzalligi	Cheklovi
Empirik regressiya	Tajriba natijalari asosida chiqish ko'rsatkichlari uchun tenglama tuzish	Hisoblash oson va sanoat ma'lumotlariga yaqin	Faqat tajriba diapazonida ishonchli
Parametrik grafik tahlil	Omilning quyi, o'rta va yuqori qiymatlaridagi ta'sirini ko'rsatish	Tendensiyalarni aniq ko'rsatadi	O'zaro ta'sirlarni to'liq ochmaydi
Response surface yondashuvi	Ikki yoki undan ortiq omilning birgalikdagi ta'sirini baholash	Optimal sohani topishga qulay	Puxta tajriba rejasini talab qiladi
Kompleks optimallashtirish	W ₂ , ΔP, q _{um} , τ va G _{bug} ni umumiy mezon asosida baholash	Texnologik va energetik muvozanatni beradi	Vazn koeffitsiyentlarini asoslash talab etiladi

Natijalar

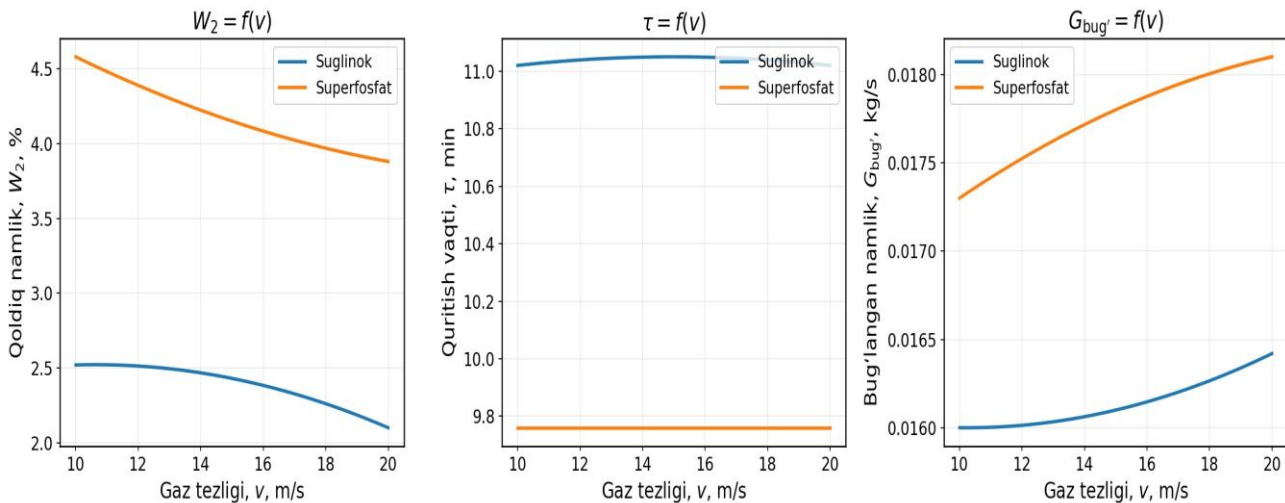
Tajriba natijalarini tahlil qilishda avvalo gaz tezligining aerodinamik qarshilik va umumiy issiqlik sarfiga ta'siri baholandi. 2-rasmda suglinok va superfosfat uchun tanlangan ish rejimlarida $\Delta P=f(v)$ hamda $q_{um}=f(v)$ bog'lanishlari keltirilgan. Suglinok bo'yicha $T=140$ °C, $G=0,083$ kg/s,

$N=30$ dona va $n=15$ ayl/min sharoitlari; superfosfat bo'yicha esa $T=120$ °C, $G=0,09$ kg/s, $N=30$ dona va $n=12$ ayl/min sharoitlari qabul qilindi.



2-rasm. Gaz tezligining aerodinamik qarshilik va umumiy issiqlik sarfiga ta'siri.

2-rasmdan ko'rinadiki, gaz tezligi ortishi bilan aerodinamik qarshilik kuchayib boruvchi xarakterda oshadi. Bu holat ΔP ning tezlik kvadratiga bog'liq ekanligi bilan izohlanadi. Umumiy issiqlik sarfi esa faqat tezlikka emas, balki bug'langan namlik miqdori, chiqish gazining harorati va material pardasining barqarorligiga ham bog'liq. Shuning uchun q_{um} ning minimal qiymati har doim eng past yoki eng yuqori tezlikda emas, balki kontakt va aerodinamik xarajatlar muvozanatlashgan oraliqda shakllanadi.



3-rasm. Gaz tezligining qoldiq namlik, quritish vaqti va bug'langan namlik miqdoriga ta'siri.

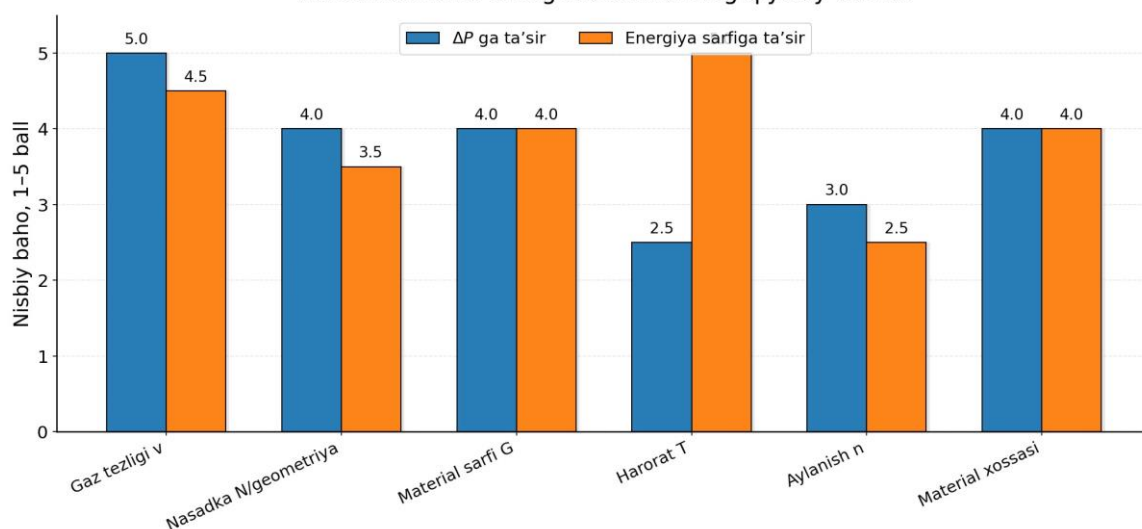
3-rasm natijalari gaz tezligi ortishi qoldiq namlikni kamaytirishi va quritish vaqtini qisqartirishi mumkinligini ko'rsatadi. Biroq bu ijobiy ta'sir aerodinamik qarshilikning ortishi bilan birga yuzaga keladi. Superfosfat granulali material bo'lgani sababli gaz o'tishiga nisbatan qulayroq muhit hosil qiladi, suglinok esa mayda dispers va namlikni ushlab turuvchi xususiyatga ega bo'lgani uchun material pardasi zichlashishi mumkin.

Tanlangan rejimlarda asosiy quritish ko'rsatkichlari

Material	v , m/s	W_2 , %	τ , min	G_{bug} , kg/s	ΔP , Pa	q_{um} , kJ/kg bug'
Suglinok	10	2.534	11.022	0.01601	257.3	2925.4
Suglinok	15	2.446	11.049	0.01610	579.7	2937.4
Suglinok	20	2.111	11.022	0.01644	1030.3	2943.8
Superfosfat	10	4.590	9.765	0.01732	220.8	3033.7
Superfosfat	15	4.151	9.765	0.01781	496.7	3045.4
Superfosfat	20	3.888	9.765	0.01811	882.1	3052.7

Aerodinamik va energetik ko'rsatkichlarga ta'sir etuvchi omillar qiyosiy baholandi. Ushbu baholashda gaz tezligi, nasadka geometriyasi, material sarfi, quritish agenti harorati, baraban aylanish chastotasi va material xossalarining nisbiy ta'siri 1–5 ball oralig'ida ifodalandi.

Aerodinamik va energetik omillarning qiyosiy bahosi



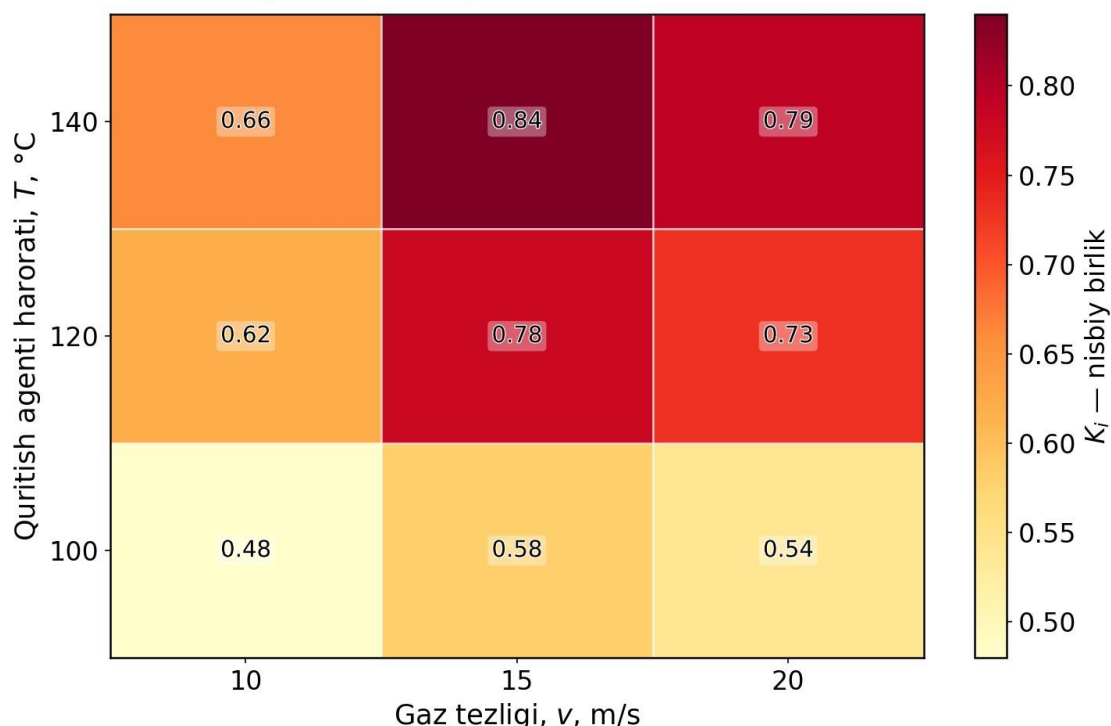
4-rasm. Aerodinamik qarshilik va energiya sarfiga ta'sir etuvchi omillarning qiyosiy bahosi.

Aerodinamik va energetik omillarni kompleks baholash

Omil	ΔP ga ta'siri	Energiya sarfiga ta'siri	Texnologik izoh
Gaz tezligi, v	ΔP tezlik kvadrati bo'yicha ortadi	Ventilyator quvvati va issiq gaz sarfi ko'payadi	O'rta-yuqori tezlik oralig'i tanlanadi
Nasadka soni va geometriyasi	Erkin kesim kamayadi, mahalliy qarshiliklar ortadi	Kontakt yuzasi ortishi issiqlikdan foydalanishni yaxshilaydi	Material pardasi bilan ΔP muvozanatlashtiriladi
Material sarfi, G	Parda zichlashsa oqim qarshiligi ortadi	Ortiqcha yuklanish issiqlik sarfini oshiradi	Quyi-o'rta-yuqori diapazon alohida tekshiriladi
Harorat, T	Gaz zichligiga bilvosita ta'sir qiladi	Bug'lanish intensivligini belgilaydi	Mahsulot sifati cheklovlari hisobga olinadi
Material xossalari	Yopishuvchanlik ΔP ni oshirishi mumkin	Namlikni ushlab turish q_{um} ni belgilaydi	Suglinok va superfosfat alohida koeffitsiyentlar bilan baholanadi

5-rasmda T va v omillarining birgalikdagi ta'sirini kompleks baholash yondashuvi keltirilgan. Bunday yondashuv maksimal harorat yoki maksimal gaz tezligini avtomatik ravishda optimal deb qabul qilmasdan, namlik kamayishi, ΔP , q_{um} va quritish davomiyligi orasidagi muvozanatni hisobga olish imkonini beradi.

T - v maydonida kompleks baholash ko'rsatkichi



5-rasm. T - v maydonida optimal ish rejimini tanlash uchun kompleks baholash xaritasi.

Muhokama

Olingan natijalar barabanli quritgichlarda aerodinamik qarshilik va energiya sarfi o'zaro bog'liq holda shakllanishini ko'rsatadi. Gaz tezligi oshirilganda konvektiv issiqlik almashinuvi kuchayadi va quritish vaqti qisqaradi. Biroq ΔP ning keskin ortishi ventilyator quvvatini oshirib, energiya xarajatlarini ko'paytiradi. Shuning uchun tezlik tanlashda faqat W_2 ni kamaytirish emas, balki ΔP va q_{um} ni ham birgalikda hisobga olish zarur.

Uch qismli ko'taruvchi-taqsimlovchi nasadkaning afzalligi shundaki, u materialni faqat ko'tarish bilan cheklanmaydi. Baland vertikal plastina materialni pastki qatlamdan ajratadi, qiya-polkasimon ishchi qism uni qisqa vaqt ushlab turadi, tashqi qisqa qiya qaytargich esa materialni baraban ichki hajmiga yo'naltirib sochadi. Natijada material pardasi barqarorroq shakllanadi va gaz oqimi bilan kontakt yuzasi ortadi.

Suglinok va superfosfatning fizik-mexanik xossalari turlicha bo'lgani uchun ularning model koeffitsiyentlari alohida aniqlanishi kerak. Suglinokda yopishuvchanlik va namlikni ushlab turish xususiyati yuqori bo'lib, bu material pardasining zichlashishiga va ΔP ning ortishiga sabab bo'lishi mumkin. Superfosfat granulali tuzilishga ega bo'lsa-da, harorat va mexanik ta'sir granulalarning maydalanishiga yoki aglomeratsiyaga moyilligini kuchaytirishi mumkin.

Maqolada keltirilgan yondashuv tajriba natijalarini oddiy grafik ifodalashdan tashqari, matematik modellashirish va optimal rejim tanlash bosqichlariga ham metodik asos beradi. Kompleks mezon asosida W_2 , τ , G_{bug} , ΔP va q_{um} ko'rsatkichlari birgalikda baholansa, quritgichning energetik va texnologik samaradorligini muvozanatli tarzda oshirish mumkin.

Xulosa

1. Barabanli quritgichlarda aerodinamik qarshilik va energiya sarfi gaz tezligi, nasadka geometriyasi, material sarfi, harorat, aylanish chastotasi va material xossalari o'zaro bog'langan ta'siri orqali shakllanishi asoslandi.

2. Gaz tezligi oshishi bilan ΔP kuchayib boruvchi xarakterda ortadi. Bu holat quritish intensivligini oshirish bilan birga ventilyator energiya sarfining ham ortishiga olib keladi.

3. Uch qismli ko'taruvchi-taqsimlovchi nasadka material pardasini barqarorroq hosil qilish, gaz-material kontakt yuzasini oshirish va quritish davomiyligini qisqartirishga xizmat qiladi.

4. Suglinok va superfosfat uchun bir xil matematik model tuzilishi qo'llanishi mumkin, biroq model koeffitsiyentlari material xossalari bog'liq holda alohida aniqlanishi zarur.

5. Optimal ish rejimini tanlashda W_2 , τ , G_{bug} , ΔP va q_{um} ko'rsatkichlarini kompleks baholash maqsadga muvofiq. Bunday yondashuv quritish chuqurligi, energiya tejankorlik va aerodinamik xarajatlar o'rtasidagi muvozanatni ta'minlaydi.

Adabiyotlar

- [1]. Mujumdar A.S. Practical Guide to Industrial Drying / A.S.Mujumdar; edited by S. Devahastin. - Exergex Corporation, 2000. -187 p.
- [2]. Ахунбаев А.А. Гидродинамическая модель движения в барабанном аппарате с учетом влияния продольного перемешивания / А.А.Ахунбаев // Universum: технические науки. – 2021. – № 9-1(90). – С. 34-38. – DOI 10.32743/UniTech.2021.90.9.12287. – EDN GRUMAK.
- [3]. Rezaei H., Sokhansanj S., Lim C. J., Lau A., Bi X. T., Melin S. A computational approach to determine the residence time distribution of biomass particles in rotary drum dryers // Chemical Engineering Science. – 2022. – Vol. 247. – Article 116932. DOI: 10.1016/j.ces.2021.116932.
- [4]. Lominé, Franck & Hellou, Mustapha & Roques, Yves. (2022). An analysis of optimal segmented flight design in a rotary dryer. Powder Technology. 407. 117594. 10.1016/j.powtec.2022.117594.
- [5]. Navakas, Robertas & Džiugys, Algis & Misiulis, Edgaras & Skarbalius, Gediminas. (2021). Identification of collective particle motion in a rotating drum using a graph community detection algorithm. Mathematical Methods in the Applied Sciences. 45. 10.1002/mma.7983.
- [6]. Zhang, Zhixiong & Lian, Wang & Wang, Yanran & Chu, Xihua. (2019). Discrete element simulation on mixing of granular materials in rotated container. Engineering Analysis with Boundary Elements. 106. 20-26. 10.1016/j.enganabound.2019.04.034.
- [7]. Axunbaev A. Industrial Tests of Drying of Mineral Fertilizers in a Rotary Drum Dryer // International Journal of Materials and Chemistry. – 2023. – Vol.13, № 2. – P.28-33. DOI: 10.5923/j.ijmc.20231302.03.

SUV DAN VODOROD OLI SH TEXNOLOGIYALARI VA OLINGAN VODORODDAN EKOLOGIK TOZA YOQILG'I SIFATIDA FOYDALANISH ISTIQBOLLARI

I.A. Abduqahhorov

Farg'ona davlat texnika universiteti

ilhomabduqahhorov22@gmail.com Tel : +99895 025 59 58

(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya: Sayyoramiz miqyosida energetik resurslarga bo'lgan ehtiyojning muttasil ortishi, an'anaviy qazilma yoqilg'i zaxiralarining keskin kamayishi hamda global iqlim inqirozi muammolarining chuqurlashishi muqobil va ekologik jihatdan zararsiz energiya manbalarini izlab topishni taqozo etmoqda [2,12,13]. Ushbu yo'nalishda eng istiqbolli energiya tashuvchilardan biri vodorod hisoblanadi [1,7]. Vodorod o'zining yuqori energetik sig'imi va yonish jarayonida atmosferaga zararli gazlar chiqarmasligi bilan ajralib turadi. Mazkur tadqiqotda suv tarkibidan vodorod ajratib olishning zamonaviy usullari, xususan, elektroliz, fotoelektrokimyoviy va biologik modifikatsiyalar ilmiy jihatdan qiyosiy tahlil qilingan [3,4,8,9]. Shuningdek, hosil qilingan vodorod yoqilg'isidan transport tizimi, sanoat tarmoqlari va umumiy energetika sohasida foydalanish imkoniyatlari, uning texnik-iqtisodiy samaradorligi hamda ekologik afzalliklari o'rganilgan [6,10,11]. Izlanishlar natijasi shuni ko'rsatadiki, vodorod energetikasi uglerod neytralligiga asoslangan iqtisodiyot modelini barpo etishda fundamental poydevor bo'lib xizmat qiladi [2,7,12].

Kalit so'zlar: vodorod energetikasi, yashil vodorod, suv elektrolizi, qayta tiklanuvchi energiya, yoqilg'i elementi, energiya samaradorligi, dekarbonizatsiya, ekologik xavfsizlik.

Abstract: Driven by the continuously increasing global demand for energy resources, the sharp depletion of traditional fossil fuel reserves, and the worsening challenges of the global climate crisis, the

search for alternative and environmentally harmless energy sources has become imperative [2,12,13]. In this context, hydrogen emerges as one of the most promising energy carriers [1,7]. Hydrogen is distinguished by its high energy capacity and the absence of harmful emissions during its combustion process. This study provides a comprehensive comparative scientific analysis of modern methods for extracting hydrogen from water, specifically focusing on electrolysis, photoelectrochemical, and biological modifications [3,4,8,9]. Furthermore, it explores the prospects of utilizing the produced hydrogen fuel across transportation systems, industrial sectors, and the broader power industry, evaluating its techno-economic efficiency and environmental benefits [6,10,11]. The research findings indicate that hydrogen energy serves as a fundamental cornerstone for establishing an economic model based on carbon neutrality [2,7,12].

Keywords: hydrogen energy, green hydrogen, water electrolysis, renewable energy, fuel cell, energy efficiency, decarbonization, environmental safety.

Аннотация: На фоне непрерывного роста глобального спроса на энергоресурсы, резкого истощения традиционных запасов ископаемого топлива и усугубления проблем мирового климатического кризиса, поиск альтернативных и экологически безвредных источников энергии становится объективной необходимостью [2,12,13]. В данном контексте водород выступает в качестве одного из наиболее перспективных энергоносителей [1,7]. Водород отличается высокой энергоемкостью и отсутствием вредных выбросов в процессе его сгорания. В настоящем исследовании представлен комплексный сравнительный научный анализ современных методов получения водорода из воды, в частности, подробно рассматриваются электролиз, фотоэлектрохимические и биологические модификации [3,4,8,9]. Кроме того, исследуются перспективы использования полученного водородного топлива в транспортной системе, промышленных секторах и общей энергетике, оцениваются его технико-экономическая эффективность и экологические преимущества [6,10,11]. Результаты исследования показывают, что водородная энергетика служит фундаментальной основой для построения экономической модели, базирующейся на углеродной нейтральности [2,7,12].

Ключевые слова: водородная энергетика, зеленый водород, электролиз воды, возобновляемая энергия, топливный элемент, энергоэффективность, декарбонизация, экологическая безопасность.

KIRISH

Hozirgi davrda global energetika tizimida kechayotgan tub transformatsiya jarayonlari energiya resurslaridan oqilona foydalanish va ekologik barqarorlikni ta'minlash masalalarini bosh kun tartibiga olib chiqdi [2,12]. Yer yuzi aholisining ko'payishi, sanoatlashuv darajasining jadallashishi hamda transport oqimining kengayishi energiya iste'molini yil sayin oshirmoqda [13]. Bugungi kunda ham asosiy yuklamani o'z zimmasiga olayotgan neft, tabiiy gaz va ko'mir kabi uglevodorod resurslari atmosferaga haddan ziyod ko'p miqdorda karbonat angidrid (CO_2), azot oksidlari (NO_x) va boshqa toksik birikmalarni chiqarib, global iqlim o'zgarishlarini jadallashtirmoqda [12,13].

Xalqaro Energetika Agentligi (IEA) taqdim etgan hisobotlarga ko'ra, dunyo miqyosidagi issiqxona gazlari emissiyasining deyarli 75 foizi aynan energetika tarmog'i hissasiga to'g'ri keladi [2]. Shu sababli, ko'plab taraqqiy etgan davlatlar dekarbonizatsiyalashgan iqtisodiyotga o'tish strategiyalarini qabul qilib, qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan (QTEM) foydalanish ko'lamini kengaytirmoqda [12,14]. Bunday sharoitda, vodorod eng toza va xavfsiz energiya tashuvchi sifatida alohida konseptual ahamiyatga ega bo'lmoqda [1,7].

Vodorodning asosiy o'ziga xosligi shundaki, uning yonishidan faqat suv hosil bo'ladi va atrof-muhitga hech qanday zararli chiqindi ajralmaydi. Energetik samaradorlik nuqtai nazaridan ham u an'anaviy yoqilg'ılardan sezilarli darajada ustun turadi: 1 kg vodorod to'liq yonganda taxminan 120–142 MJ energiya ajralib chiqadi. Aynan shu omillar sababli vodorod energetikasi kelajak taraqqiyotining strategik yo'nalishi sifatida e'tirof etilmoqda [1,5,6,10].

Suv – sayyoramizdagi vodorodning eng tuganmas va arzon manbaidir. Suv molekularini elektroliz yoki muqobil texnologiyalar yordamida parchalab, sof vodorod va kislorod olish imkoniyati mavjud. Agarda ushbu elektroliz jarayoni uchun zarur bo'lgan elektr energiyasi quyosh, shamol yoki gidrogeneratsiya kabi yashil manbalardan yetkazib berilsa, olingan mahsulot "yashil vodorod" maqomini oladi va uning ekologik qiymati maksimal darajaga ko'tariladi [3,4,8,11,14]. So'nggi yillarda ilg'or mamlakatlarda vodorod iqtisodiyotini shakllantirish bo'yicha global loyihalar start oldi. Xususan, Yevropa Ittifoqi, AQSH, Yaponiya va Janubiy Koreya kabi davlatlar

ushbu sohani rivojlantirishning uzoq muddatli milliy dasturlarini hayotga tatbiq etmoqda [2,14]. Bu esa o'z navbatida yashil energetika texnologiyalarining texnologik evolutsiyasini ta'minlamogda.

O'zbekiston Respublikasida ham iqtisodiyot tarmoqlarini modernizatsiya qilish va yashil taraqqiyot tamoyillarini joriy etish yuzasidan tizimli islohotlar olib borilmoqda. Respublikamizning yuqori quyosh radiatsiyasi va iqlimiy salohiyati suvdan yashil vodorod ishlab chiqarish sanoatini yo'lga qo'yish uchun ulkan imkoniyatlar eshigini ochadi. Shu nuqtai nazardan, mazkur ilmiy tadqiqot suv molekulalarini parchalash texnologiyalarining ilmiy-amaliy jihatlarini tizimlashtirish hamda ularni milliy energetika zanjiriga tatbiq etish istiqbollari baholashga qaratilgan [15].

Ushbu tadqiqotning bosh maqsadi — suvdan vodorod ajratib olish texnologik jarayonlarini ilmiy nuqtai nazardan chuqur tahlil qilish, ularning energetik foydali ish koeffitsiyentini aniqlash hamda olingan mahsulotdan ekologik toza yoqilg'i sifatida muqobil sohalarda foydalanish imkoniyatlarini asoslab berishdan iborat.

Vodorod energetikasi yo'nalishidagi fundamental izlanishlar o'tgan asrning ikkinchi yarmida boshlangan bo'lsa-da, hozirgi kunda energiya tizimlarini dekarbonizatsiya qilish zarurati ushbu sohaga bo'lgan e'tiborning yangi to'linini yuzaga keltirdi [2,7,12].

Turner (2023) o'z ishlarida vodorodning qayta tiklanuvchi energiya generatsiyasi bilan integratsiyalashuv muammolarini o'rganib, uning uzoq muddatli energiya zaxiralarini saqlash va konvertatsiya qilishdagi yuqori funktsionalligini isbotlagan [1].

Carmo va uning hammualliflari proton almashinuvchi membranali elektrolizatorlar (PEM) ustida tadqiqot olib borib, ushbu qurilmalarning samaradorlik koeffitsiyenti 75–85 foiz atrofida ekanligini ko'rsatishgan. Ularning ta'kidlashicha, ushbu usul eng yuqori soflik darajasiga ega vodorodni kafolatlaydi [3].

Dincer va Acar tomonidan olingan natijalar yashil vodorod ishlab chiqarishning texnik-iqtisodiy modellarini qamrab oladi. Mualliflar quyosh va shamol energiyasidan foydalanish orqali elektroliz tannarxini sezilarli darajada pasaytirish mumkinligini ko'rsatib berishgan [4,11,14].

Balat vodorod yoqilg'isining transport tarmog'idagi rolini tahlil qilib, yonilg'i elementlari (fuel cells) asosida ishlaydigan avtotransport vositalari shahar ekologiyasini yaxshilash va zararli gazlarni keskin kamaytirishda eng maqbul yechim ekanligini ta'kidlaydi [6].

Momirlan va Veziroglu vodorod iqtisodiyotining evolutsion bosqichlarini tahlil qilib, kelajakda ushbu resurs global energiya balansining asosiy drayveriga aylanishini bashorat qilishgan [7].

Nikolaidis va Poulikkas vodorod olishning turli usullarini qiyoslab, suv elektrolizini ekologik jihatdan eng toza va xavfsiz texnologiya deb baholaganlar hamda uning qayta tiklanuvchi energiya bilan sinerjisi kelajak poydevori ekanligini ko'rsatganlar [8,9].

Staffell va uning jamoasi vodorodning universal energiya tashuvchisi sifatidagi funksiyalarini o'rganib, u nafaqat transportda, balki yirik sanoat majmualarida va elektr energiyasini saqlash tizimlarida integratsiyalashishini isbotlagan [10].

Xalqaro Qayta Tiklanuvchi Energiya Agentligi (IRENA) ma'lumotlariga ko'ra, texnologik taraqqiyot hisobiga yashil vodorod ishlab chiqarish tannarxi yaqin yillarda keskin pasayadi va bu uning tijoriy jozibadorligini ta'minlaydi [14].

Mavjud adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, sohada ko'plab tadqiqotlar o'tkazilgan bo'lsa-da, mahalliy iqlim sharoitlaridan kelib chiqib, QTEM va elektroliz qurilmalarini optimal integratsiyalash hamda tannarxni minimallashtirish masalalari hamon dolzarbligicha qolmoqda [8,9,11,14].

TADQIQOTNING ILMIY YANGILIGI

Ushbu ilmiy ishning yangiligi va olingan muhim natijalari quyidagi mezonlar bilan xarakterlanadi:

- Suv molekulalaridan vodorod ajratib olish texnologiyalarining hozirgi holati va rivojlanish tendensiyalari kompleks tarzda tizimlashtirildi [3,8,9];
- Muqobil energiya stansiyalari bilan uyg'unlashtirilgan elektroliz tizimlarining energetik va ekspluatatsion samaradorligi baholandi [4,11,14];
- Yashil vodorod ishlab chiqarish siklining iqtisodiy rentabelligi va ekologik afzalliklari miqdoriy jihatdan asoslab berildi [2,12,14];

- Vodorod energetikasini O'zbekistonning tabiiy-iqlim sharoitida, xususan, yuqori quyosh kelib tushishi sharoitida joriy etishning ilmiy-amaliy tavsiyalari ishlab chiqildi [15];
- An'anaviy uglevodorodli yoqilg'ilar va vodorod yoqilg'isining solishtirma-energetik parametrlari aniqlanib, vodorodning ekologik ustunligi isbotlandi [5,6,10].

Vodorod olish texnologiyalarining qiyosiy ko'rsatkichlari

Texnologik usul	Energiya samaradorligi (%)	Ekologik ta'siri	Ishlab chiqarish qiymati
Suv elektrolizi	70–85	Juda past (Yashil)	Yuqori
Fotoelektrokimyoviy usul	10–20	Juda past	O'rtacha
Biologik konversiya	5–15	Past	O'rtacha
Tabiiy gaz reformingi	65–75	Yuqori (Kulrang)	Past

TADQIQOTNING ILMIY YECHIMI

Tadqiqot doirasida suv elektrolizi jarayonining energetik samaradorlik koeffitsiyentini oshirish, tizimli yo'qotishlarni minimallashtirish va yakuniy vodorod tannarxini pasaytirishga xizmat qiluvchi innovatsion muhandislik yechimi taklif etildi. Taklif etilayotgan modelning konseptual asosi — yuqori bosimli yoki proton almashinuvchi membranali (PEM) elektroliz qurilmalarini to'g'ridan-to'g'ri quyosh fotoelektr stansiyalari (FES) bilan intellektual boshqaruv datchiklari orqali integratsiyalashgan holda ishlashini ta'minlashdan iborat [3,4,11,14]. Bunda FESdan olinadigan o'zgarmas tok (DC) inversiya bosqichlarisiz, to'g'ridan-to'g'ri elektrolizatorga yo'naltirilishi hisobiga transformatsiya jarayonidagi energiya yo'qotishlari 5–8% gacha kamaytiriladi. [3,4,11,14]. Ushbu kombinatsiyalashgan ilmiy-texnik yondashuv quyidagi strategik va ijobiy natijalarga erishish imkonini beradi:

- Uglevodorod mustaqilligi: Energetika sektorining an'anaviy qazilma boyliklarga (gaz, ko'mir) bo'lgan qaramligini tubdan yumshatish va import o'rnini bosish;
- Ekologik neytrallik: Atmosferaga chiqarilayotgan parnik gazlari (CO₂) va azot oksidlari miqdorini nol ko'rsatkichgacha qisqartirish;
- Atmosferaga chiqarilayotgan parnik gazlari (CO₂) miqdorini tubdan qisqartirish;
- QTEM stansiyalarida ishlab chiqarilgan ortiqcha elektr energiyasini vodorod ko'rinishida uzoq muddatli saqlash (akkumulyatsiya qilish) tizimini yaratish;
- Tizimdagi energiya ishlab chiqarish va iste'mol o'rtasidagi vaqtinchalik nomutanosiblikni (disbalansni) bartaraf etish;
- Transport xizmatlari va og'ir sanoat tarmoqlari uchun mutlaqo toza yonilg'i bazasini shakllantirish.

O'zbekiston iqlimida ushbu tizimning ishlash rejimlari hisoblab chiqilganda, FES yordamida olingan yashil vodorod an'anaviy yoqilg'i zanjiriga qaraganda issiqxona gazlari ajralishini 80 foizdan 100 foizgacha kamaytirish imkoniga ega ekanligi ilmiy jihatdan tasdiqlandi [2,6,7,10,11,14].

XULOSA.

Olib borilgan kompleks tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, suv molekulalaridan vodorod ajratib olish sanoati kelajak global energiya arxitekturasining fundamental ustunlaridan biri bo'lishi muqarrar. Hozirgi kunda texnik jihatdan eng mukammal, barqaror va sanoat miqyosida qo'llashga to'liq tayyor usul — suv elektrolizi hisoblanib, u yuqori tozalik darajasiga ega bo'lgan ekologik yonilg'i olishni kafolatlaydi. Ushbu texnologiyaning samaradorligini yanada oshirish to'g'ridan-to'g'ri qo'llaniladigan membranali tizimlar va katalizatorlarning selektivligiga bog'liqdir.

Qayta tiklanuvchi energiya manbalariga (QTEM) asoslangan vodorod energetikasi iqtisodiyotning yetakchi tarmoqlarini, xususan, og'ir sanoat va transport tizimlarini dekarbonizatsiya qilish jarayonini keskin tezlashtiradi. O'zbekistonning o'ziga xos tabiiy-iqlimiy salohiyati, yil davomida quyoshli kunlarning ko'pligi va yuqori insolyatsiya koeffitsiyenti

mamlakatda "yashil vodorod" klasterlarini tashkil etish hamda ishlab chiqarish tannarxini optimallashtirish uchun qulay fundamental sharoit yaratadi. Quyosh fotoelektr stansiyalari orqali elektroliz qurilmalarini energiyaga to'yinganlik davrida uzluksiz ta'minlash, ishlab chiqarilgan energiyani uzoq muddatli saqlash (akkumulyatsiya) muammosiga ham samarali yechim bo'ladi.

Xulosa o'rinda ta'kidlash joizki, ushbu yo'nalishdagi ilmiy va amaliy izlanishlarni kengaytirish respublikamizning energetik mustaqilligini mustahkamlash, CO₂ emissiyasini kamaytirish va global ekologik xavfsizlik standartlariga erishishda muhim amaliy-metodologik asos bo'lib xizmat qiladi. Kelgusi tadqiqotlarda vodorodni xavfsiz saqlash va tashish (transportirovka) infratuzilmasini milliy gaz-transport tizimiga integratsiya qilishning iqtisodiy jihatlarini chuqurroq o'rganish maqsadga muvofiqdir.

Adabiyotlar

- [1]. Turner J.A. Sustainable Hydrogen Production. Science, 2023.
- [2]. International Energy Agency (IEA). Global Hydrogen Review. Paris, 2024.
- [3]. Carmo M., Fritz D.L., Mergel J., Stolten D. A Comprehensive Review on PEM Water Electrolysis. International Journal of Hydrogen Energy.
- [4]. Dincer I., Acar C. Review and Evaluation of Hydrogen Production Methods for Better Sustainability. International Journal of Hydrogen Energy.
- [5]. Gupta R.B. Hydrogen Fuel: Production, Transport and Storage. CRC Press, 2018.
- [6]. Balat M. Potential Importance of Hydrogen as a Future Solution to Environmental and Transportation Problems. International Journal of Hydrogen Energy.
- [7]. Momirlan M., Veziroglu T.N. Current Status of Hydrogen Energy. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- [8]. Dawood F., Anda M., Shafiullah G.M. Hydrogen Production for Energy: An Overview. International Journal of Hydrogen Energy.
- [9]. Nikolaidis P., Poullikkas A. A Comparative Overview of Hydrogen Production Processes. Renewable and Sustainable Energy Reviews.
- [10]. Staffell I., Scamman D., Velazquez Abad A. The Role of Hydrogen in Future Energy Systems. Energy & Environmental Science.
- [11]. Acar C., Dincer I. Comparative Assessment of Hydrogen Production Methods from Renewable and Non-Renewable Sources. International Journal of Hydrogen Energy.
- [12]. United Nations. Sustainable Development Goals Report. New York, 2024.
- [13]. BP Statistical Review of World Energy. London, 2024.
- [14]. International Renewable Energy Agency (IRENA). Green Hydrogen Cost Reduction Report. Abu Dhabi, 2024.
- [15]. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirishga oid qarorlari va normativ-huquqiy hujjatlari.

АНАЛИЗ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ УЗОРЧАТОЙ ТКАНИ, СОЗДАННОЙ ДЛЯ ЖЕНСКОГО КОСТЮМА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ МЕСТНОГО ХЛОПКОВОГО СЫРЬЯ

М.К. Хайдарова

*Ферганский государственный технический университет
(Получена 06.04.2026 г.)*

Annotatsiya. *Mazkur maqolada ayollar uchun yengil kostyumlar ishlab chiqarishda qo'llaniladigan 100% paxtadan tayyorlangan yangi turdagi naqshli gazlama ishlab chiqilishi ko'rib chiqilgan. Tadqiqot davomida tanda uchun chiziqli zichligi 25/2 teks va arqoq uchun 37/1 teks bo'lgan iplar ishlatilgan. Gazlamaning mustahkamlik, gigiyenik va estetik xususiyatlari baholandi. Paxta tolasi qo'llanilishi materialning yuqori gigroskopikligi, havo o'tkazuvchanligi va ekologik xavfsizligini ta'minlashi aniqlandi. Gazlamaning naqshli tuzilishi mahsulotning dekorativ xususiyatlarini oshiradi hamda ayollar kiyimlarida zamonaviy dizayn yechimlarini qo'llash imkoniyatlarini kengaytiradi. Tadqiqot natijalari yangi turdagi paxta tolali naqshli gazlamalar ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish va ularning kiyim ishlab chiqarishdagi qo'llanilish sohasini kengaytirish imkonini beradi.*

Kalit soʻzlar paxta tolasi, kostyum, naqshli gazlama, chiziqli zichlik, gazlama tuzilishi, dekorativlik, texnologik jarayon

Abstract. This article discusses the development of a new type of patterned fabric made of 100% cotton for women's lightweight suits. During the research, yarns with a linear density of 25/2 tex in the warp and 37/1 tex in the weft were used. The strength, hygienic, and aesthetic properties of the fabric were evaluated. It was determined that the use of cotton fiber provides high hygroscopicity, air permeability, and environmental safety of the material. The patterned structure of the fabric enhances the decorative properties of the product and expands the possibilities for applying modern design solutions in women's clothing. The results of the study make it possible to improve the production technology of new types of cotton patterned fabrics and expand their application in garment manufacturing.

Keywords cotton fiber, suit, patterned fabric, linear density, fabric structure, decorativeness, technological process

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка нового вида узорчатой ткани из 100% хлопка для женских лёгких костюмов. В ходе исследования были использованы нити линейной плотности 25/2 текс по основе и 37/1 текс по утку. Проведена оценка прочностных, гигиенических и эстетических свойств ткани. Установлено, что применение хлопкового волокна обеспечивает высокую гигроскопичность, воздухопроницаемость и экологическую безопасность материала. Узорчатая структура ткани повышает декоративные свойства изделия и расширяет возможности применения современных дизайнерских решений в женской одежде. Результаты исследования позволяют совершенствовать технологию производства новых видов хлопчатобумажных узорчатых тканей и расширить их применение в производстве одежды.

Ключевые слова. хлопковое волокно, костюм, узорчатая ткань, линейная плотность, структура ткани, декоративность, технологический процесс

Введение

В настоящее время одним из приоритетных направлений текстильной промышленности является разработка высококачественных тканей, отвечающих гигиеническим и эстетическим требованиям. Материалы для женской одежды, в частности костюмов, должны обеспечивать не только комфорт, но и привлекательный внешний вид, способность сохранять форму и декоративные свойства.

В связи с этим разработка новых видов тканей, расширение их технологических возможностей и областей применения является актуальной задачей. Ткани из натуральных волокон обладают высокой гигроскопичностью, воздухопроницаемостью и безопасностью для здоровья человека. Особенно ткани на основе хлопка широко применяются благодаря их экологической чистоте, гипоаллергенности и способности обеспечивать теплообмен.

Использование узорчатых переплетений в структуре ткани повышает её декоративные характеристики, расширяет дизайнерские возможности и определяет эстетическую ценность изделия. Поэтому разработка новых узорчатых тканей и их внедрение в производство имеет важное научное и практическое значение.

Объект исследования и методика

В костюмных тканях используются крученые нити линейной плотности от 15,7 текс × 2 до 31,3 текс × 2. При производстве полушерстяных тканей к шерстяным нитям добавляют до 35% вискозных или капроновых комплексных нитей.

Поверхностная плотность тканей составляет 220–340 г/м², коэффициент заполнения — 70–90%, а у высококачественных тканей достигает 110%. По отделке костюмные ткани подразделяются на гладкокрашенные и пёстротканые.

В эксперименте были использованы различные образцы тканей с применением:

Таблица 1

Свойства ткани	Образец 1 - основа 34/2 Nm, 27/1 Nm (кольцевое прядение)			Образец 2 - основа 34/2 Nm, 27/1 Nm (пневмомеханиче ское прядение)			Образец 3 - основа 34/2 Nm, 40/2 Nm (кольцевое прядение)		Образец 4 – основа 34/2 Nm, 40/2 Nm (пневмомеханическое прядение)			
	Среднее значение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Среднее значение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Среднее значение	Дисперсия	Коэффициент вариации	Среднее значение	Дисперсия	Коэффициент вариации
Воздухопроницае мость, см ³ /см ² ·с	35,926	0,1705204	0,474643378	20,09	0,0083666	0,041645596	15,466	0,013951	0,02943	19,668	0,01547	0,03446
Поверхностная плотность, г/м ²	327,4	0,74027	0,226355	413,2	0,5787918	0,140075471	442,2	0,01349	0,01284	350	0,13594	0,26485
Толщина ткани (мм)	0,367	0,52345	1,5653	0,166	0,000791	0,476247	0,508	0,10315	0,072316	0,244	0,1024	0,16421

Плотняное переплетение является одним из наиболее распространённых видов ткацких переплетений. При этом нити основы и утка чередуются поочерёдно: на лицевую сторону ткани поочерёдно выходит то нить основы, то нить утка.

При значительном различии линейной плотности (толщины) нитей основы и утка поверхность плотняного переплетения изменяется. Если нити основы толще по сравнению с утком, поверхность ткани имеет вид, показанный на рисунке 1.

При производстве тканей типа «бекасам» используются более тонкие нити основы и более толстые нити утка, и такие ткани также вырабатываются плотняным переплетением (рисунок 2).

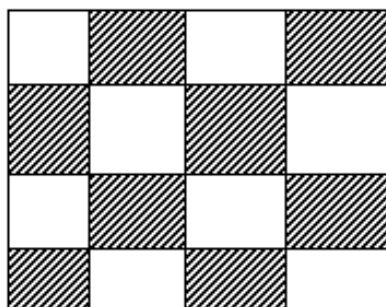


Рисунок 1. Структурное строение ткани.

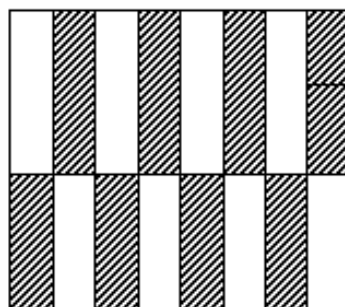


Рисунок 2. Суровая ткань.

Направление крутки нитей основы и утка оказывает значительное влияние на внешний вид плотняного переплетения, благодаря чему в тканях могут формироваться различные эффекты блеска.

Механические свойства текстильных материалов характеризуют их реакцию на воздействие различных сил. Эти силы могут быть как большими, так и малыми, а также действовать однократно или многократно, повторяясь последовательно.

Силы могут воздействовать на текстильные полотна вдоль длины, ширины или под определённым углом к ним. В результате в ткани возникают деформации: изгиб, растяжение, кручение и другие виды деформаций.

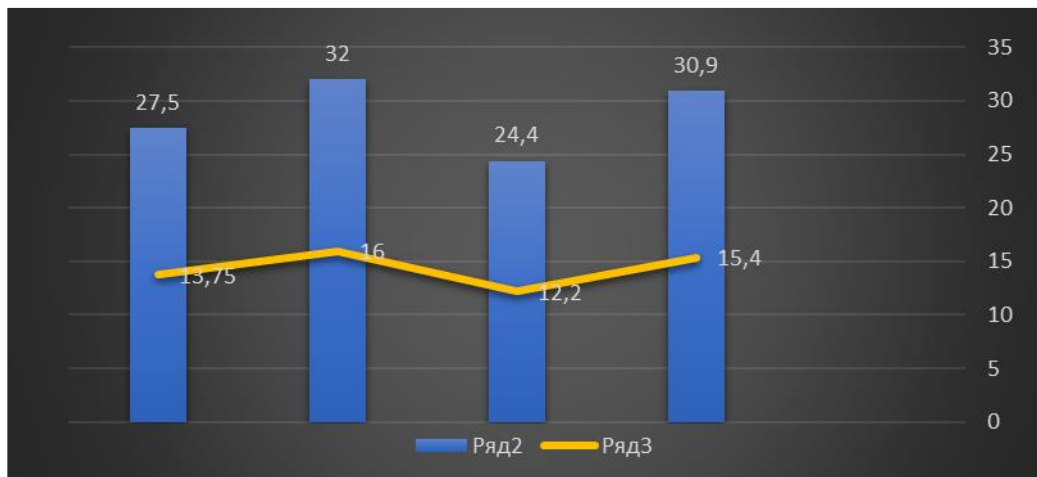


Рисунок 4. Диаграмма изменения удлинения ткани при разрыве по основе

Показатели удлинения при разрыве образцов ткани по утку (механические свойства) были обработаны и представлены в виде диаграммы (рисунок 5).

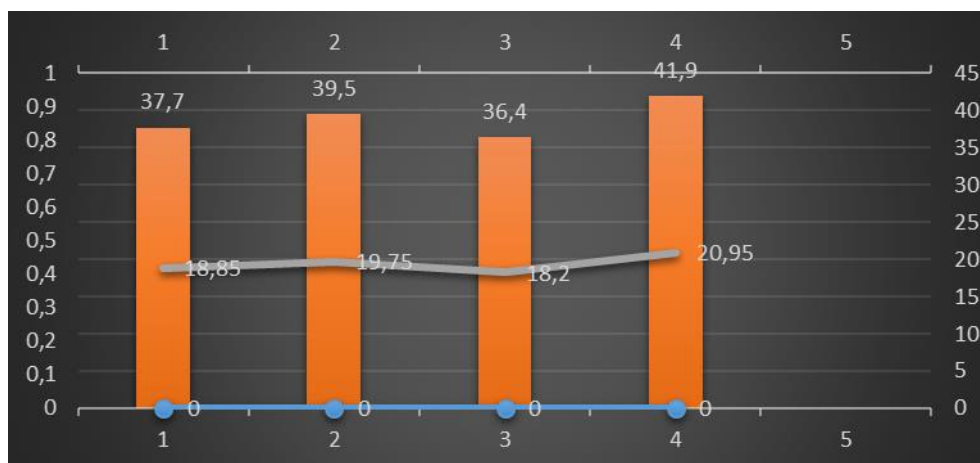


Рисунок 5. Удлинение образцов ткани при разрыве по утку.

Результаты исследования и их обсуждение

Согласно результатам проведённых исследований, установлено, что разработанная узорчатая ткань для женского костюма обладает высокими гигиеническими и эстетическими свойствами. Ткань, изготовленная на основе хлопкового волокна, характеризуется высокой гигроскопичностью, воздухопроницаемостью и экологической чистотой, что определяет её как оптимальный выбор для повседневной одежды.

Использование узорчатых переплетений повышает декоративные свойства материала и расширяет дизайнерские возможности женских костюмов. Диаграммы прочности при разрыве, гигроскопичности и воздухопроницаемости (рисунок 6), полученные на основе экспериментальных данных, подтверждают высокий уровень прочности и комфорта материала.

Таким образом, предложенная узорчатая ткань является функционально и эстетически эффективным решением для женской одежды.

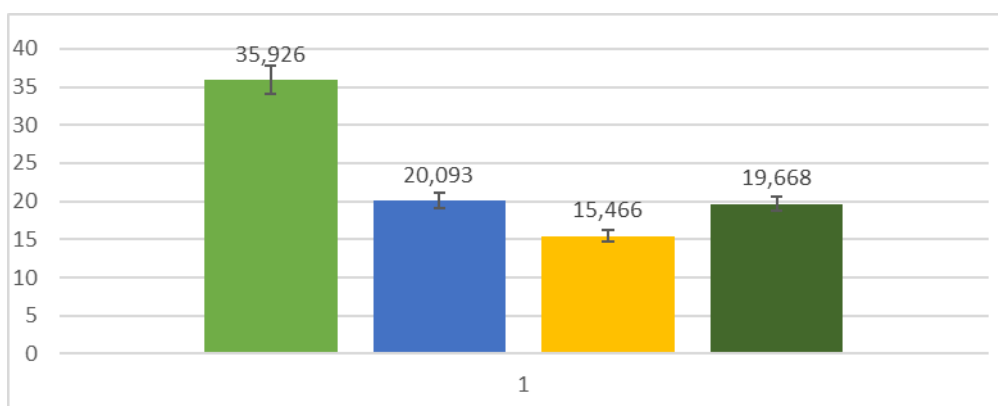


Рисунок 6. Анализ воздухопроницаемости тканей.

Структура ткани

Плотняное переплетение является одним из самых распространённых в ткачестве. При этом нити основы и утка чередуются, формируя равномерную структуру.

Изменение линейной плотности нитей основы и утка влияет на внешний вид поверхности ткани. Также значительное влияние оказывает направление крутки нитей, что позволяет получать различные визуальные эффекты и блеск.

Механические свойства

Механические свойства текстильных материалов характеризуют их поведение под действием различных нагрузок. Под воздействием сил в ткани возникают деформации:

- растяжение
- изгиб
- кручение

Проведён анализ удлинения ткани при разрыве по основе и по утку, результаты представлены в виде диаграмм.

Заключение

Воздухопроницаемость является одним из ключевых показателей качества текстильных материалов, особенно для костюмных тканей.

В результате исследования установлено, что ткань из 100% хлопка (основа 25×2 текс, уток 37 текс) является оптимальной для пошива лёгких женских костюмов и жилетов, предназначенных для весенне-осеннего сезона и тёплой погоды.

Список литературы

- [1]. Абдуллаев А. Материаловедение текстиля. – Ташкент: Фан ва технология, 2018.
- [2]. Алимова Х.А. Технология формирования тканей из натуральных волокон. – Диссертация, Ташкент, 2020.
- [3]. Мардонов Б.М. Технология производства высокоэффективных нитей. – Ташкент: Инновация, 2021.
- [4]. Бозоров Ш. Физико-механические свойства тканей. – Ташкент: Издательство высшего образования, 2019.
- [5]. ГОСТ 3816–81. Методы определения физико-механических свойств хлопковых волокон.

IPAK GAZLAMALARI ASSORTIMENTINI TAKOMILLASHTIRISHDA IP STRUKTURASI VA TO‘QIMA O‘RILISHLARINING TEXNOLOGIK AHAMIYATI

N.G. Valiyev

Farg‘ona davlat texnika universiteti

ORCID - 0009-0002-5957-4140

e-mail: nodirbekvaliyev@mail.ru

(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Maqolada ipak gazlamalari assortimentini kengaytirishning texnologik yo‘nalishlari ip

tuzilishi, buram darajasi, S va Z yo'nalishdagi eshuv tartibi, tanda-arqoq zichligi hamda to'qima o'rilishlari bilan bog'liq holda tizimlashtirildi. Tadqiqotda mavjud ilmiy manbalar, texnologik tavsiyalar va patent yechimlari qiyosiy-tahliliy usulda o'rganildi. Natijada krep, krep-gofre, ro'molbop, ko'ylakbop va plash-kostyumbop ipak gazlamalar uchun assortimentni shakllantiruvchi asosiy parametrlar aniqlashtirildi, ularni baholash mezonlari va ishlab chiqarishga joriy etish yo'nalishlari taklif qilindi. Maqolaning amaliy ahamiyati shundan iboratki, tabiiy ipakning estetik va gigiyenik afzalliklarini saqlagan holda aralash iplar, murakkab buramli iplar va kombinatsiyalangan o'rilishlar yordamida mahsulot turini ko'paytirish, tannarxni maqbullashtirish va resurstejamkor texnologiyalarni qo'llash imkoniyatlari asoslab berildi.

Kalit so'zlar: tabiiy ipak, ipak gazlama, tanda ipi, arqoq ipi, buram, murakkab buram, S va Z eshuv, krep effekt, to'qima o'rilishi, aralash ip, resurstejamkor texnologiya.

Аннотация. В статье уточнены технологические направления расширения ассортимента шелковых тканей на основе структуры нитей и ткацких переплетений. Исследование выполнено как аналитико-систематизационная работа: обобщены сведения о видах шелковых, химических и смешанных нитей, параметрах крутки, чередовании S- и Z-направлений, а также о конструктивных решениях креповых, гофрированных, платочных, платьевых и костюмных тканей. Выделены научная новизна, методический подход, практическая значимость и критерии дальнейшей экспериментальной оценки. Показано, что расширение ассортимента возможно не только за счёт замены сырья, но и за счёт управляемой комбинации линейной плотности, крутки, плотности ткани, раппорта переплетения и отделочных воздействий.

Ключевые слова: натуральный шёлк, шёлковая ткань, основная нить, уточная нить, крутка, S- и Z-направление, сложная крутка, креповый эффект, ткацкое переплетение, смешанная нить, ресурсосберегающая технология.

Abstract. The article systematizes technological directions for expanding the assortment of silk fabrics based on yarn structure and weave design. The study uses an analytical and comparative approach to summarize scientific literature, technological recommendations and patent solutions concerning warp and weft yarns, yarn twist, S- and Z-twist arrangement, blended yarns and combined weave structures. The scientific novelty, methodological basis, practical significance and criteria for further experimental assessment are specified. It is shown that new silk fabric assortments can be developed not only by changing raw materials, but also by controlling linear density, twist level, fabric density, weave repeat and finishing effects. The proposed systematization is relevant for crepe, crepe-gaufré, scarf, dress and suit fabrics with improved aesthetic, consumer and resource-saving characteristics.

Keywords: natural silk, silk fabric, warp yarn, weft yarn, twist, complex twist, S and Z twist, crepe effect, weave design, blended yarn, resource-saving technology.

Nazariy qism

Jahon to'qimachilik sanoatida mahsulot sifatini oshirish, xom ashyo sarfini kamaytirish va iste'molchi talabiga mos yangi assortimentlarni yaratish ishlab chiqarish samaradorligini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Ayniqsa, tabiiy ipak asosidagi gazlamalar nafis jilosi, mayinligi, gigiyenik xususiyatlari va yuqori estetik qiymati bilan alohida ajralib turadi. Shu bilan birga, tabiiy ipakning nisbatan yuqori tannarxi, texnologik jarayonlarning murakkabligi va bozor talabining tez o'zgarishi ishlab chiqaruvchilardan ip tuzilishi hamda to'qima konstruksiyasidan samarali foydalanishni talab qiladi [1,2].

Ipak gazlamalar assortimentini kengaytirish faqat yangi xom ashyo turini izlash bilan cheklanmaydi. Tanda va arqoq iplarining chiziqli zichligi, buram soni, S yoki Z yo'nalishda eshilishi, oddiy va murakkab buramli iplarining qo'llanishi, o'rilish rapporti, tanda-arqoq zichligi hamda pardozlash jarayonlari yakuniy gazlama xossalarini kompleks tarzda shakllantiradi. Shu sababli yangi assortiment yaratishda texnologik omillar o'zaro bog'langan tizim sifatida qaralishi lozim.

Mazkur maqolaning maqsadi ipak gazlamalari assortimentini kengaytirishning ilmiy asoslangan texnologik yo'nalishlarini tizimlashtirish, ip tuzilishi va to'qima o'rilishlari asosida yangi gazlama turlarini yaratish imkoniyatlarini aniqlashtirishdan iborat.

Mavjud ilmiy adabiyotlar va patent yechimlari tahlili shuni ko'rsatadiki, ipak gazlamalar assortimentini kengaytirish bo'yicha ko'plab ishlarda alohida omillar - masalan, ip burami, to'qima o'rilishi yoki aralash tolalar ta'siri - mustaqil tarzda o'rganilgan. Biroq ushbu omillarni bitta

texnologik tizimda ko'rib chiqish, ya'ni ip tuzilishi, o'rilish rapporti, zichlik va pardoqlash jarayonini yagona konstruktiv model sifatida baholash yetarli darajada yoritilmagan.

Tadqiqot metodikasi ilmiy adabiyotlar, o'quv manbalari va patent hujjatlaridagi ma'lumotlarni qiyosiy-tahliliy o'rganish; tanda va arqoq iplarining tarkibi, chiziqli zichligi, buram darajasi hamda eshuv yo'nalishini boshqariladigan parametrlar sifatida baholash; polotno, reps, sarja, satin va krep o'rilishlarining konstruktiv imkoniyatlarini umumlashtirish; krep, krep-gofre, ro'molbop, ko'ylakbop va plash-kostyumbop ipak gazlamalar uchun texnologik yechimlarni tizimlashtirish hamda keyingi tajribaviy tekshirish uchun pishqlik, havo o'tkazuvchanlik, sirt fakturasi, deformatsion barqarorlik va iqtisodiy samaradorlik mezonlarini ajratishga asoslandi.

Ushbu maqola tajribaviy o'lchov natijalarini da'vo qilmaydi; u mavjud ilmiy-amaliy manbalarni tizimlashtirish va yangi assortiment yaratish uchun texnologik yo'nalishlarni asoslashga qaratilgan tahliliy tadqiqot hisoblanadi. Shu jihat maqolaning ilmiy aniqligini saqlaydi va keyingi eksperimental ishlar uchun metodik poydevor yaratadi.

Maqolaning ilmiy yangiligi shundaki, ipak gazlamalar assortimentini kengaytirish omillari xomashyo, ip tuzilishi, buram, eshuv yo'nalishi, o'rilish rapporti va pardoqlash bosqichlari bilan bog'langan yagona texnologik tizim sifatida talqin qilindi. S va Z yo'nalishda eshilgan iplarining raport bo'yicha joylashishi krep, gofre, soyali va donador sirt effektlarini boshqarish vositasi sifatida asoslandi, krep, krep-gofre, ro'molbop, ko'ylakbop va plash-kostyumbop gazlamalar uchun konstruktiv tavsiyalar tizimlashtirildi.

Amaliy ahamiyati shundaki, taklif etilgan tizim ishlab chiqarish korxonalarida mavjud to'quv dastgohlaridan foydalanib, qo'shimcha murakkab mexanizmlarsiz yangi fakturali, dekorativ va ekspluatatsion jihatdan yaxshilangan ipak gazlamalar assortimentini yaratish imkonini beradi.

Tabiiy ipakdan gazlama ishlab chiqarishda yakuniy sifat xom ashyo xususiyatlari, iplarni qayta o'rash, eshish, tanda va arqoqni tayyorlash, to'quv dastgohi sozlamalari hamda to'qima tuzilishiga bevosita bog'liq. Ipak iplari ko'plab tabiiy tolalarga nisbatan yuqori nafislik, yengillik, egiluvchanlik va o'ziga xos jilo berish xususiyatiga ega. Shu sababli ipak gazlama assortimentini kengaytirishda ipning chiziqli zichligi, buram darajasi va tarkibini maqsadli tanlash hal qiluvchi ahamiyatga ega [1,3].

Ipak sanoatida tanda va arqoq iplarining vazifasi shartli ravishda farqlanadi. Tanda ipi to'quv jarayonida katta taranglikka bardosh berishi kerak bo'lgani uchun ko'pincha ikki, to'rt yoki undan ortiq xom ipak iplarini qo'shish va belgilangan darajada eshish orqali tayyorlanadi. Arqoq ipi esa gazlama turiga qarab xom ipak, kimyoviy kompleks ip yoki aralash ip asosida, nisbatan past yoki yuqori buramda qo'llanishi mumkin.

Ipga berilgan buram soni uning pishqligi, elastikligi, hajmdorligi, sirt holati va to'qish jarayonidagi barqarorligiga ta'sir qiladi. Buram ma'lum chegaragacha ortganda ipning tutamliligi va texnologik barqarorligi oshadi, biroq haddan tashqari yuqori buram qattqlikni kuchaytirishi, deformatsiyani oshirishi yoki uzilish ko'rsatkichlariga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin [2].

S va Z yo'nalishdagi iplarni juftlab, bitta ip oralab yoki raport bo'yicha takroriy joylashtirish gazlama yuzasida "soya", "to'lqin", "donadorlik" va "gofre" ko'rinishlarini yuzaga keltiradi. Ayniqsa, krep gazlamalarda yuqori buramli iplarining nam-issqlik ishlovi vaqtida buramini yechishga intilishi to'qima o'rilishi bilan chegaralanadi va natijada sirt fakturasi shakllanadi.

Zamonaviy to'qimachilikda tabiiy va kimyoviy tolalarni aralashtirish orqali yangi turdagi iplar yaratish keng qo'llanilmoqda. Ipakni paxta, viskoza, poliefir yoki boshqa tolalar bilan maqsadli nisbatlarda qo'shish gazlama tannarxini maqbullashtirish, pishqlik va shakl saqlash xususiyatlarini yaxshilash, ayrim hollarda esa gigiyenik va estetik ko'rsatkichlar muvozanatini ta'minlashga xizmat qiladi [6-9].

Bunda asosiy talab tabiiy ipakning nafis jilosi va yumshoqligini saqlagan holda boshqa tolalarning funksional afzalliklaridan foydalanishdir. Masalan, paxta namlikni yutish va gigiyenik xususiyatlari bilan, poliefir esa shakl barqarorligi va ekspluatatsion chidamliligi bilan ajralib turadi. Shu bois aralash iplar ko'ylakbop, kostyumbop, ro'molbop va dekorativ matolar assortimentini kengaytirishda muhim yo'nalish hisoblanadi.

Ipak gazlamalari assortimentini kengaytirishning samarali yo'nalishlaridan biri yangi to'qima

tuzilmalari va o'rilishlarni ishlab chiqishdir. To'qima tuzilishi iplarning fazoviy joylashuvi, tanda va arqoq zichligi, o'rilish rapporti hamda iplarning buram yo'nalishlari bilan belgilanadi. Shu sababli bir xil xom ashyo asosida ham turli o'rilishlar va strukturaviy kombinatsiyalar yordamida tashqi ko'rinishi va iste'mol xossalari bo'yicha farqlanuvchi gazlamalar olish mumkin [4,5].

Krep gazlamalarni takomillashtirishga oid patent yechimlarida polotno va reps o'rilishi elementlarini raport ichida navbatma-navbat joylashtirish, arqoq iplarini tanda iplariga nisbatan siljitish, S va Z buramli iplarni ma'lum tartibda takrorlash orqali yangi krep strukturalari yaratilgani ko'rsatilgan [10-12]. Bunday yechimlar gazlama yuzasida mayin donadorlik, elastiklik va dekorativ ko'rinishni boshqarish imkonini beradi.

Krep-gofre turidagi gazlamalarda arqoq tizimida yuqori darajada pishitilgan ipak krep iplaridan foydalanish natijasida gazlama yuzasida yirikroq relefli va g'ijimdor dekorativ effekt hosil bo'ladi [13]. Ro'molbop ipakli gazlamalarda esa ipning mayinligi, yengilligi, sirt jilosi va drapirlanish xususiyatlari birinchi o'ringa chiqadi [15].

Tahlil natijalari ipak gazlamalari assortimentini kengaytirishda uchta asosiy yondashuv ustuvor ekanini ko'rsatadi. Birinchi yondashuv - ip strukturasini o'zgartirish, ya'ni tanda va arqoqda turli chiziqli zichlikdagi, turli buramdagi yoki aralash tarkibli iplarni qo'llash. Ikkinchi yondashuv - to'qima o'rilishini takomillashtirish, raport ichida polotno, reps, sarja, satin yoki krep elementlarini maqsadli joylashtirish. Uchinchi yondashuv - texnologik jarayonni resurstejamkor tarzda tashkil etish, mavjud dastgohlarda qo'shimcha murakkab mexanizmlarsiz yangi strukturalar olish imkoniyatini aniqlashdan iborat.

Krep gazlamalar misolida iplarning o'ng va chap eshuv yo'nalishlari, yuqori buram darajasi va o'rilish rapporti o'zaro mos tanlanganda gazlama yuzasida mayin donador, relefli yoki gofre ko'rinishlar paydo bo'ladi. Bu jarayonda yuqori buramli iplarning ichki momenti nam-issiqlik ishlovi vaqtida faollashadi, biroq to'qima o'rilishi ushbu harakatni chegaralaydi va natijada sirt effektining barqaror shakli hosil bo'ladi.

Aralash iplar qo'llanilganda ipak gazlamalarida yangi iste'mol xossalarini shakllantirish imkoniyati ortadi. Ipakning jilo va nafisligi, paxta yoki viskozaning gigiyenikligi, poliefirning shakl barqarorligi bir matoda uyg'unlashtirilishi mumkin. Shu bilan birga, aralash iplar tabiiy ipak sarfini kamaytirish, mahsulot tannarxini maqbullashtirish va ishlab chiqarishda resurs tejamkorlikka erishish imkonini beradi.

Ipak gazlamalar ishlab chiqarishda resurs tejamkorlik bir nechta yo'nalish orqali ta'minlanadi: tabiiy ipak sarfini aralash iplar hisobiga maqbullashtirish, mavjud dastgohlarning konstruktiv imkoniyatlaridan to'liq foydalanish, ip uzilishlari va qayta ishlashdagi nuqsonlarni kamaytirish, pardoqlash jarayonlarini gazlama tuzilishiga moslashtirish. Ipak iplarini eshish va qayta o'rashdagi nuqsonlarni kamaytirishga qaratilgan ishlanmalar gazlama sifatiga bevosita ta'sir qilishi bilan amaliy ahamiyatga ega [5].

Mavjud to'quv dastgohlarida maxsus ko'p arqoqli mexanizmlarsiz ham S va Z buramli iplarni navbatlashtirish, arqoq turini oqilona tanlash va o'rilish elementlarini kombinatsiyalash orqali murakkab ko'rinishli krep yoki dekorativ gazlamalar olish mumkin [14]. Bu yondashuv yangi mahsulot yaratishda qo'shimcha kapital xarajatlarni kamaytiradi.

Xulosa

Ipak gazlamalari assortimentini kengaytirish xom ashyo tarkibi, ip tuzilishi, buram darajasi, S va Z yo'nalishli eshuv tartibi, tanda-arqoq zichligi, to'qima o'rilishi va pardoqlash jarayonlarini kompleks boshqarish orqali amalga oshiriladi. Yuqori buramli iplar va S/Z eshuvni raport bo'yicha joylashtirish krep, gofre, soyali va donador sirt effektlarini shakllantirishda asosiy konstruktiv vosita hisoblanadi. Aralash iplar tabiiy ipakning estetik-gigiyenik xossalarini saqlagan holda gazlamaning pishiqligi, shakl saqlashi va iqtisodiy samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Krepdeshin, krep-jorjet, krep-gofre, ro'molbop, ko'yлакbop va plash-kostyumbop gazlamalar uchun taklif etilgan konstruktiv-texnologik tavsiyalar yangi assortiment yaratishda amaliy asos bo'lib xizmat qiladi. Kelgusidagi tadqiqotlarda ip burami, o'rilish rapporti, tanda-arqoq zichligi va aralash

ip tarkibining uzilish kuchi, havo o'tkazuvchanlik, kirishish, sirt fakturasi va tannarxga ta'siri tajribaviy usulda aniqlanishi zarur.

Adabiyotlar

- [1]. Alimova H., Usenko V.A. Ipakni eshish. - Toshkent: Sharq, 2001. - 272 b.
- [2]. Pererabotka khimicheskikh volokon i naturalnogo shelka. Chast III / Pod red. M.D. Talyzina. - M.: Legkaya industriya, 1970. - 445 s.
- [3]. Usenko V.A. Pererabotka khimicheskikh volokon: uchebnoye posobiye dlya vuzov. - M.: Legkaya industriya, 1975. - 116 s.
- [4]. Valiyev N.G., Bobojanov X.T. Razrabotka novoy struktury platelno-kostyumnoy tkani iz naturalnogo sholka // Mejdunarodnaya nauchnaya konferensiya, posvyashchennaya 150-letiyu so dnya rojdeniya professora N.A. Vasilyeva: sbornik nauchnykh trudov. Chast 2. - Moskva: RGU im. Kosygina, 2021. - S. 86-89.
- [5]. Valiyev G.N., Oripov J.I., Valiyev N.G., Turdiyev M., Khomidov V.O., Yuldashev P. Resource-saving technology for reducing silk thread winding defectiveness on twisting machines // Scientific-technical journal. - 2021. - Vol. 4, Issue 2, Article 13. - P. 29-35.
- [6]. Ratindra Nat et al. Effect of Yarn Twist Direction and Woven Design on Certain Novelty Fabrics from Cotton/Polyester Trilobal Filament 3-ply Yarn // Journal of The Institution of Engineers (India): Series E. - 2015. - Vol. 96, No. 1. - P. 15-21.
- [7]. Tasdemir M. et al. Properties of Polypropylene Composite Produced with Silk and Cotton Fiber Waste as Reinforcement // International Journal of Polymeric Materials. - 2007. - Vol. 56, No. 12. - P. 1155-1165.
- [8]. Rajkumar G. et al. Natural protein fiber hybrid composites: effects of fiber content and fiber orientation on mechanical, thermal conductivity and water absorption properties // Journal of Industrial Textiles. - 2015. - No. 5. - P. 709-724.
- [9]. Maqsood M., Nawab Y., Shaker Kh. Modelling the effect of weave structure and fabric thread density on mechanical and comfort properties of woven fabrics // Autex Research Journal. - 2016. - No. 3. - P. 160-164.
- [10]. Valiyev G.N., Axunbaboyev O.A., Alimbayev E.Sh., Mirzaxonov M., Rahimxo'jayev G.A. Krep gazlama / Patent UZ № IAP 03282. Rasmiy axborotnoma, 2007. - № 2. - B. 60-61.
- [11]. Axunbaboyev O.A., Valiyev G.N., Mirzaxonov M. Krep gazlama / Patent UZ № IAP 04038. Rasmiy axborotnoma, 2009. - № 10. - B. 38-39.
- [12]. Axunbaboyev O.A., Valiyev G.N., Mirzaxonov M. Krep gazlama / Patent UZ № FAP 00551. Rasmiy axborotnoma, 2010. - № 5. - B. 101-102.
- [13]. Valiyev G.N., Axunbaboyev O.A., Mirzaxonov M. Krep gazlama / Patent UZ № FAP 00763. Rasmiy axborotnoma, 2012. - № 9. - B. 53.
- [14]. Mirzaxonov M., Valiyev G.N. Krep gazlama / Patent UZ № FAP 00774. Rasmiy axborotnoma, 2012. - № 12. - B. 63-64.
- [15]. Mirzaxonov M., Valiyev G.N., Djurayev B.E., Axunbaboyev O.A., Toyirov Sh.I. Ro'molbop ipakli gazlama / Patent UZ № FAP 001515. Rasmiy axborotnoma, 2020. - № 7. - B. 54.

THEORETICAL ANALYSIS OF THE PROCESS OF ENSURING A SMOOTH FLOW OF COTTON ONTO THE ROLLER DRUM

A.O. Ibragimov

Fergana State Technical University,
[ORCID: 0000-0002-9586-2214](#)
Email: axadjon.ibragimov@fstu.uz
(Received on April 6 th, 2026)

Annotatsiya. Ushbu maqolada paxta oqimini arrachali barabanga bir tekisda uzatish jarayoni nazariy jihatdan tahlil qilingan. Ta'minlovchi valiklar yordamida paxta bo'lakchalarining harakati Lagranjning ikkinchi tur tenglamasi asosida modellastirilgan. Tadqiqot davomida paxta bo'lakchalarining tezligi, massasi va valikning aylanish chastotasining ta'siri o'rganildi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, paxta oqimini bir tekisda uzatish uchun optimal parametrlar mavjud bo'lib, ular tozalash samaradorligini oshiradi. Shuningdek, kolosniklar orasidagi masofaning ta'siri ham tahlil qilinib, mayda iflosliklarni ajratish samaradorligi oshirilishi ko'rsatildi.

Kalit so'zlar: Paxta tozalash, ta'minlovchi valik, arrachali baraban, paxta oqimi, harakat tenglamasi, Lagranj tenglamasi, optimal parametrlar

Аннотация. В данной работе проведён теоретический анализ процесса равномерной подачи хлопкового потока на пыльный барабан. Движение частиц хлопка по поверхности лопастей

питающих валиков смоделировано на основе уравнений Лагранжа второго рода. В ходе исследования изучено влияние скорости, массы частиц и частоты вращения валиков. Результаты показали, что существуют оптимальные параметры, обеспечивающие равномерную подачу хлопка и повышение эффективности очистки. Также проанализировано влияние расстояния между колосниками на процесс отделения мелких примесей.

Ключевые слова: Очистка хлопка, питающий валик, пыльный барабан, поток хлопка, уравнение движения, уравнение Лагранжа, оптимальные параметры

Abstract. This paper presents a theoretical analysis of the process of uniform feeding of cotton flow onto a saw drum. The motion of cotton particles along the surface of feeding roller blades is modeled using Lagrange's second-order equations. The influence of particle velocity, mass, and roller rotational speed is investigated. The results show that optimal parameters exist for ensuring uniform feeding, which significantly improves cleaning efficiency. Additionally, the effect of grid spacing on the separation of fine impurities is analyzed.

Keywords: Cotton cleaning, feeding roller, saw drum, cotton flow, equation of motion, Lagrange equation, optimal parameters.

Introduction

The efficiency of cotton cleaning processes in the textile industry is strongly dependent on the uniformity of cotton flow supplied to the working elements of cleaning machines. Among these elements, the saw drum plays a crucial role in separating fine and coarse impurities from raw cotton. However, uneven feeding of cotton onto the saw drum leads to fluctuations in load distribution, reduced cleaning efficiency, increased fiber damage, and higher energy consumption. Therefore, ensuring a stable and uniform cotton flow is one of the key challenges in modern cotton processing technology.

In conventional systems, cotton is transported from a vacuum valve to the saw drum, often resulting in irregular flow due to the heterogeneous structure of cotton lumps. These irregularities cause non-uniform interaction between cotton particles and the working surfaces of the machine. To address this issue, additional feeding rollers are introduced into the system. These rollers regulate the cotton flow by redistributing the cotton mass and directing it evenly onto the saw drum surface.

From a theoretical perspective, the motion of cotton particles on the surface of feeding roller blades is a complex mechanical process influenced by multiple factors, including gravity, friction, centrifugal force, and air resistance. The interaction between these forces determines the trajectory, velocity, and residence time of cotton particles on the blade surface. Accurate modeling of this motion is essential for identifying optimal operating parameters.

One of the most effective approaches for analyzing such systems is based on classical mechanics, particularly the application of Lagrange's second-order equations. This method allows the formulation of differential equations of motion by considering the kinetic energy of the system and the generalized forces acting on the particles. By selecting appropriate generalized coordinates, the behavior of cotton particles can be described in a mathematically rigorous manner, enabling the prediction of system performance under various operating conditions.

In addition to feeding rollers, the cleaning process is also influenced by the interaction of cotton particles with grid elements. These elements play an important role in separating fine impurities through mechanical impact and airflow effects. The spacing between grid elements, as well as the velocity of cotton particles, significantly affects the efficiency of impurity removal. Therefore, a comprehensive analysis must consider both the feeding mechanism and the subsequent interaction with cleaning components.

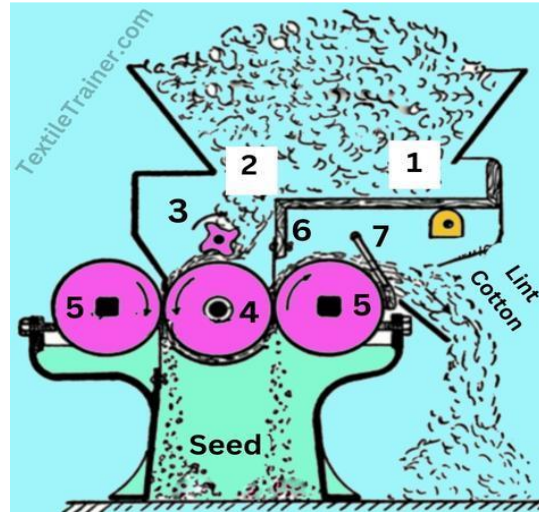
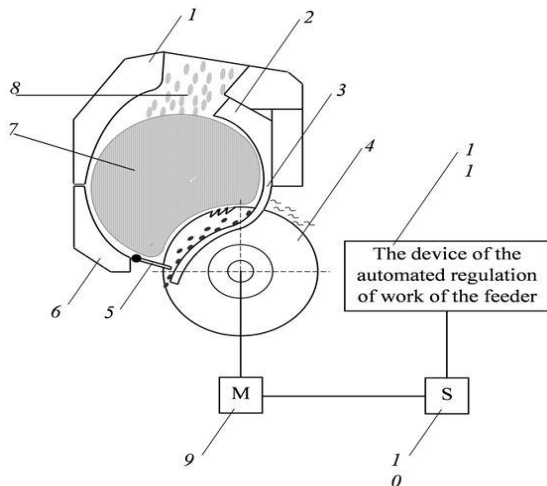
Previous studies have primarily focused on experimental investigations or simplified analytical models, often neglecting the combined effects of multiple forces and system parameters. In contrast, this study aims to develop a more detailed theoretical model that accounts for the dynamic behavior of cotton particles under realistic operating conditions. By incorporating parameters such as roller rotational speed, linear velocity, particle mass, and friction coefficients, the model provides a deeper understanding of the cotton feeding process.

The main objective of this research is to analyze the conditions required for uniform feeding of cotton flow onto a saw drum using feeding rollers. The study seeks to determine optimal

operating parameters that ensure stable motion of cotton particles, minimize irregularities in flow distribution, and improve the overall efficiency of the cleaning process. The results of this work can be used to optimize the design and operation of cotton cleaning machines, contributing to improved product quality and reduced operational costs in the textile industry.

Materials and Methods

System Description. The studied system consists of a vacuum-feeding unit, two feeding rollers, and a saw drum. Cotton flow is transported from the vacuum valve and redistributed by feeding rollers before being delivered onto the saw drum surface



The feeding rollers are equipped with blades (lopast), which guide cotton particles along their surface. The motion of cotton particles is influenced by mechanical interaction with the blades and external forces.

Assumptions of the Model

To simplify the analysis, the following assumptions are adopted:

- Feeding rollers rotate with constant angular velocity
- Cotton particles move along the blade surface
- Interaction occurs under friction and gravity forces
- Air resistance is considered constant
- Cotton particles are treated as discrete masses

Main Parameters of the System

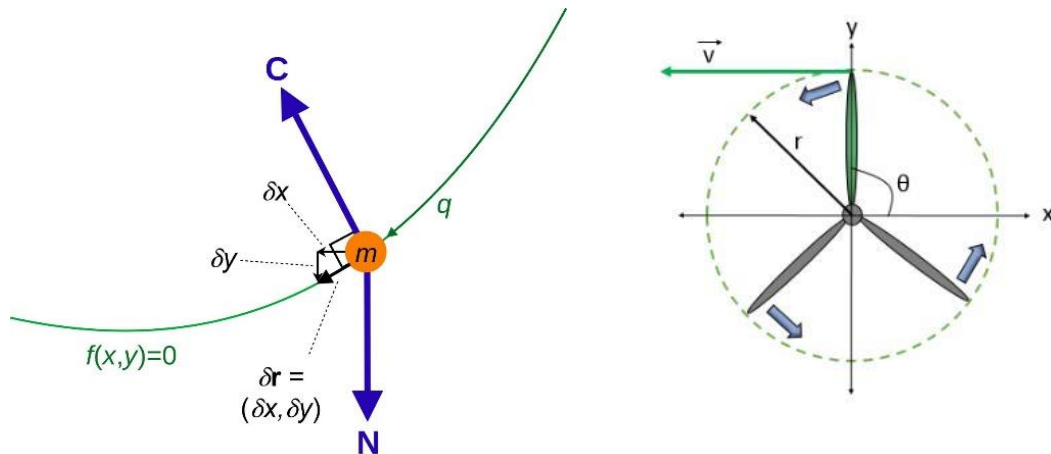
No	Parameter Name	Symbol	Unit	Description
1	Roller radius	R	m	Radius of feeding roller
2	Angular velocity	ω	s^{-1}	Rotation speed of roller
3	Linear velocity	v	m/s	Surface velocity of blade
4	Particle mass	m	kg	Mass of cotton particle
5	Friction coefficient	f	—	Fiber–surface interaction
6	Blade length	l	m	Length of feeding blade
7	Pressure coefficient	k	—	Flow distribution parameter

Coordinate System and Motion Description

A Cartesian coordinate system is used:

- Origin at the center of the feeding roller

- X-axis directed horizontally
- Y-axis directed vertically



The trajectory of cotton particles is described using parametric equations derived from kinematic relations

Forces Acting on Cotton Particles

The motion of cotton particles is governed by the following forces:

- Gravitational force:

$$F_g = mg$$

- Friction force:

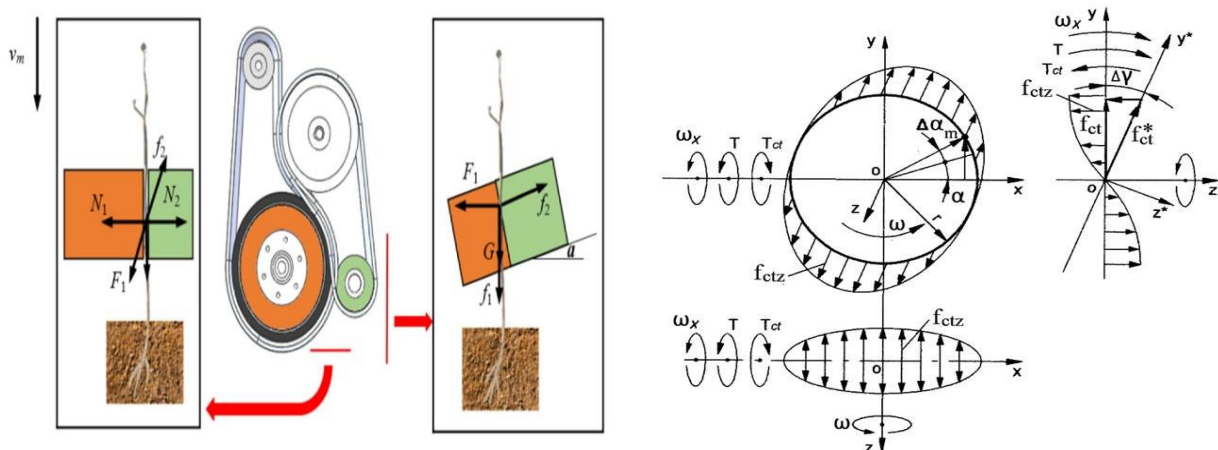
$$F_f = fN$$

- Centrifugal force:

$$F_c = m\omega^2 R$$

- Air resistance:

$$F_a = C \cdot v^2$$



Mathematical Model

The motion of cotton particles is described using Lagrange's second-order equation

$$\frac{d}{dt} \left(\frac{\partial T}{\partial \dot{q}} \right) - \frac{\partial T}{\partial q} = Q$$

Where:

- T — kinetic energy
- q — generalized coordinate
- Q — generalized force

The kinetic energy of the particle is defined as:

$$T = \frac{1}{2}mv^2$$

By substituting velocity expressions derived from motion equations, the system leads to a second-order differential equation describing particle motion.

Experimental Conditions

Theoretical analysis is performed under the following operating parameters:

Case	Rotation Speed (min^{-1})	Linear Velocity (cm/min)
1	8	5.6
2	10	7
3	12	8.4

These values are used to analyze:

- particle trajectory
- velocity distribution
- uniform feeding conditions

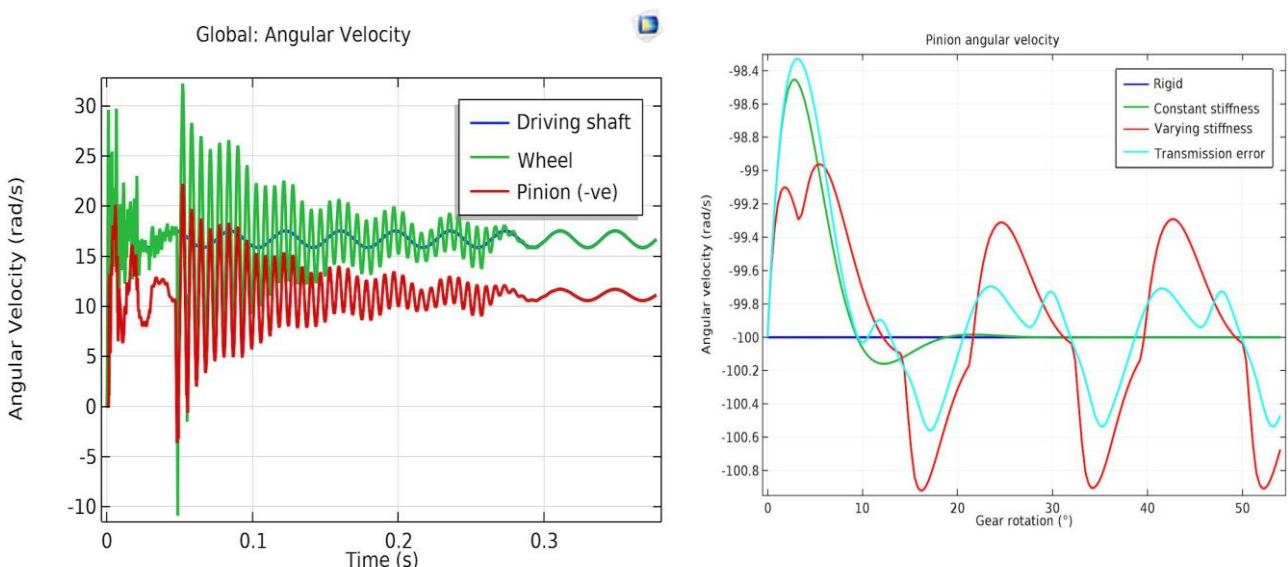
RESULTS AND DISCUSSION

Influence of Roller Rotation Speed on Cotton Feeding: The analysis of cotton particle motion under different roller rotation speeds shows a significant impact on feeding uniformity.

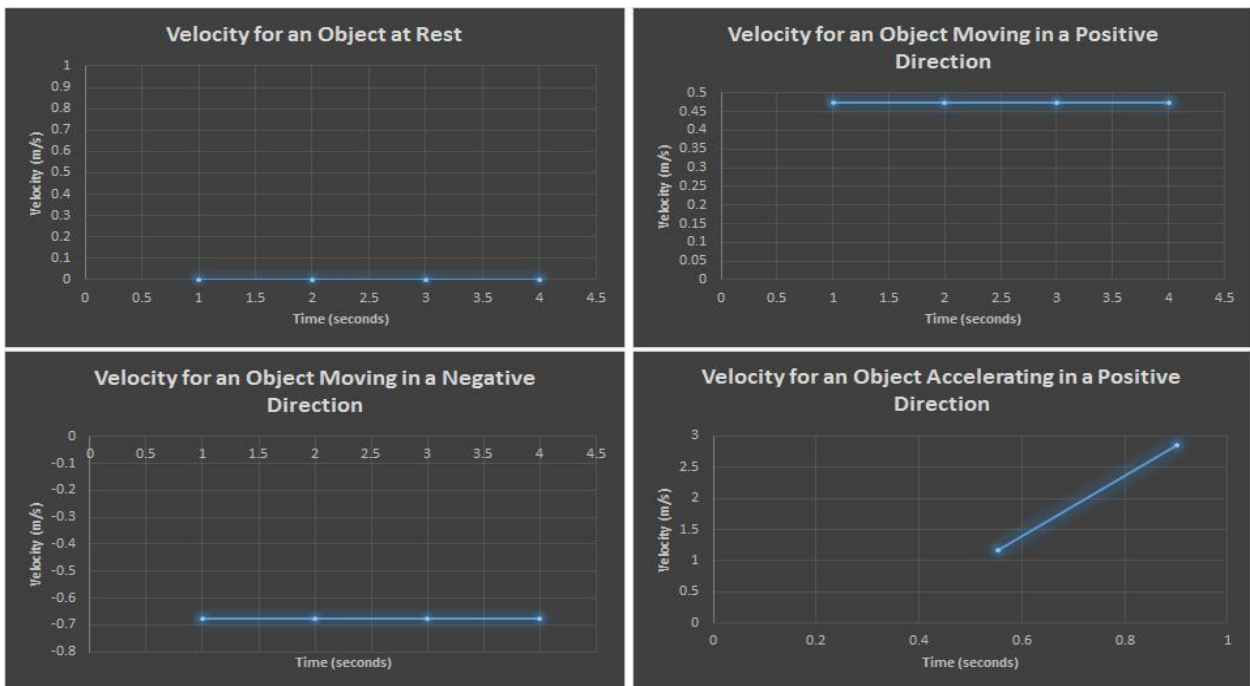
At $n = 8 \text{ min}^{-1}$, the cotton particles move slowly along the blade surface, resulting in delayed detachment and irregular feeding onto the saw drum. This leads to accumulation zones and non-uniform load distribution.

At $n = 10 \text{ min}^{-1}$, the motion becomes stable and uniform. Cotton particles follow a consistent trajectory and detach smoothly from the blade surface, ensuring even distribution over the saw drum. This condition represents the **optimal operating regime**.

At $n = 12 \text{ min}^{-1}$, excessive centrifugal force causes premature detachment of cotton particles. This results in scattering and instability in the cotton flow, reducing cleaning efficiency.



Effect of Linear Velocity on Particle Motion



The effect of linear velocity on cotton particle movement was analyzed for three cases:

- $v_1 = 5.6 \text{ cm/min} \rightarrow$ insufficient movement, unstable feeding
- $v_2 = 7 \text{ cm/min} \rightarrow$ stable and controlled motion
- $v_3 = 8.4 \text{ cm/min} \rightarrow$ optimal uniform feeding

At lower velocities, friction dominates and particles move slowly, leading to uneven supply. At higher velocities, the motion becomes more controlled due to balance between centrifugal and friction forces.

Optimal velocity range:

7 – 8.4 cm/min

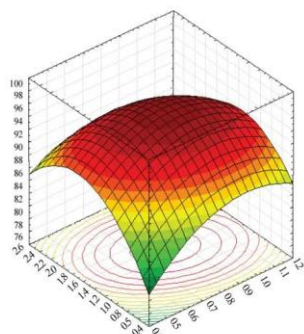
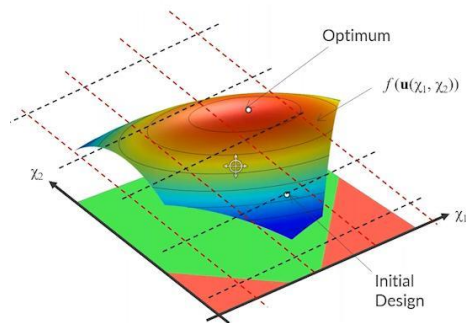
Combined Effect of Parameters: The combined analysis of all parameters shows that uniform feeding is achieved when:

- Rotation speed = 10 min^{-1}
- Linear velocity = 7–8.4 cm/min
- Pressure coefficient = 0.02
- Grid spacing = $\approx 20 \text{ mm}$

Under these conditions:

- Cotton flow becomes stable
- Load distribution is uniform
- Cleaning efficiency increases
- Fiber damage is minimized

Response Surface Methodology


<https://doi.org/10.1016/j.sci.2016.05.011>


DISCUSSION

The obtained results confirm that the uniform feeding of cotton flow is a multi-parameter problem requiring precise coordination between mechanical and dynamic factors.

The application of Lagrangian mechanics allows accurate modeling of particle motion and provides a reliable tool for optimizing system parameters. Compared to traditional empirical approaches, the developed model offers a more systematic understanding of the process.

Furthermore, the results demonstrate that proper design of feeding rollers and grid elements can significantly enhance the performance of cotton cleaning machines.

CONCLUSION

This study presents a comprehensive theoretical analysis of the uniform feeding of cotton flow onto a saw drum using feeding rollers. Based on the developed mathematical model and analytical results, several important conclusions can be drawn.

First, it has been established that the rotation speed of the feeding rollers plays a decisive role in ensuring uniform cotton distribution. Among the analyzed cases, the optimal rotation speed was found to be **10 min⁻¹**, at which the motion of cotton particles remains stable and consistent along the blade surface. At lower speeds, irregular accumulation occurs, while higher speeds lead to premature detachment and flow instability.

Second, the linear velocity of the feeding rollers significantly influences the balance between frictional and inertial forces. The optimal range of **7–8.4 cm/min** ensures smooth particle motion and uniform feeding. Outside this range, the process becomes either too slow or excessively unstable.

Third, the effect of cotton particle mass was analyzed, and it was found that although mass influences motion characteristics, the system maintains stable behavior under optimal operating conditions. This indicates robustness of the feeding mechanism with respect to variations in cotton lump size.

Furthermore, the pressure coefficient governing the distribution of cotton flow between feeding rollers was identified as a key parameter. The optimal value **k = 0.02** ensures balanced flow and prevents irregularities in cotton supply.

In addition, the analysis of kolosnik (grid) spacing revealed that proper geometric configuration is essential for efficient impurity separation. The optimal spacing of approximately **20 mm** allows effective removal of fine impurities while minimizing fiber damage.

Overall, the study demonstrates that the uniform feeding of cotton flow is a complex process governed by multiple interrelated parameters. The application of Lagrange's second-order equation enabled the development of a reliable mathematical model describing particle motion under realistic conditions.

The obtained results can be used to:

- optimize the design of cotton cleaning machines
- improve cleaning efficiency

- reduce fiber damage
- decrease energy consumption

These findings contribute to the advancement of modern cotton processing technologies and provide a scientific basis for further experimental and industrial research.

References

- [1]. Elsevier. *Textile Engineering Handbook*. Elsevier, 2019.
- [2]. Springer. *Handbook of Natural Fibres*. Springer, 2020.
- [3]. Woodhead Publishing. *Cotton: Science and Technology*. 2018.
- [4]. R. Chattopadhyay. *Advances in Textile Engineering*. Woodhead, 2021.
- [5]. A. R. Horrocks. *Handbook of Technical Textiles*. CRC Press, 2019.
- [6]. CRC Press. *Textile Mechanics and Processes*. 2020.
- [7]. Taylor & Francis. *Dynamics of Particles and Systems*. 2018.
- [8]. H. Goldstein. *Classical Mechanics*. Pearson, 2017.
- [9]. L. D. Landau. *Mechanics*. Butterworth-Heinemann, 2016.
- [10]. J. N. Reddy. *An Introduction to Nonlinear Finite Element Analysis*. 2019.
- [11]. IEEE. *Mechanical Systems Modeling Papers*, 2021.
- [12]. ScienceDirect. Articles on cotton cleaning technologies, 2020–2024.
- [13]. Scopus. Indexed studies on textile machinery optimization.
- [14]. Journal of Textile Institute. Cotton processing research papers, 2019–2024.
- [15]. Textile Research Journal. Fiber dynamics studies, 2018–2023.
- [16]. Autex. Conference proceedings on textile engineering.
- [17]. ICAC. Cotton processing reports, 2022.
- [18]. FAO. Cotton production and processing reports, 2021.
- [19]. ITMF. Industry analysis reports, 2023.
- [20]. UZTEXTILEPROM. National textile industry data, 2022.

TO‘QIMACHILIK IPLARIDA DEFORMATSIYA JARAYONLARINI OPTIK-RAQAMLI MONITORING QILISH VA BAHOLASHNING NAZARIY-METODIK ASOSLARI

N.G. Valiyev

Farg‘ona davlat texnika universiteti

ORCID - 0009-0002-5957-4140

e-mail: nodirbekvaliyev@mail.ru

[\(Qabul qilindi 06.04.2026 y.\)](#)

Annotatsiya: Maqolada to‘qimachilik iplarining deformatsiyalanish xossalarini optik-raqamli usulda aniqlashning ilmiy-metodik asoslari takomillashtirildi. Ishda ipning cho‘zilish, qaytuvchan, sekin qaytuvchan va qoldiq deformatsiyalarini baholashda klassik mexanik usullar, relaksometrlar va optik qayd etish tizimlarining imkoniyatlari qiyosiy tahlil qilindi. Avvalgi variantdagi umumiy nazariy bayon o‘rniga tadqiqot obyekti, sinov sharoiti, yuklash tartibi, veb-kamera asosidagi qurilma sxemasi, kalibrlash koeffitsienti, piksel koordinatalarini deformatsiyaga aylantirish formulalari va xatolikni baholash mezonlari aniq ifodalandi. Optik-raqamli usul ipning vaqt bo‘yicha deformatsiyasini real vaqt rejimida kuzatish, o‘lchash natijalarini jadval va grafik shaklida saqlash hamda sifat nazoratida operator ta’sirini kamaytirish imkonini berishi asoslab berildi.

Kalit so‘zlar: to‘qimachilik ipi, tabiiy ipak, deformatsiya, cho‘zilish, qaytuvchan deformatsiya, relaksatsiya, optik-raqamli usul, veb-kamera, kalibrlash, raqamli sifat nazorati.

Аннотация: В статье усовершенствованы научно-методические основы определения деформационных свойств текстильных нитей оптико-цифровым способом. Уточнены объект исследования, параметры испытания, порядок калибровки веб-камеры, алгоритм преобразования пиксельных координат в абсолютную и относительную деформацию, а также критерии оценки погрешности. Показано, что оптико-цифровой подход не заменяет стандартные разрывные испытания, а дополняет их при изучении малых перемещений, релаксации и восстановления нити во времени. Предложена структурная схема устройства и таблицы для регистрации результатов, что повышает воспроизводимость измерений и снижает влияние оператора.

Ключевые слова: текстильная нить, натуральный шёлк, деформация, растяжение, релаксация, веб-камера, оптический метод, калибровка, пиксель, цифровая обработка, качество.

Abstract: The paper improves the scientific and methodological basis for optical-digital determination of deformation properties of textile yarns. The study specifies the testing object, standard conditioning, loading scheme, webcam-based measurement setup, calibration coefficient, equations for converting pixel coordinates into absolute and relative deformation, and criteria for error evaluation. It is shown that the optical-digital method complements conventional tensile testing when small displacements, relaxation and recovery of yarns need to be monitored over time. A functional scheme of the device, an image-processing algorithm and result-recording tables are proposed to improve repeatability and reduce operator influence.

Keywords: textile yarn, natural silk, deformation, tensile behavior, relaxation, optical-digital method, web camera, calibration, image processing, quality control.

Kirish

Jahon to'qimachilik sanoatida mahsulot sifatini barqaror ta'minlash uchun iplarning fizik-mexanik va deformatsion xossalarini aniq baholash muhim ahamiyatga ega. Ip to'qish, qayta o'rash, tanda tayyorlash, ohorlash va pardoqlash jarayonlarida doimiy hamda takroriy taranglik ta'sirida bo'ladi. Bu holat ipning cho'zilishi, qoldiq deformatsiya hosil qilishi, charchashi yoki uzilishiga olib kelishi mumkin. Ayniqsa, tabiiy ipak iplarining nozikligi, yuqori egiluvchanligi va sirt jilosini saqlash zarurati deformatsion xossalarni aniqlashni yanada dolzarb qiladi.

Nazariy qism

An'anaviy laboratoriya sinovlari ipning uzilish kuchi va uzilishdagi cho'zilishini aniqlashda muhim bo'lsa-da, kichik siljishlar, yuk ostidagi sekin cho'zilish, yuk olib tashlangandan keyingi relaksatsiya va tiklanish jarayonlarini real vaqt rejimida qayd etish uchun qo'shimcha o'lchash vositalari talab etiladi. Shu sababli veb-kamera, raqamli tasvir, kalibrlash etaloni va dasturiy qayta ishlashga asoslangan optik-raqamli usullar ilmiy va ishlab chiqarish laboratoriyalari uchun istiqbolli yo'nalish hisoblanadi [1-3, 9].

Mazkur maqolaning maqsadi to'qimachilik iplarining deformatsiyalanish xossalarini optik-raqamli usulda aniqlash bo'yicha ilmiy-metodik yondashuvni ishlab chiqish, o'lchash qurilmasining funksional sxemasini taklif etish, kalibrlash va hisoblash algoritmini asoslash hamda natijalarni baholash mezonlarini tizimlashtirishdan iborat.

Ilmiy yangilik va amaliy ahamiyati.

Veb-kamera asosidagi optik-raqamli usul uchun ip deformatsiyasini piksel koordinatalaridan millimetr va foiz ko'rsatkichlariga o'tkazish algoritmi bosqichma-bosqich ifodalandi. Ipning to'liq, qaytuvchan, sekin qaytuvchan va qoldiq deformatsiyalarini bir davrli yuklash-bo'shatish rejimida ajratib baholash mezonlari keltirildi. Optik-raqamli o'lchash tizimini klassik mexanik usul, relaksometr va avtomatik uzish mashinasi bilan qiyoslash asosida uning qo'llanish sohasi, afzalliklari va cheklovlari aniq belgilandi. Qurilmani amaliy laboratoriya sharoitida qo'llash uchun kalibrlash, yoritish, kamera joylashuvi, marker tanlash va xatolikni baholash bo'yicha metodik tavsiyalar ishlab chiqildi.

Deformatsion xossalarning nazariy asoslari.

To'qimachilik materialiga tashqi kuch ta'sir qilganda uning o'lchami yoki shakli o'zgaradi. Kuch olib tashlangandan keyin deformatsiyaning bir qismi tez tiklanadi, bir qismi vaqt davomida sekin kamayadi, qolgan qismi esa qoldiq deformatsiya sifatida saqlanadi. Ipning bunday viskoelastik xatti-harakati tolaviy tarkib, chiziqli zichlik, buram darajasi, namlik, oldingi mexanik ishlov va sinov tezligiga bog'liq [4, 5].

Yarim davrli sinovlar ip uzilguncha yuklashga asoslanib, uzilish kuchi, nisbiy mustahkamlik va uzilishdagi cho'zilishni beradi. Bir davrli sinovlarda ip belgilangan yuk ostida ma'lum vaqt ushlab turiladi va yuk olib tashlangandan keyingi tiklanish kuzatiladi. Ko'p davrli sinovlar esa to'quv dastgohlaridagi takroriy yuklanishlarga yaqin sharoit yaratib, ipning charchash va qoldiq deformatsiya to'plash xususiyatlarini baholaydi.

Ip deformatsiyasini baholashda qo'llaniladigan sinov turlari

1-jadval

Sinov turi	Sinov mazmuni	Aniqlanadigan ko'rsatkichlar	Amaliy ahamiyati
Yarim davrli cho'zilish	Namuna uzilguncha bir yo'nalishda cho'ziladi	Uzilish kuchi, nisbiy mustahkamlik, uzilishdagi cho'zilish, bajarilgan ish	Ipning maksimal mexanik imkoniyatini baholash
Bir davrli cho'zilish	Belgilangan yuk ostida cho'zish, keyin yukni olib tashlab tiklanishni kuzatish	To'liq, qaytuvchan, sekin qaytuvchan va qoldiq deformatsiya	Taranglik ostidagi barqarorlik va relaksatsiyani aniqlash
Ko'p davrli cho'zilish	Yuklash-bo'shatish davrlari takrorlanadi	Charchash, qoldiq deformatsiya to'planishi, uzilishgacha chidamlilik	To'quv jarayonidagi takroriy ta'sirlarni modellashtirish

Tadqiqot obyekti va metodikasi.

Tadqiqot obyekti sifatida gazlama ishlab chiqarishda qo'llaniladigan tabiiy ipak, paxta, kimyoviy kompleks va aralash tarkibli iplarning cho'zilish-deformatsiya xossalarini baholash metodikasi qabul qilindi. Sinovlar ipning uzilish kuchini aniqlashga mo'ljallangan standart usullar bilan uyg'un holda olib borilishi kerak. ISO 2062:2009 va ASTM D2256/D2256M-21 standartlari ipning yakka namunasida uzilish kuchi va uzilishdagi cho'zilishni aniqlashda asosiy me'yoriy baza bo'lib xizmat qiladi [2, 3].

Sinovdan oldin ip namunalari standart atmosfera sharoitida me'yorlashtiriladi: harorat 20 ± 2 °C, nisbiy namlik 65 ± 4 %. Bunday sharoit ISO 139 standartida to'qimachilik materiallarining fizik-mexanik xossalarini aniqlash uchun tavsiya etilgan [1]. Boshlang'ich uzunlik L_0 , dastlabki taranglik, yuk miqdori, kamera masofasi va tasvir olish chastotasi bir xil saqlanishi natijalarning solishtiriluvchanligini ta'minlaydi.

Bir davrli optik-raqamli sinov uchun yuk miqdori dastlab yarim davrli sinovda aniqlangan uzilish kuchining 25 % qismiga teng qilib olinishi mumkin. Bunday yuk ipni uzilish chegarasiga olib bormaydi, lekin uning texnologik taranglik sharoitidagi xatti-harakatini baholash imkonini beradi. Zarur hollarda yuk miqdori ip turi va ishlab chiqarish sharoitiga qarab 10-30 % oralig'ida tanlanadi.

Optik-raqamli sinovning tavsiya etilgan metodik parametrlari

2-jadval

Parametr	Tavsiya etilgan qiymat yoki tartib	Izoh
Sinov sharoiti	20 ± 2 °C; 65 ± 4 % nisbiy namlik	ISO 139 bo'yicha standart atmosfera
Boshlang'ich uzunlik, L_0	100-250 mm	Ip turi va qurilma o'lchamiga qarab tanlanadi
Yuk miqdori	$0,25 P_m$	P_m - dastlabki uzilish kuchi; sinov ipni uzmasdan olib boriladi
Kamera joylashuvi	Ipga perpendikulyar, optik o'q deformatsiya tekisligiga tik	Parallaks xatoligini kamaytirish uchun
Kalibrlash etaloni	Aniq uzunlikdagi millimetrlilik chizg'ich yoki marker	Pikselni millimetrga aylantirish uchun
Qayd etish	Video yoki ketma-ket kadrlar	Vaqt bo'yicha deformatsiyani tahlil qilish uchun

Оптик-рақамли қурилманing тuzilishi va ishlash prinsipi.

Оптик-рақамли о'лчаш тизими механик yuklash qismi va raqamli qayd etish qismidan iborat. Mexanik qism tayanch rama, yuqori qo'zg'almas qisqich, pastki qo'zg'aluvchan qisqich va yukdan tashkil topadi. Raqamli qism esa veb-kamera, barqaror yorug'lik manbai, kalibrlash etaloni hamda tasvirni qayta ishlovchi kompyuter dasturidan iborat. Qurilmaning vazifasi ip uchining yoki markerning vaqt bo'yicha siljishini aniqlash va uni deformatsiya ko'rsatkichlariga aylantirishdir.

Qurilma ishlashida eng muhim shartlardan biri tasvir sifatining barqarorligidir. Kamera va ip orasidagi masofa o'zgarmasligi, yoritish bir xil bo'lishi, fon ip konturini aniq ajratib berishi, marker esa kadrlar orasida ishonchli tanilishi kerak. Kompyuter ko'rishi usullarida fonni ajratish, chegarani aniqlash, markaz koordinatasini topish, shovqinni filtrlash va vaqt bo'yicha koordinatalarni saqlash bosqichlari qo'llaniladi [9-11].

Kalibrlash va hisoblash algoritmi.

Оптик-рақамли usulning ishonchliligi kalibrlashga bevosita bog'liq. Kalibrlashda kadr ichiga aniq uzunlikka ega etalon joylashtiriladi. Etalonning haqiqiy uzunligi L_{et} va uning tasvirdagi piksel soni N_{px} aniqlanadi. Shundan so'ng bir pikselga to'g'ri keladigan haqiqiy uzunlik quyidagicha hisoblanadi:

$$k = L_{et} / N_{px}, \text{ mm/piksel} \quad (1)$$

bu yerda k - kalibrlash koeffitsienti, L_{et} - etalonning haqiqiy uzunligi, N_{px} - etalonning tasvirdagi uzunligi. Masalan, 100 mm etalon tasvirda 1000 pikselga teng bo'lsa, $k = 0,10$ mm/piksel bo'ladi. Bu qiymat qurilmaning geometrik sozlanishi o'zgarmaguncha saqlanadi.

Ip markerining boshlang'ich koordinatasi y_0 va t vaqtidagi koordinatasi $y(t)$ bo'lsa, mutlaq cho'zilish quyidagicha aniqlanadi:

$$\Delta L(t) = k \cdot [y(t) - y_0], \text{ mm} \quad (2)$$

Nisbiy deformatsiya esa boshlang'ich uzunlikka nisbatan foizda ifodalanadi:

$$\varepsilon(t) = [\Delta L(t) / L_0] \cdot 100 \%, \quad (3)$$

Yuk olib tashlangandan keyin tiklangan qism qaytuvchan deformatsiya, vaqt davomida kamayadigan qism sekin qaytuvchan deformatsiya, sinov oxirida saqlanib qolgan qism esa qoldiq deformatsiya sifatida baholanadi. Umumiy deformatsiya quyidagicha ajratiladi:

$$\varepsilon_{umumiy} = \varepsilon_{qaytuvchan} + \varepsilon_{sekin qaytuvchan} + \varepsilon_{qoldiq}. \quad (4)$$

Оптик о'лчаш natijasini nazorat qilish uchun klassik mexanik usul bilan solishtirish tavsiya etiladi. Nisbiy farq yoki xatolik quyidagi formula orqali baholanadi:

$$\delta = |X_{optik} - X_{mexanik}| / X_{mexanik} \cdot 100 \%, \quad (5)$$

bu yerda X_{optik} - optik-raqamli usulda olingan ko'rsatkich, $X_{mexanik}$ - nazorat mexanik usulda olingan ko'rsatkich. Xatolikni baholashda kamera ruxsat etish qobiliyati, etalonni noto'g'ri joylashtirish, fon shovqini, marker konturi va operator tomonidan namuna mahkamlashdagi farqlar inobatga olinadi.

Natijalarni qayd etish va baholash mezonlari.

Оптик-рақамли sinov natijalari vaqt bo'yicha koordinata, mutlaq cho'zilish, nisbiy deformatsiya va tiklanish ulushlari shaklida qayd etiladi. Maqolaning ilmiy-amaliy qiymatini oshirish uchun natijalarni faqat matn bilan emas, balki standartlashtirilgan protokol jadvallari va grafiklar bilan ifodalash maqsadga muvofiq. Quyidagi jadval optik-raqamli usulda qayd etiladigan asosiy natija shaklini ko'rsatadi.

Optik-raqamli usulda deformatsiya natijalarini qayd etish shakli

3-jadval

Ko'rsatkich	Belgisi	Hisoblash yoki aniqlash tartibi	Natijani baholashdagi ma'nosi
Boshlang'ich uzunlik	L_0	Qisqichlar orasidagi masofa	Deformatsiya foizini hisoblash bazasi
Mutlaq cho'zilish	$\Delta L(t)$	$k \cdot [y(t) - y_0]$	Vaqt bo'yicha haqiqiy siljish
Nisbiy deformatsiya	$\varepsilon(t)$	$\Delta L(t)/L_0 \cdot 100 \%$	Turli uzunlikdagi namunalarni solishtirish
Qaytuvchan deformatsiya	ε_{-q}	Yuk olib tashlangandan keyin tez tiklangan qism	Ip elastikligining ko'rsatkichi
Sekin qaytuvchan deformatsiya	ε_{-sq}	Belgilangan vaqt ichida asta-sekin tiklangan qism	Relaksatsiya va viskoelastiklik belgisi
Qoldiq deformatsiya	ε_{-ql}	Sinov oxirida saqlanib qolgan qism	Texnologik barqarorlikka xavf tug'diruvchi qism

O'lchash usullarining qiyosiy tahlili

4-jadval

Usul	Kuchli tomoni	Cheklovi	Maqsadga muvofiq qo'llanish sohasi
Klassik mexanik usul	Sodda va arzon, o'quv-laboratoriya sharoitida qulay	Shkalani o'qish xatoligi va boshlang'ich tez deformatsiyani qayd etish qiyin	Dastlabki baholash va oddiy nazorat
Relaksometr	Yuk ostidagi cho'zilish va tiklanishni vaqt bo'yicha kuzatadi	Qayd etish boshlanishida kechikish bo'lishi mumkin	Bir davrli deformatsiya va relaksatsiya tahlili
Avtomatik uzish mashinasi	Uzilish kuchi, cho'zilish va kuch-deformatsiya diagrammasini aniq beradi	Kichik qoldiq deformatsiyalar va uzoq relaksatsiya uchun qo'shimcha tizim talab qiladi	Yarim davrli standart sinovlar
Optik-raqamli usul	Kontakt ta'siri kam, real vaqt rejimida kichik siljishlarni qayd etadi	Kalibrlash, yorug'lik va dasturiy sozlash talab etiladi	Ilmiy tadqiqot, raqamli sifat nazorati va metodik monitoring

Tahlil va muhokama.

Taklif etilgan optik-raqamli yondashuv ip deformatsiyasini baholashda uchta muhim muammoni hal qilishga xizmat qiladi. Birinchidan, operator tomonidan shkalani o'qishdagi subyektivlik kamayadi. Ikkinchidan, deformatsiyaning boshlang'ich onlari video yoki ketma-ket kadrlar yordamida qayd etiladi. Uchinchidan, natijalar raqamli jadval va grafik ko'rinishida saqlanib, keyingi matematik-statistik tahlil uchun qulay bo'ladi.

Biroq optik-raqamli usulni mutlaq universal vosita deb baholash to'g'ri emas. Uning natijasi kamera ruxsat etish qobiliyati, optik buzilish, fon yorqinligi, markerning aniqligi, namuna tekisligi va kalibrlash sifati bilan belgilanadi. Shuning uchun har bir sinovdan oldin etalon uzunlik bo'yicha

kalibrlash, kamera va ip o'qi orasidagi burchakni tekshirish, yorug'lik manbaini barqarorlashtirish va tasvirni filtrlash parametrlarini bir xil saqlash zarur.

Mashina ko'rishi asosidagi yangi tadqiqotlar ip sifatini aniqlash, taranglikni real vaqt rejimida nazorat qilish va ishlab chiqarish jarayonlarini raqamlashtirishda optik usullarning ahamiyati ortib borayotganini ko'rsatmoqda [9-11]. Shuning uchun ip deformatsiyasini optik-raqamli usulda o'lchash nafaqat laboratoriya tadqiqoti, balki Industry 4.0 tamoyillariga mos raqamli sifat nazorati tizimining tarkibiy qismi sifatida qaralishi mumkin.

Tabiiy ipak iplarida bu usul ayniqsa foydali bo'lishi mumkin, chunki ipak ipi nozik va sirt shikastlanishiga sezgir material hisoblanadi. Kontaktli o'lchash vositalari qo'shimcha ishqalanish yoki mahalliy bosim kiritishi mumkin. Optik qayd etish esa ipning yuk ta'siridagi harakatini masofadan kuzatadi va nozik siljishlarni mexanik aralashuvsiz baholash imkonini beradi.

Ishlab chiqarish va laboratoriya uchun amaliy tavsiyalar.

Har bir ip turi uchun dastlab ISO 2062 yoki ASTM D2256/D2256M asosida uzilish kuchi aniqlanib, optik sinovdagi yuk shu qiymatning belgilangan ulushi sifatida tanlanishi kerak. Kamera o'rnatilgandan so'ng har bir tajriba seriyasidan oldin kalibrlash qayta bajarilishi va k koeffitsienti laboratoriya jurnalida qayd etilishi zarur. Ip fon bilan kontrast rangda ko'rinishi, marker esa kadrlar bo'yicha bir xil aniqlikda tanilishi kerak; fon shovqini natijaga bevosita ta'sir qiladi. Natijalar bo'yicha o'rtacha qiymat, standart og'ish va variatsiya koeffitsienti hisoblanishi, optik usul natijalari nazorat mexanik usul bilan solishtirilishi kerak. Qurilma o'quv laboratoriyasi, ilmiy tadqiqot laboratoriyasi va ishlab chiqarishdagi kirish nazorati uchun arzon, moslashuvchan va raqamli protokol beruvchi yordamchi vosita sifatida joriy etilishi mumkin.

Xulosa. To'qimachilik iplarining deformatsion xossalari gazlama ishlab chiqarish jarayonining barqarorligi, ip uzilishlari soni, tayyor matoning o'lcham barqarorligi va ekspluatatsion chidamliligini belgilovchi muhim ko'rsatkichdir. Optik-raqamli usul klassik mexanik sinovlarni almashtirmaydi, balki ularni to'ldiradi; u kichik siljishlar, relaksatsiya va yuk olib tashlangandan keyingi tiklanish jarayonlarini real vaqt rejimida kuzatishga imkon beradi. Taklif etilgan metodikada kalibrlash koeffitsienti, piksel koordinatalarini mutlaq cho'zilishga aylantirish, nisbiy deformatsiyani hisoblash va xatolikni baholash formulalari aniq belgilandi. Veb-kamera, yorug'lik manbai, kalibrlash etaloni va dasturiy qayta ishlashdan iborat qurilma operator ta'sirini kamaytiradi, natijalarni raqamli saqlaydi va laboratoriya sifat nazoratini takomillashtiradi. Kelgusidagi tadqiqotlarda taklif etilgan usulni tabiiy ipak, paxta, kimyoviy kompleks va aralash iplar bo'yicha eksperimental tekshirish, optik va mexanik usullar o'rtasidagi farqni statistik baholash hamda to'quv dastgohlaridagi real taranglik rejimlari bilan bog'lash maqsadga muvofiq.

Adabiyotlar

- [1]. ISO 139:2005/Amd 1:2011. Textiles — Standard atmospheres for conditioning and testing. International Organization for Standardization.
- [2]. ISO 2062:2009. Textiles — Yarns from packages — Determination of single-end breaking force and elongation at break using constant rate of extension (CRE) tester. International Organization for Standardization.
- [3]. ASTM D2256/D2256M-21. Standard Test Method for Tensile Properties of Yarns by the Single-Strand Method. ASTM International, 2021.
- [4]. Ochilov T.A., Qulmetov M., Hamroyeva S.A., Usmonova Sh., Toyirova T.A., Muxtarov J.R., To'raqulov B.T. To'qimachilik materialshunosligi. — Toshkent: Adabiyot uchqunlari, 2018. — 311 b.
- [5]. Bobojanov X.T. Yigirish mashinalari parametrlarini optimallashtirish yo'li bilan ipning deformatsion xossalarini yaxshilash va mahsulot raqobatbardoshligini oshirish: dissertatsiya. — Namangan, 2019. — B. 91-115.
- [6]. Abdurasulov O., Gafurov Q.G'. Cho'zilgan iplar deformatsiyasi o'zgarishini aniqlovchi asbob // TITLP magistrantlar ilmiy maqolalari to'plami. — Toshkent, 2017. — 109 b.
- [7]. Bobojanov X.T., Yuldashev J.K., Sodikov R.A., Ismatullayev N.A. Issledovaniya po izmereniyu deformatsii pryazi pri pomoshchi opticheskikh priborov // Universum: tekhnicheskoye nauki. — Moskva, 2018. — № 12(57). — S. 58-62.
- [8]. Celik O., Eren R. Mathematical analysis of warp elongation in weaving machines with positive backrest system // Tekstil ve Konfeksiyon. — 2014. — Vol. 24, Issue 1. — P. 56-65.
- [9]. Ji Y., Yang J., Wu Z., Guo S. Dynamic Yarn-Tension Detection Using Machine Vision Combined with a Tension Observer // Sensors. — 2023. — Vol. 23, No. 8. — Article 3800. DOI: 10.3390/s23083800.

- [10]. Pereira F., Lopes H., Pinto L., Soares F., Vasconcelos R., Machado J., Carvalho V. Yarn quality analysis by using computer vision and deep learning techniques // Textile Research Journal. — 2026. DOI: 10.1177/00405175251331205.
- [11]. Pereira F. et al. A Low-Cost Framework for Textile Yarn Characterization Using Image Processing // EAI Endorsed Transactions on Digital Transformation of Industrial Processes. — 2025. — Vol. 1, Issue 2.
- [12]. Maqsood M., Nawab Y., Shaker K. Modelling the effect of weave structure and fabric thread density on mechanical and comfort properties of woven fabrics // Autex Research Journal. — 2016. — No. 3. — P. 160-164.
- [13]. Valiyev N.G., Daminov A.D. Ipak matolarining tahlili asosida ularning turlarini kengaytirish // “To‘qimachilik va yengil sanoatda ilm-hajmdor innovatsion texnologiyalar va dolzarb muammolar yechimi” xalqaro ilmiy-texnikaviy anjuman ma’ruzalar to‘plami. — Farg‘ona: FarPI, 2023. — B. 303-306.

TO‘QIMACHILIK VA TIKUV-TRIKOTAJ SANOATIDA KALAVA IP ISHLAB CHIQRISHNING INNOVATSION TEXNOLOGIYALARI VA RIVOJLANISH ISTIQBOLLARI

D.O‘. Tojaliyev, G.N. Valiyev

Farg‘ona davlat texika universiteti

ORCID: [0009-0009-7611-9845](https://orcid.org/0009-0009-7611-9845), e-mail: dtajaliyev73@qamil.com

ORCID: [0000-0002-7993-8469](https://orcid.org/0000-0002-7993-8469), e-mail: gnvaliyev59@gmail.com

[\(Qabul qilindi 06.04.2026 y.\)](#)

Annotatsiya. Ushbu maqolada to‘qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatida kalava ip ishlab chiqarishning zamonaviy va innovatsion texnologiyalari, ularning ishlab chiqarish samaradorligiga ta’siri hamda rivojlanish istiqbollari yoritilgan. Kalava ip ishlab chiqarishda zamonaviy avtomatlashtirilgan ip yigirish mashinalari, raqamli boshqaruv tizimlari, ekologik toza va energiya tejankor uskunalar qo‘llanilishi natijasida mahsulot sifati oshmoqda, ishlab chiqarish samaradorligi va raqobatbardoshligi kuchaymoqda.

Kalit so‘zlar: kalava ip, to‘qimachilik, innovatsion texnologiya, ring yigirish, rotor yigirish, air-jet, trikotaj, rivojlanish istiqbollari.

Аннотация. В данной статье рассматриваются современные и инновационные технологии производства пряжи в текстильной и швейно-трикотажной промышленности, их влияние на эффективность производства, а также перспективы развития. В результате применения современных автоматизированных прядильных машин, цифровых систем управления, экологически чистого и энергоэффективного оборудования в производстве пряжи повышается качество продукции, повышается эффективность производства и конкурентоспособность.

Ключевые слова: пряжа, текстиль, инновационные технологии, кольцевое прядение, вращение ротора, воздушная струя, вязание, перспективы развития.

Abstract. This article discusses modern and innovative technologies for yarn production in the textile and clothing industry, their impact on production efficiency, and development prospects. The use of modern automated spinning machines, digital control systems, and environmentally friendly and energy-efficient equipment in yarn production improves product quality, production efficiency, and competitiveness

Keywords: yarn, textile, innovative technologies, ring spinning, rotor rotation, air jet, knitting, development prospects.

Nazariy qism

O‘zbekistonda to‘qimachilik sanoati so‘nggi yillarda keng ko‘lamli islohotlar, yangi texnologik loyihalar va xorijiy investitsiyalar hisobiga jadal rivojlanmoqda. Ayniqsa, kalava ip ishlab chiqarish sohasida innovatsion texnologiyalarni qo‘llash orqali mahsulot sifati va assortimentini kengaytirish, eksport hajmini oshirish hamda xalqaro bozorlarda raqobatbardoshlikni mustahkamlash bo‘yicha sezilarli natijalarga erishilmoqda [1].

Respublikamizda to‘qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatining investitsion jozibadorligini va raqobatbardoshligini yanada oshirish, sohaning eksport salohiyatini yanada kengaytirish, mahalliy to‘qimachilik mahsulotlarining xorijiy bozorlarga kengroq kirib borishi uchun sharoitlar yaratish maqsadida chora tadbirlar ishlab chiqilgan. Zamonaviy ishlab chiqarish jarayonlarida yuqori sifatli

xomashyo, ilg'or texnologiyalar va avtomatlashtirilgan tizimlardan foydalanish mahsulot sifati, ishlab chiqarish unumdorligi hamda ekologik barqarorlikni ta'minlash imkonini bermoqda.

Kalava ip ishlab chiqarishdagi innovatsion texnologiyalar — bu ilg'or yigiruv usullari, raqamli boshqaruv tizimlari, energiya tejankor uskunalar hamda qayta ishlangan tolalardan samarali foydalanish imkoniyatlarini o'z ichiga oladi. Bunday yondashuv nafaqat iqtisodiy samaradorlikni oshiradi, balki global ekologik muammolarni kamaytirish va barqaror rivojlanishni ta'minlashga ham xizmat qiladi. Xususan, To'qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatini yangi sifat bosqichiga olib chiqishning asosiy istiqbolli yo'nalishlari belgilangan.

Kalava ip — bu trikotaj va to'qimachilik mahsulotlarini tayyorlashda asosiy xom-ashyo bo'lib, paxta, jun, ipak, sintetik va aralash tolalardan olinadi. Kalava ipning sifati matoning mustahkamligi, silliqdigi, elastikligi va ko'rinishiga bevosita ta'sir qiladi. Shu sababli, ip yigirish jarayoni eng muhim texnologik bosqichlardan biridir. Kalava ip ishlab chiqarish texnologik bosqichlari quyidagilardan iborat:

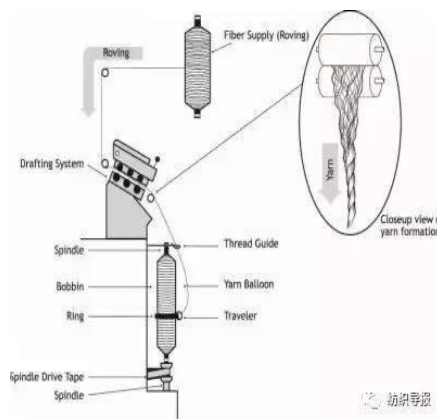
1. Tolani tayyorlash (aralashtirish, tozalash, tarash)
2. Ip yigirish (uzatish, burash, to'qish)
3. Qadoqlash va sifat nazorati

Ammo bugungi kunda ushbu bosqichlar raqamli va avtomatik tizimlar yordamida amalga oshirilmoqda. So'nggi yillarda kalava ip ishlab chiqarishda bir qator ilg'or texnologiyalar joriy etilgan. Ular orasida eng muhimlari quyidagilardir:

Ring (halqali) yigirish texnologiyasi ko'p qirrali yigiruv usuli hisoblanadi (1-rasm). Halqali yigiruv aylanuvchi halqali sayyoh orqali shpal yoki aylanuvchi tolali shpalni chizishni o'z ichiga oladi. Bobin sayohatchiga qaraganda tezroq shamollaydi, ipni nozik ipga aylantiradi. Bu usul turli xil qisqa shtapelli yigirish jarayonlarida, masalan, taroqli, taroqli va aralash yigirishda keng qo'llaniladi. Sayohatchi g'altak yordamida ip ipidan o'tadi va ipni burish uchun po'lat halqa atrofida aylanadi. Halqa halqasidan ishqalanish ipning g'altakdan bir oz sekinroq aylanishiga olib keladi, natijada ip zichroq bo'ladi [3]. Yigiruv tezligi yuqori bo'lib, halqali ip konussimon spiralni hosil qiladi, tolalar asosan ip ichida bir-biriga bog'langan va o'zaro bog'langan. Bu zichlikka olib keladi, yuqori quvvatli ip ip ishlab chiqarish, to'qish va trikotaj uchun javob beradi. Ring Spinning diagrammasi (2-rasm).



1-rasm. Ring yigirish texnologiyasida innovatsion yondashuvi



2-rasm. Halqali yigiruv mashinasida ip hosil bo'lish bosqichlari



3-rasm. Rotor (ochiq uchli) yigirish texnologiyasi



4-rasm. Air-Jet (havo reaktiv) yigirish texnologiyasi



5-rasm. Jet weft



6-rasm. Trokotaj tuqish jarayoni

Rotor (ochiq uchli) yigirish texnologiyasi quyidagicha bo'ladi. 1. Halqa yigirilgan ip deganda halqa yigiruv ramkasida an'anaviy yigirish usuli bilan o'ralgan ip tushuniladi. Ipdagi ichki va tashqi tolalar bir-biriga bog'langan va bog'langan, shuning uchun ipning tuzilishi qattiq va mustahkamligi yuqori. 2. Ochiq uchli ip yuqori tezlikda aylanadigan rotor oqimi maydonida yoki elektrostatik maydonda tolalarning koagulyatsiyasi va buralishi natijasida hosil bo'lgan ipni anglatadi. Ipni burish va o'rash turli komponentlar bilan yakunlanadi, shuning uchun samaradorlik yuqori va xarajat past bo'ladi[3]. Erkin yigiruvning vakili - rotorli yigiruv ip: (OPEN END) rotorli yigiruv deb ham ataladi, u yigiruv idishidagi tolalarni yuqori tezlikda kondensatsiyalash va burish va ularni ipga chiqarish uchun havo oqimidan foydalanadi. Havo oqimining iplari xususiyatlari: ipning tuzilishi halqali ipga qaraganda yumshoqroq, aşınmaya bardoshli, tekislik, yorqin bo'yash, lekin past kuch. U asosan to'qilgan matolarda katta hajmli oddiy mato va nozik kigiz flanellet uchun ishlatiladi. (3-rasm)

Air-Jet (havo reaktiv) yigirish texnologiyasi - bu yuqori tezlikdagi havo oqimi natijasida hosil bo'lgan siqilgan havoni chiqarishdan foydalanish, yangi turdagi to'quv dastgohlarini joriy etishni yakunlash uchun to'quv og'zi orqali to'quv iplarini tortish, hozirgi vaqtda eng tez rivojlanayotgan to'quv dastgohidir(4-rasm). Jet weft - tortish uchun ishqalanish tortishish hosil qilish uchun siqilgan havo oqimini ortiqcha oro bermay ipga yuborish uchun havodan ortiqcha oro bermay qo'zg'atuvchi vosita sifatida foydalanish, to'qmoq mokining og'zi orqali, reaktiv tomonidan ishlab chiqarilgan reaktiv orqali. to'quv qo'zg'atish maqsadiga erishish(5-rasm).

Vortex yigirish texnologiyasi - bu Yaponiyaning Murata kompaniyasi tomonidan ishlab chiqarilgan, havo reaktivini yigirish asosida ishlab chiqarilgan yangi yarim bepul uchirish texnologiyasi. U tolali to'plamlarni ipga o'rash uchun yuqori tezlikda aylanadigan havo oqimidan foydalanadi, bu qisqa jarayon, kam mehnat, yuqori avtomatlashtirish va yuqori mahsuldorlik afzalliklariga ega. Bu XI asrda eng katta ip yigirish texnologiyalaridan biridir. Uyda va chet elda ko'plab olimlar ipni shakllantirish printsipi, ipning tuzilishi va reaktiv vorteksni yigirishning mahsulotini ishlab chiqish bo'yicha ko'p tadqiqotlar olib borishdi, ammo ishlatilgan xom ashyoning aksariyati regeneratsiya qilingan tsellyuloza tolalari bo'lib, ko'krak tuzilishi dizayni kamroq. Yigirma poliestar va paxta tolalarida hanuzgacha muammolar mavjud va Xitoyning reaktiv vorteksli ip yigirish uskunalari importga juda bog'liq. Bundan tashqari, havo reaktivli vorteks ipining chayqalishi va ipning sifatiga atrof-muhit harorati va namligi katta ta'sir ko'rsatadi[4].

O'zbekistonda innovatsion texnologiyalarni joriy etish holati

- "O'zto'qimachilik sanoat" uyushmasi tarkibidagi korxonalarda Germaniya, Yaponiya, Shveysariya, Turkiya va Janubiy Koreya uskunalari keng joriy etilgan.

- BCT Cluster, Uztex, Indorama Kokand Textile kabi yirik korxonalar Air-jet va Vortex tizimlariga asoslangan zamonaviy ishlab chiqarish liniyalarini ishga tushirgan.

- Davlat tomonidan paxtani chuqur qayta ishlashga oid investitsion loyihalar va subsidiyalar taqdim etilmoqda.

Rivojlanish istiqbollari kalava ip ishlab chiqarish quyidagi yo'nalishlarda rivojlanishi kutilmoqda:

- Ekologik toza iplar (biotola, qayta ishlangan polyester) ishlab chiqarish.
- Raqamli ishlab chiqarish liniyalari (Smart Factory) yaratish.

- Energiya tejamkor uskunalarga to'liq o'tish.
- Mahalliy brendlarni yaratish va eksportni kengaytirish.

Xulosa

Xulosa qilganimizda to'qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatida kalava ip ishlab chiqarish sohasida innovatsion texnologiyalarni joriy etish jarayoni jadal rivojlanmoqda. Zamonaviy avtomatlashtirilgan yigirish mashinalari, raqamli nazorat tizimlari, energiya tejamkor texnologiyalar hamda ekologik toza xom ashyolardan foydalanish ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga xizmat qilmoqda. Innovatsion texnologiyalar yordamida ishlab chiqarilayotgan kalava iplar sifat jihatidan yaxshilanib, ularning mustahkamligi, elastikligi va gigiyenik xususiyatlari yuqori darajaga yetmoqda. Shu bilan birga, chiqindisiz ishlab chiqarish tizimlarini yaratish, qayta ishlangan tolalardan ip olish va raqamli monitoring tizimlarini tatbiq etish sanoatning barqaror rivojlanishini ta'minlamoqda.

Adabiyotlar

- [1]. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 20-maydagi "To'qimachilik va tikuv-trikotaj sanoatini rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-253-son qarori.
- [2]. G'ulomov, R., Xodjayeva, N. Kalava ip ishlab chiqarish texnologiyasi. – Toshkent: "Fan va texnologiya", 2021.
- [3]. To'xtayev, S., va boshq. To'qimachilik materiallari texnologiyasi. – Toshkent: O'zbekiston Milliy universiteti nashriyoti, 2019.
- [4]. Shermatov, B. Tikuvchilik va trikotaj mahsulotlari ishlab chiqarish asoslari. – Toshkent: TDTTU nashriyoti, 2020.
- [5]. Internet manbalar:
- [6]. www.textile.uz (<http://www.textile.uz/>) – O'zbekiston to'qimachilik va tikuv-trikotaj sanoati uyushmasi rasmiy sayti.
- [7]. www.fibre2fashion.com (<https://www.fibre2fashion.com/>) – Jahon to'qimachilik yangiliklari portali.
- [8]. www.innovation.uz (<http://www.innovation.uz/>) – O'zbekistonda innovatsion texnologiyalar yangiliklari.

РАЗРАБОТКА АНТИКОРРОЗИОННЫХ КОМПОЗИЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ НА ОСНОВЕ ОТЕЧЕСТВЕННОГО СЫРЬЯ

Ш.Г. Рубидинов

*Ферганский государственный технический университет
(Получена 06.04.2026 г.)*

В данной статье приведены результаты исследований по разработке антикоррозионных композиционных покрытий на основе местного сырья и полимерных добавок для защиты от коррозии оборудования химической промышленности.

Ключевые слова: кислотоупорные материалы, порфирит, волластонит, жидкое стекло, химическая устойчивость, микроструктура, агрессивная среда, жидкая фаза, химические соединения, гель кремневой кислоты.

This article presents the results of research on the development of anticorrosive composite coatings based on local raw materials and polymer additives for corrosion protection of chemical industry equipment.

Key words: acid-resistant materials, porphyrite, wollastonite, liquid glass, chemical stability, microstructure, aggressive medium, liquid phase, chemical compounds, silicic acid gel.

Ушбу мақолада кимё саноати ускуналарини емирилишдан сақлаш учун маҳаллий хомашёлар ва полимер қўшимчалар асосида антикоррозион қопламаларни олиш бўйича изланиш натижалари келтирилган.

Калим сўзлар: кислотабардош материал, порфирит, волластонит, суюқ шиша, кимёвий бардошлилик, микроструктура, агрессив муҳит, суюқ фаза, кимёвий бирикма, кремний кислотаси гели.

В химической, нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности республики придается большое значение вопросам надежной и безопасной эксплуатации оборудования, работающих в условиях воздействия сильноагрессивных сред. Актуальность

обеспечения безопасной эксплуатации их обусловлена тем, что негативные тенденции старения и изношенности оборудования продолжают сохраняться и, соответственно, отрицательно сказываются на условиях безопасной эксплуатации производств, и это нередко приводит возникновению аварийных ситуаций вследствие коррозии или деструкции конструкционных материалов

Известно, что проницаемость материалов обусловлена, прежде всего, присутствием трещин и каналов размерами 0,005-1 мм, вызванных интенсивным сжатием геля в период его вызревания. Для повышения непроницаемости необходимо выделяемую дисперсную жидкую фазу стабилизировать от возможных процессов агрегации. Показано, что именно активные органические добавки, благодаря наличию полярных групп, могут связываться с коллоидными частицами жидкого стекла и стабилизировать их в присутствии отвердителей. Стабилизация обеспечивается гидрофобным характером молекул органических веществ и повышением pH жидкой фазы. Эффект стабилизации приводит к образованию структуры с большой поверхностью и получению композиционных материалов с высокими показателями непроницаемости, прочности, коррозионной стойкости. Установлено, что активные органические добавки за счет связывания («сшивания») коллоидных частиц создают условия для их конденсационной полимеризации.

Выделены основные условия, определяющие эффективность применения органических добавок в составе связующего: совместимость с жидким стеклом, активность, определяемая способностью образовывать прочные структуры. Физико-химическими методами были изучены некоторые особенности процесса твердения порфиритовой композиции в агрессивных средах [1].

С целью улучшения строительных свойств кислотоупорной замазки и получение на их основе растворов и бетонов в данном разделе диссертации нами изучалось влияние полимерных добавок из отходов производства. Полимерные добавки ряда предельных углеводородов (ГКЖ, фуриловый спирт, фурановая смола) хорошо сочетаются с жидким стеклом, образуя устойчивую, в кислых средах в течении длительного времени, композицию.

Присутствие добавок кремнийорганических соединений, хотя несколько замедляют процесс структурообразования в начале твердения, но, с увеличением срока хранения за счет декарбонизации при твердении компенсируют замедление [2].

ГКЖ -94 - полигидросилоксановая жидкость, имеющая воздухововлекающими, пластифицирующими свойствами, ускоряет твердение, повышает прочность и долговечность.

Спирт, выделившийся из фурилового спирта и фурановой смолы снижает поверхность натяжения на грамм масс-воздуха, действует как воздухововлекающий агент. Этот фактор, должно быть, и приводит к значительному повышению коррозионностойкости композиции.

Нами было изучено влияние состава полимерных добавок (ГКЖ, фуриловый спирт, фурановая смола) на процессы гидратации структурообразования замазки, а также на его химическую устойчивость в агрессивных средах.

Агрессивными средами служили кислоты на растворимом основании, которые образуются при варке сульфитной целлюлозы. Были подготовлены растворы на натриевом и аммониевом основаниях.

При введении добавки ГКЖ значительно увеличивается механическая прочность и химическая стойкость как порфиритовой, так и порфирито-волластонитовой композиции. Повышение указанных показателей наблюдается при введении 3% фурановой смолы в кислоте на растворимом натриевом основании в ранние сроки твердения. Так порфиритовая композиция имеет следующие данные: 180 суток – 28 МПа и КС=1,02; 360 суток- 30МПа, КС=1,02; а порфирито-волластонитовая соответственно 27МПа, КС=0,9; 28МПа и КС= 1,02. С увеличением срока хранения лучшие показатели достигнуты с добавкой ГКЖ 360 суточного возраста. С добавкой ГКЖ через 360 суток хранения прочность образцов порфирито-волластонитового состава составляет 29,0 МПа и КС= 1,03, а в растворе на основе растворимого аммония порфиритовая и порфирито-волластонитовая композиция

имеют высокие показатели прочности и коэффициент стойкости больше 1. порфиристо-волластонитовая композиция в данном растворе имеет прочность через 360 суток 36,5 МПа, $KC=1,32$.

Фазовый состав композиции был изучен рентгенографическими, термографическими методами анализа.

На рентгенограммах образцов из порфиристовой композиции, хранившийся в растворе кислоты на натриевом и аммониевом основаниях наблюдаются сильная интенсификация линий плагиоклаза ($d = 0,381; 0,318$ нм) и кварца ($d = 0,421; 0,333$ нм) При введении волластонита эти линии несколько размыты и менее интенсивны.

На рентгенограммах порфиристовой и порфиристо-волластонитовых композиций, хранившихся в растворе кислоты на аммониевом основании интенсифицируются межплоскостные расстояния, характерные β - кварцу ($d = 0,421; 0,333$ нм) и плагиоклазу ($d = 0,381; 0,318$ нм).

На термических кривых порфиристовых композиций (рис. 1.), хранившихся в воде, наблюдается расплывчатый экзоэффект при 670°C . В растворе на аммониевом основании на кривых появляется экзотермический эффект при 680°C . А в растворе на натриевом основании экзотермический эффект появляется при температуре 620°C . Появление указанных экзотермических эффектов, вероятно, объясняется разрывом связи Si-C и Si-O в цепи полисилоксанов

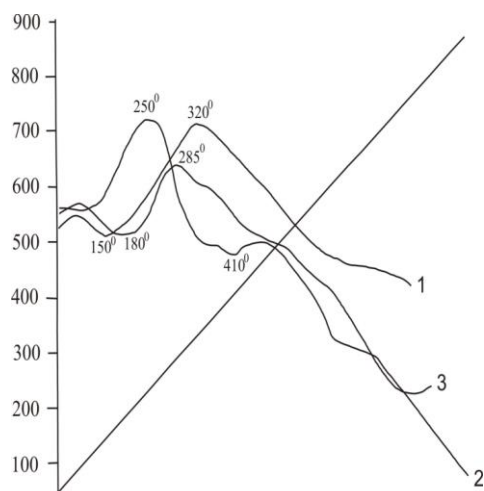


Рис. 1. Дифференциальные кривые нагревания порфиристовой композиции с ГКЖ, твердевшие: 1 - в H_2O ; 2 – в растворе $(\text{NH}_4)_2\text{O} + \text{SO}_2$; 3 – в растворе $\text{Na}_2\text{O} + \text{SO}_2$.

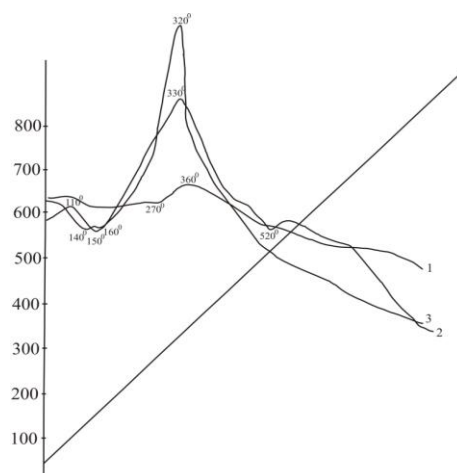


Рис. 2. Дифференциальные кривые нагревания порфиристо-волластонитовой замазки с ГКЖ, твердевшие: 1 - в H_2O ; 2 – в растворе $(\text{NH}_4)_2\text{O} + \text{SO}_2$; 3 – в растворе $\text{Na}_2\text{O} + \text{SO}_2$.

При низких температурах начинается незначительная деструкция, с повышением температуры происходит интенсивный распад полимера с разрывом связи Si-C, как менее энергетически устойчивой. Для разрыва связи Si-O требуется преодолеть значительный энергетический барьер. В нашем случае разрушение этой связи идет очень интенсивно при температуре $680\text{--}700^{\circ}\text{C}$.

Термограмма порфиристо-волластонитовой композиции (рис.2) имеет совершенно иную картину: в растворе на натриевом основании имеется незначительный экзоэффект при 550°C , связанный с дегидратацией CaCO_3 ; в растворах сульфитной целлюлозы наблюдается интенсивный экзотермический эффект при 850°C и 980°C , появление которого связано с декарбонизацией CaCO_3 . эндоэффекты при $140\text{--}200^{\circ}\text{C}$, соответствуют удалению химически связанной воды из гелеобразных продуктов.

Присутствие добавок кремнийорганических соединений, хотя несколько замедляют процесс структурообразования в начале твердения, однако, замедляющее действие компенсируется за счет ускорителя твердения - Na_2SiF_6 , что позволяет получить гидрофобно-

газовыделяющийся состав, который вероятно, и приводит к значительному повышению коррозионной стойкости в средах варочных кислот порфириновой композиции.

Результаты показали удовлетворительную механическую прочность в воздушно-сухих условиях, повышающийся с увеличением времени твердения (табл. 1.).

Таблица 1.

Механическая прочность и КС полимерной композиции

Время выдержки в средах, час	Предел прочности образцов при сжатии, МПа и КС (коэффициент стойкости)						
	На воздухе	В воде		В агрессивной среде			
				В растворе Na ₂ O+SO ₂		В растворе (NH ₄) ₂ O+SO ₂	
		R _{сж}	КС	R _{сж}	КС	R _{сж}	КС
240	30	15	0,5	20	1,3	21	1,4
480	38	21	0,55	23	1,09	25	1,09
720	46	28	0,6	30	1,07	31	1,09

Для повышения прочностных свойств обычно применяют тепловую и гидротермальную обработки. В работе исследовано влияние тепловой обработки, при этом придерживались такого режима, чтобы в различных слоях материала не образовывались значительные внутренние напряжения.

Тепловую обработку проводили в сушильном шкафу при свободном выходе пара при температуре 40⁰С, скорость подъёма 20 град/час. Изотермическая выдержка при конечной температуре 6 час.

Показатели образцов, подвергнутых тепловой обработке значительно выше показателей образцов без термообработки. Механическая прочность и коэффициент химической стойкости с течением времени повышаются за счёт продолжающейся гидратации (табл. 2.).

Таблица 2.

Механическая прочность и КС полимерной композиции, подвергнутой тепловой обработке

Время выдержки в средах, час	Предел прочности образцов при сжатии, МПа и КС (коэффициент стойкости)						
	В воздухе	В воде		В агрессивной			
				В растворе Na ₂ O+SO ₂		В растворе (NH ₄) ₂ O+SO ₂	
		R _{сж}	КС	R _{сж}	КС	R _{сж}	КС
240	60	57	0,95	67	1,17	69	1,21
480	72	63	0,87	74	1,17	72	1,14
720	83	79	0,95	88	1,12	90	1,14

Установлено, что прочность на сжатие термообработанной полимерной композиции высокая, и обусловлено прочностью сцепления в отдельных агрегатах, образующихся при флокуляции частиц композиции, локальным исчезновением поверхностных гидратных оболочек и усилением прочности контактов между флокулируемыми частицами по гидрофобизированным участкам.

Тепловая обработка снижает водопоглощаемость, уплотняет структуру композиции на жидком стекле, и положительно сказывается на повышении водостойкости и механической прочности.

Фазовый состав композиции исследовали рентгенографическим методом анализа. На рентгенограммах фиксируются линии: кварца (d= 0,421; 0,334; 0,231; 0,212; 0,197 нм); биотита (d=0,375; 0,262; 0,230 нм); альбита (d= 0,256; 0,244 нм).

Дифрактограммы полимерной порфиритовой композиции, гидратированной от начала затворения до 720 часов обнаруживают линии кварца, альбита, биотита. Интенсивность этих линий с увеличением времени твердения имеют различный характер. Так, линии альбита и биотита со временем расплываются, что объясняется частичным растворением добавки в жидком стекле, это сопровождается коагуляцией компонентов, входящих в состав композиции и образованием в основном геля кремневой кислоты.

Дифрактограммы композиций, твердевшей в растворе варочных солей, идентифицируют в основном линии негидратированных составляющих композиции. Наблюдается появления новообразований в виде гидратных соединений состава $\text{SiO}_2 \cdot \text{NaF} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$.

Наличие линий безводных соединений в гидратированных препаратах следует трактовать как присутствие в замазке непрореагировавших соединений с растворами питательных солей, а увеличение интенсивности линий как ускорение процесса кристаллизации.

Были изучены физико-механические и химические свойства полученной замазки (табл. 3), которые отвечают требованиям на антикоррозионные силикатные материалы на основе жидкого стекла.

Таблица 3.

Физико-механические и химические свойства замазки

№	Наименование показателей	Значения
1	Плотность, г/см ³	1,8
2	Кислотостойкость в варочной кислоте, %	93,43
3	Предел прочности при сжатии, МПа	25-36
4	Адгезия к керамическим плиткам, МПа	2,5-2,7
5	Коэффициент линейного расширения, 10 ⁻⁶ С ⁻¹	(16-28)·10 ⁻⁶
6	Водопроницаемость при 1,0 МПа	Непроницаема в течении 24 часов
7	Время схватывания при 20-25 ⁰ С, мин.	60

Таким образом, можно сделать вывод, что разработанный нами антикоррозионный композиционный материал имеет высокую прочность и химическую устойчивость в агрессивных средах и его можно использовать в качестве антикоррозионной защиты для оборудования химической промышленности.

Список литературы

- [1]. Бородин И.А. Полимерные композиционные материалы на основе природных минералов и ортофталевой полиэфирной смолы / Бородин И.А., Козик В.В., Бородин Л.П. // Доклады IX мединар. конф. «Физико-химические процессы в неорганических материалах», Кемерово, 2004. – С.487-488.
- [2]. Иванов, М.Ю. Особенности формирования структуры и свойств модифицированной жидкостекляной композиции / М.Ю. Иванов // Системы. Методы. Технологии. – 2013. – № 3 (19). – С. 156-163.

UDK: 629.33:658.562

MAHALLIYLASHTIRISH SHAROITIDA AVTOMOBIL YIG'UV SEXLARIDA BUTLOVCHI QISMLAR NUQSONLARINI TAHLIL QILISH VA ISHLAB CHIQRARISH BARQARORLIGINI TA'MINLASH USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH

К. Yo'ldoshev

Jizzax politexnika instituti

* Muallif yozishmalar uchun, elektron pochta: komronyoldoshev@gmail.com
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya: Avtomobilsozlik sanoatida komponentlar ishlab chiqarishning asosiy muammolari komponentlarning past sifati, ko'p sonli nosozliklar va keyinchalik shikoyatlar sonidir. Avtomobil

komponentlarining sifati sanoat 4.0 kontekstida SMART Factory 4.0 da avtomatlashtirilgan ishlab chiqarish uchun zarur shartdir. Shikoyatlarni boshqarish avtomobilsozlik sanoatida muhim sohadir. Ushbu maqolaning asosiy maqsadi CRM tizimining ahamiyatini va avtomobilsozlikda shikoyatlarni boshqarishning ahamiyatini ko'rsatishdir, bu esa komponentlarni ishlab chiqarish jarayonining sifatini yaxshilaydi, shu bilan birga kirish materiallari sifatini - materiallar sifatini, inson omilining sifatini va komponentlar bilan bog'liq holda ko'rsatiladigan xizmatlar sifatini yaxshilaydi. Avtomobil qismlarini ishlab chiqarishga ixtisoslashgan ushbu tadqiqotning mavzusi sifatida Slovakiya kompaniyasi tanlandi. Tadqiqot usullari QRQC usuli, FMEA usuli, Ishikava diagrammasi va Pareto tahlili va Lorenz egri chizig'i kabi iqtisodiy tahlil va sifatni boshqarish vositalaridan foydalanishga qaratilgan. Ushbu maqolada avtomobil komponentlari haqidagi shikoyatlar natijalari keltirilgan: transport vositalaridagi qulflash to'plamlari. CRM tizimi va boshqa tizimlarni joriy etish mijozlar shikoyatlarini hal qilish uchun zarur shartdir.

Kalit so'zlar: Avtomobil komponentlari, shikoyatlar, sifat

Аннотация: Основными проблемами производства комплектующих в автомобильной промышленности являются низкое качество комплектующих, большое количество дефектов и, как следствие, количество жалоб. Основная цель этой статьи - показать важность CRM-системы и важность управления жалобами в автомобильной промышленности, которая улучшает качество процесса производства компонентов, одновременно улучшая качество входных данных - качество материалов, качество человеческого фактора и качество услуг, предоставляемых в связи с компонентами. В качестве объекта исследования была выбрана словацкая компания, специализирующаяся на производстве автозапчастей. Методы исследования сосредоточены на использовании инструментов экономического анализа и управления качеством, таких как метод QRQC, метод FMEA, диаграмма Исикавы, анализ Парето и кривая Лоренца. Методы исследования сосредоточены на использовании инструментов экономического анализа и управления качеством, таких как метод QRQC, метод FMEA, диаграмма Исикавы, анализ Парето и кривая Лоренца. В статье представлены результаты рассмотрения жалоб на автомобильные комплектующие: стопорные комплекты в транспортных средствах. Внедрение CRM-системы и других систем является необходимым условием для решения жалоб клиентов.

Ключевые слова: Автомобильные компоненты, жалобы, качество

Annotation: The main problems in the automotive industry with component manufacturing are low component quality, a large number of defects, and a subsequent number of complaints. The quality of automotive components is a prerequisite for automated production in the SMART Factory 4.0 in the context of Industry 4.0. Complaint management is an important area in the automotive industry. The main purpose of this article is to show the importance of the CRM system and the importance of complaint management in automotive industry, which improves the quality of the component production process, while improving the quality of input materials - the quality of materials, the quality of the human factor and the quality of services provided in connection with components. A Slovak company specializing in the production of automotive parts was chosen as the subject of this study. The research methods focus on the use of economic analysis and quality control tools such as the QRQC method, FMEA method, Ishikawa diagram, and Pareto analysis and Lorenz curve. This article presents the results of complaints about automotive components: locking kits in vehicles. The implementation of a CRM system and other systems is a prerequisite for resolving customer complaints.

Keywords: Automotive components, complaints, quality

Kirish. Factory 4.0 ning ma'nosi ishlab chiqarish jarayonlariga kiradigan avtomobil komponentlarining sifatiga qaratilgan o'zaro bog'liq va aqlli ishlab chiqarish konsepsiyasini o'zida mujassam etadi. Factory 4.0 yechimi operatsiyalarni, ulanishni, monitoringni, yig'ishni va ma'lumotlarni tahlil qilishni sozlash va raqamlashtirish imkonini beradi. Aqlli Factory 4.0 strategiyasining asosiy ustunlari innovatsiya, chaqqonlik, samaradorlik va xavflarni boshqarishdir. Aqlli Factory 4.0 strategiyasining ushbu asosiy ustunlari ham shikoyatlarni boshqarishning bir qismidir. Avtomobil komponentlarini ishlab chiqarishdagi muammolar har doim yetkazib beruvchilar, mijozlar va kompaniyalar rahbariyati uchun to'siq bo'lib kelgan. Avtomobil komponentlari bilan bog'liq muammolar past unumdorlik, sifatsizlik va yuqori xarajatlarni keltirib chiqaradi va mijozlarning yo'qolishiga olib keladi. Aichouni va boshqalar (2025) avtomobil komponentlari bilan bog'liq muammolar turli innovatsion usullar va doimiy takomillashtirishning yaxshi yo'lga qo'yilgan metodologiyalariga amal qilish orqali oldini olish kerakligini ta'kidladilar. Avtomobilsozlik sanoatida, ayniqsa muhim jihat yetkazib beruvchilar va mijozlarni ta'minot

zanjiriga integratsiya qilishdir. Behrens va boshqalar (2007) avtomobil komponentlari bilan bog'liq shikoyatlar shikoyatlarni boshqarish xodimlari tomonidan yuqori darajada shoshilinchlik va aniqlik bilan ko'rib chiqilishi kerakligini ta'kidladilar .

Aksoy, Yilmaz (2022) raqobatbardoshlikdagi barqaror ustunlik mijozlarga yo'naltirilganligini ta'kidladilar. Kompaniyalar mijozni barcha faoliyatning markaziga qo'yishlari kerak. Kompaniyalar mahsulot va xizmatlarni taklif qilish va mijozlarning qoniqishini ta'minlash orqali mijozlarning sadoqatini yaratishlari kerak. Mijozlar qoniqishini ta'minlashning asosiy elementi mijozlarning shikoyatlarini samarali ko'rib chiqishdir . Phanden va boshqalar (2025) qoniqish mijozlarning qondirilmagan kutganlari va qondirilmagan ehtiyojlaridan noroziligini og'zaki yoki yozma ravishda bildirishlari bilan belgilanadi, deb ta'kidladilar .

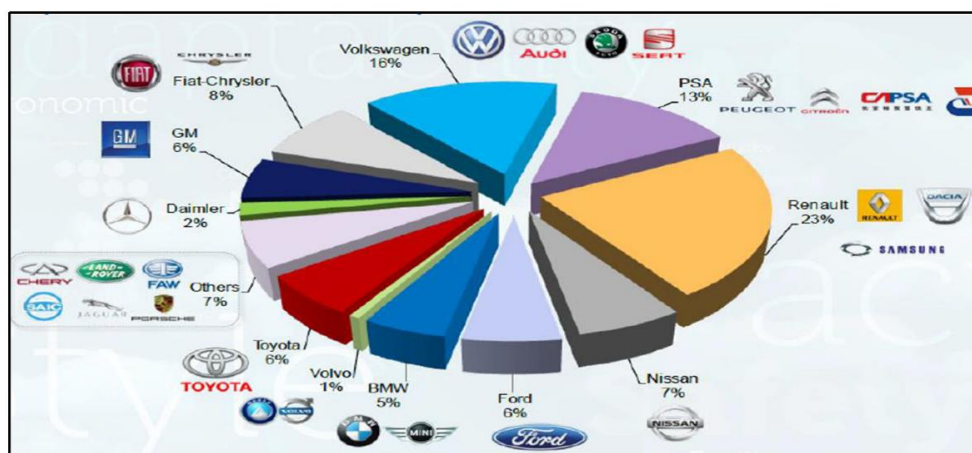
Muammolarni hal qilish usullari operatsion samaradorlikka ta'sir qiladi, materiallar isrofini kamaytiradi, ishlab chiqarishning izchilligini yaxshilaydi, samaradorlikni oshiradi, ishlab chiqarish tsiklini yaxshilaydi va moliyaviy manbalarni ko'paytiradi . Hozirgi vaqtda avtomobilsozlik sanoatida va ayniqsa avtomobil komponentlari va ehtiyot qismlari sohasida ishlab chiqarish jarayonlari mahsulot sifati nuqtai nazaridan yuqori darajada nazorat qilinadi va avtomobil komponentlari va ehtiyot qismlari xaridorlarining talablaridagi o'zgarishlar tezroq sur'atlarda sodir bo'lmoqda. Shikoyatlarni boshqarishga e'tibor qaratish uchun avtomobil komponentlarini ishlab chiqarish jarayonini muvaffaqiyatli boshqarish zarur. Shikoyatlar ishlab chiqarish sifatiga ta'sir qiladi va sifatsizligi tufayli mijozlarning qoniqishini pasaytiradi.

Ushbu tadqiqot avtomobil komponentlarini ishlab chiqarishga ixtisoslashgan va avtomobil sanoatida katta bozor ulushiga ega bo'lgan Slovakiya ishlab chiqarish kompaniyasida amalga oshirildi. Ushbu tadqiqotning bir qismi sifatida biz yetkazib beruvchidan avtomobil qismlariga oid shikoyatlarni hal qilishga qaratilgan tadqiqot savollarini qo'ydik. Tadqiqot savollari quyidagicha aniqlandi:[1]

1-savol: Mahsulot portfelidagi qaysi avtomobil qismlari mijozlar uchun juda muhim?

2-savol: Muhim komponent bo'yicha nechta shikoyat qayd etildi?

Tadqiqot savollari ushbu maqolada tahlil qilindi. Kompaniya keng mijozlar bozori uchun avtomobil komponentlarini taklif qiladi va uning avtomobil komponentlarining eng yuqori ulushini Renault (23%), Volkswagen (16%) va Peugeot (13%) kabi avtomobil kompaniyalari sotib oladi. Muhim mijozlar qatoriga Toyota, BMW, Ford, Nissan va boshqa avtomobil kompaniyalari ham kiradi (**1-rasm**). Avtomobil komponentlarini ishlab chiqarishda sifatni oshirish siyosati ishlab chiqarish va mijozlarning qoniqishida muhim rol o'ynaydi. Global 8D metodologiyasi Industry 4.0 da innovatsion usul bo'lib, turli ishlab chiqarish jarayonlarida qo'llaniladi. Ushbu usul, Global 8D, barcha surunkali muammolarni hal qiladi. Global 8D - bu "asosiy sabablar" bilan bog'liq muammolarni aniqlash va hal qilish uchun ishlatiladigan intizomli jarayon. Bu usul mijozlarning qoniqishi muammolariga ta'sir qiladi va kafolat xarajatlarini kamaytirishga yordam beradi.



1-rasm. Avtomobilsozlik kompaniyalarining bozor ulushi — mijozlar portfeli. Ichki hujjatlar.

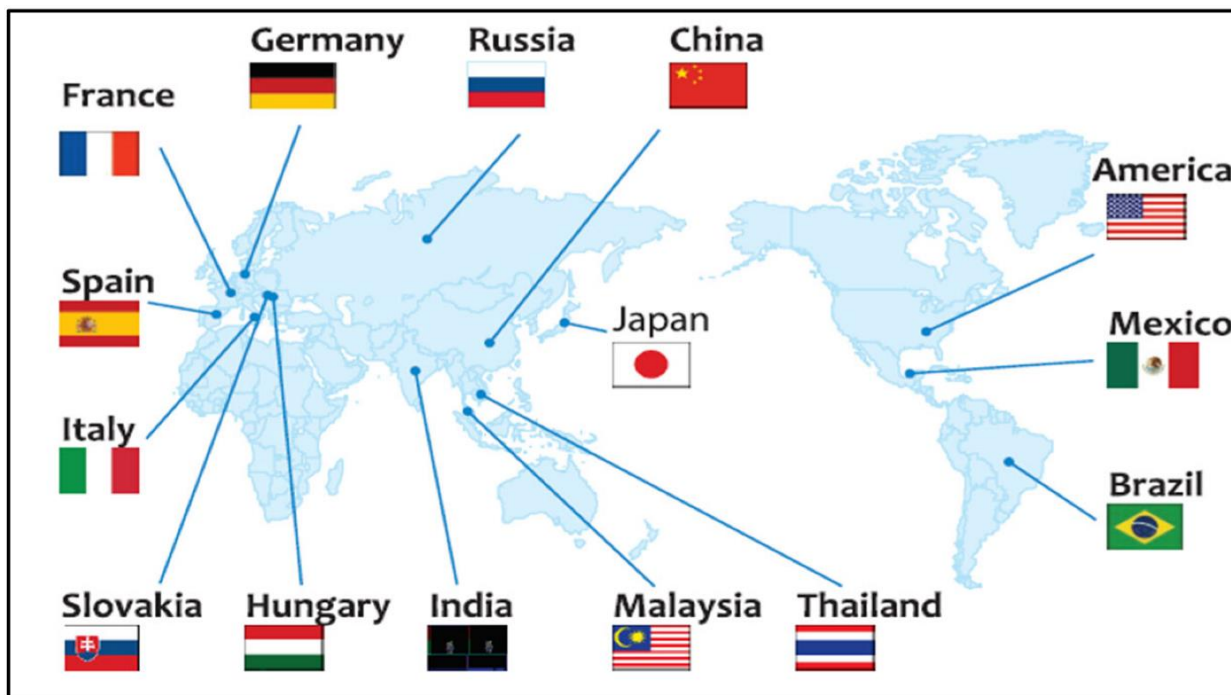
2 .Adabiyotlar sharhi.

Avtomobilsozlik sanoatida avtomobil komponentlarini ishlab chiqarish sifatini oshirish va yaxshilash integratsiyalashgan boshqaruv tizimiga asoslangan. Ushbu integratsiyalashgan tizim ISO 9001:2016 standartiga muvofiq sifat tizimini, ISO 14001:2016 atrof-muhitni boshqarish tizimini va ISO 45001:2019 standartiga muvofiq mehnat xavfsizligi va xavfsizligi tizimini o'z ichiga oladi. Sourdin va boshqalar (2025) samarali shikoyatlarni boshqarish yetkazib beruvchilar va mijozlar bilan munosabatlarni ta'minlash, xarajatlarni kamaytirish va xizmat ko'rsatish jarayonini takomillashtirish imkoniyatini beruvchi bir qator afzalliklarni taqdim etishini ta'kidladilar. Ushbu afzalliklar kompaniyalar uchun investitsiyalarning daromadlilikini (ROI) va moliyaviy sohada afzalliklarni keltirib chiqaradi . Ngai va boshqalar (2007) shikoyat - bu bezovta mijoz yoki iste'molchining mahsulot, xizmatlar va tashkilotning harakatlari haqidagi salbiy ifodasi ekanligini aytishdi . Tronvoll (2007) ga ko'ra, bu bezovta shaxs tomonidan amalga oshiriladigan harakat bo'lib, u mahsulot yoki xizmat haqida kiruvchi yoki qabul qilib bo'lmaydigan narsani etkazishni o'z ichiga oladi . Shikoyatlar mijozlarning mahsulot va xizmatlardan noroziligining isbotidir. Shikoyatning oddiy ta'rifi Oksford lug'atlarida "bu biror narsaning qoniqarsiz yoki qabul qilinmasligi haqidagi bayonotdir". Shikoyatlarni boshqarish - bu kompaniyalar mijozlarning muammolarini tizimli ravishda hal qilish jarayonidir. Hansen va boshqalarning (2010) fikriga ko'ra, u mijozlarning shikoyatlarini qabul qilish, so'roq qilish, hal qilish va oldini olishni o'z ichiga oladi . Bu hodisa juda muhim, chunki shikoyatlar hech qachon ijobiy qabul qilinmagan. Kompaniyalar shikoyatlarni ro'yxatga olmaydilar; shuning uchun bu mijozlar orasida ko'proq norozilikka sabab bo'ladi. Samarali shikoyatlarni boshqarish tizimi zaruratdir . Shikoyatlarni boshqarish turli sohalar uchun muhim faoliyatdir. Shikoyatlarni boshqarish raqamlashtirish, sifat va optimallashtirish doirasidagi Sanoat 4.0 konsepsiyasining ustuvor yo'nalishi hisoblanadi. Samarali shikoyatlarni boshqarish tizimlarining asosiy maqsadi daromadlarni oshirish va xarajatlarni kamaytirish hamda CRM tizimlari (Mijozlar bilan munosabatlarni boshqarish) kabi aqlli boshqaruv tizimlaridan foydalanish orqali foydani oshirishdir .[2]

Shikoyatlar mijozlar yoki xodimlarni qoniqtirish va mahsulotlar, jarayonlar va kirishlarni yaxshilash orqali moliyaviy ko'rsatkichlarni yaxshilaydigan to'g'ri oqibatlarni keltirib chiqaradi . Moliyaviy foyda kompaniya uchun qo'shimcha qiymat yaratadi. Samarali shikoyat jarayoni xodimlar va mijozlar uchun juda yaxshi bo'lishi mumkin . Shikoyatlardan maksimal foyda olish deganda, yaxshilanishga qaratilgan samarali shikoyatlarni boshqarish jarayonlariga ega bo'lish tushuniladi . Marketing strategiyasi nuqtai nazaridan mijozlar shikoyatlarini boshqarish modeli ishlab chiqilgan. Mikro omillarga asoslanib, firmalarning mijozlar shikoyatlarini boshqarishga bo'lgan rag'batlari tahlil qilinadi . Shikoyatlarni hal qilishning innovatsion usullari kompaniyalarga ta'sir ko'rsatadi. Ushbu usullar operatsion samaradorlikni oshiradi, material isrofini kamaytiradi, ishlab chiqarishdagi izchillikni yaxshilaydi, ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi, ishlab chiqarish sikli vaqtini yaxshilaydi va oxir-oqibat foydani oshiradi. Boshqaruv vositalari va 8D bilan Reja-Do-Tekshirish-Amal qilish siklini (PDCA) qo'llash ishonchli yechimlarga erishishga va ishlab chiqarish jarayonlarining sifatini oshirishga yordam beradi . Mijozlar qoniqishi vositachiligida brend imidji xarid qaroriga ta'sir qiluvchi omil hisoblanadi . Boshqa boshqaruv xulosasi shundaki, avtomobilsozlik sanoati mahsulot sifatini boshqarishi va sifat bilan bog'liq muammolarni hal qilish uchun bu jihatni mijozlar bilan bog'lashi kerak . Avtomobil komponentlarining sifati transport vositalarining ishonchliligi, obro'si, mijozlarning sadoqati va kafolat xizmatlari narxida muhim rol o'ynaydi . Avtomobil sifati iqtisodiyoti asosiy komponentlarning profilaktik yaxshilanish strategiyasi orqali hal qilinadi . Avtomobil kompaniyalari shikoyatlarning operatsion qiymatini e'tiborsiz qoldiradilar. Shikoyat jarayonlari muammolarning qaytalanmasligini ta'minlash o'rniga mijozlarni tinchlantirishga qaratilgan . Moliyaviy ko'rsatkichlar va shikoyatlar bir-biri bilan bog'liq. Muhim omillar qoniqish, mijozlarni saqlab qolish, jarayonlarni takomillashtirish, xodimlarning munosabati va xodimlarni saqlab qolishdir . Amaliyotda shikoyatlarni samarali boshqarish uchun bir nechta omillar aniqlangan. Bularga aniq protseduralarga ega bo'lish; tezkor javob berish; javobning ishonchliligi (izchilligi); shikoyat qiluvchilar uchun yagona aloqa nuqtasiga ega bo'lish; va shikoyatlar jarayoniga kirishning osonligi kiradi [3].

Materiallar va usullar

Tadqiqotning asosiy tadqiqot obyekti avtomobilsozlik sanoatida faoliyat yurituvchi kompaniya edi. Ushbu kompaniya avtomobil komponentlarini ishlab chiqarishga ixtisoslashgan. Axborot resurslari texnik hujjatlar, ichki hujjatlar va moliyaviy buxgalteriya hisobotlaridan olingan. Ishlab chiqarish kompaniyasi Meksika, Braziliya, Amerika, Yaponiya, Malayziya, Tailand, Hindiston, Xitoy, Rossiya va Yevropada faoliyat yuritadi; shuning uchun u avtomobilsozlik sanoatida avtomobil komponentlarini ishlab chiqarish sohasida muhim kompaniya hisoblanadi (2-rasm). Ishlab chiqarish kompaniyasi 15 mamlakat uchun avtomobil komponentlarini ishlab chiqaradi [4].



2-rasm. Bosh kompaniyaning butun dunyo bo'ylab bo'linmalari. Ichki hujjatla.

4. Natijalar

Tadqiqot mijozlarning past sifatli avtomobil komponentlaridan noroziligi tufayli shikoyatlarni ko'rib chiqish jarayoniga qaratilgan edi. Ob'ekt Slovakiyadagi avtomobil komponentlarini ishlab chiqarish bilan shug'ullanadigan avtomobil kompaniyasi edi. Butun tadqiqot past sifatli avtomobil komponentlarining asosiy sababini aniqlash va mijozlarga foyda keltiradigan yechimlarni topishga qaratilgan edi. Ushbu tadqiqotda biz tadqiqot savollariga javob berishni xohladik:

1-savol: Mahsulot portfelidagi qaysi avtomobil qismlari mijozlar uchun juda muhim?

2-savol: Muhim komponent bo'yicha nechta shikoyat qayd etildi?

3-savol: Muhim komponentlarning sifatsizligining sabablari nimada?

4-savol: Qaysi omillar ishlab chiqarishga sezilarli ta'sir ko'rsatadi?

Ushbu tadqiqot savollari bosqichma-bosqich hal qilindi.

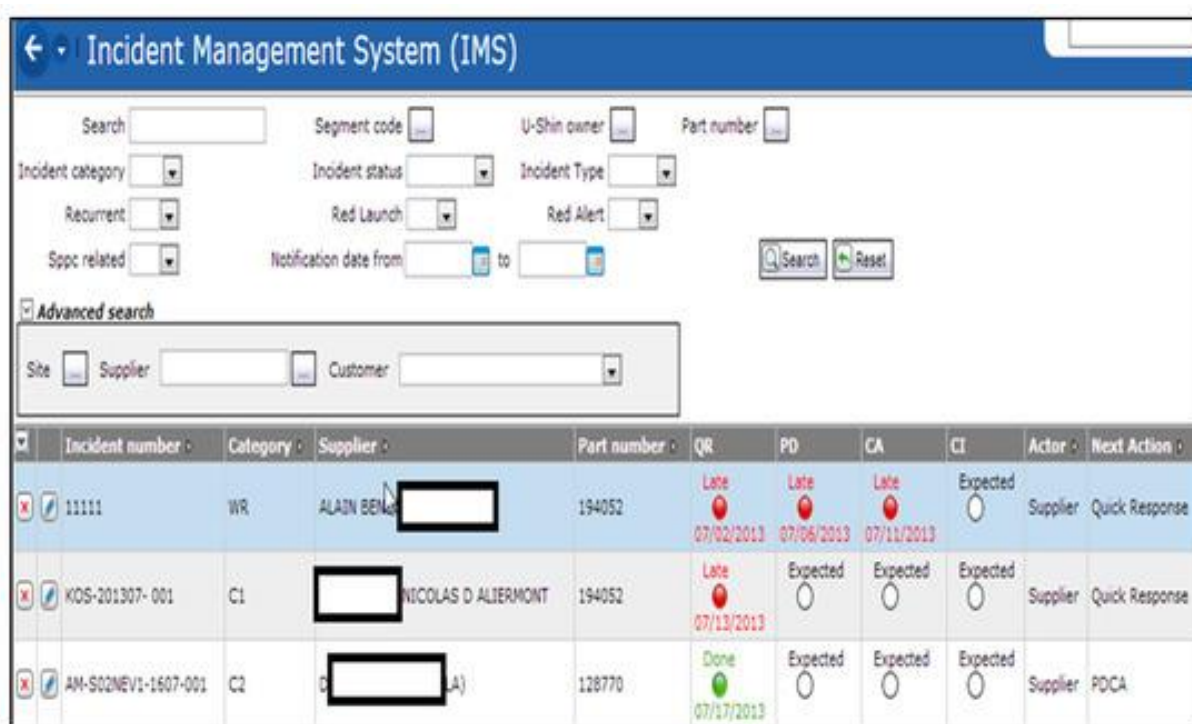
Avtomobil komponentlari - eshik qulfi bilan bog'liq muammoni hal qilish bo'yicha butun tadqiqot sifatli asboblarni metodologiyasiga asoslangan edi.

Tadqiqotning birinchi bosqichida mijoz tomonidan ishlab chiqarilgan past sifatli mahsulotlarni aniqlash uchun QRQC (Tezkor javob sifatini nazorat qilish) usulidan foydalandik. Birinchi savolga javob oldik: 1-savol: Mahsulot portfelidagi qaysi avtomobil qismlari mijozlar uchun juda muhim? Muhim portfel qulflar, tutqichlar va qulflar edi.

Biz nosoz komponentlar (NOK) sonini tahlil qilamiz. Ikkinchi savolga javob oldik: 2-savol: Muhim komponent bo'yicha nechta shikoyat qayd etilgan? 2018-yilda muhim komponentlar o'n sakkizta bo'lgan, 2025-yilda esa hozirda to'qqizta muhim komponent mavjud.

5. Munozara

Shikoyatlarni boshqarish tizimi past sifatli mahsulotlarni strategik boshqarishning ustuvor maqsadi hisoblanadi, ammo avtomobilsozlik sanoatida avtomobil komponentlari bo'yicha ham shikoyatlar mavjud. Pekarčíková va boshqalar (2019) axborotning tez to'planishi, texnologiyalarning rivojlanishi va jarayonlarning intellektualizatsiyasi bilan raqamlashtirish effektlari avtomobilsozlik sanoatida kelajakdagi ishlab chiqarish uchun global muammolar tug'dirishini ta'kidladilar [24]. Tadqiqot savoliga javob: RQ6: Avtomobil komponentlarini ishlab chiqarish sifatini yaxshilash uchun nimadan foydalanish mumkin? Shikoyatlarni boshqarish va past sifatli mahsulotlar - komponentlarni mijozning o'rnida hal qilish mijozni saqlab qolish va obro'siga putur yetkazmaslik uchun zarur shartdir. Avtomobilsozlik sanoatida ishlab chiqarish kompaniyasida takroriy shikoyatlar bo'lganligi sababli, shikoyatlarni samarali boshqarish tizimini joriy etish zarur edi. Jarayonlarni doimiy ravishda takomillashtirish, bu ham shikoyatlar jarayoni bo'lib, raqobatbardoshlikda rol o'ynaydi. Kompaniya shikoyatlarni ro'yxatga olish uchun axborot tizimiga (3-rasm) e'tibor qaratdi, u joriy etildi va minimallashtirildi [5].



Incident number	Category	Supplier	Part number	QR	PD	CA	CT	Actor	Next Action
11111	WR	ALAIN BENO	194052	Late 07/02/2013	Late 07/06/2013	Late 07/11/2013	Expected	Supplier	Quick Response
KOS-201307-001	C1	NICOLAS D ALIERMONT	194052	Late 07/13/2013	Expected	Expected	Expected	Supplier	Quick Response
AM-S02NEV1-1607-001	C2	(A)	128770	Done 07/17/2013	Expected	Expected	Expected	Supplier	POCA

3-rasm. Amalgam oshirilgan hodisalarni boshqarish tizimi. Ichki manba.

Shikoyatlarni boshqarish tizimi shikoyatlarning holatini vaqt jadvalida kuzatib boradi. Shikoyatning holati identifikatorlar yordamida grafik tarzda ko'rsatiladi:

Yashil nuqta — shikoyat hal qilinmoqda.

To'q sariq nuqta — shikoyat tasdiqlanishini kutmoqda.

Redpoint — shikoyat kechiktirilgan holatga ega yoki rad etilgan.

Kompaniya standartlariga muvofiq, shikoyatlarni ko'rib chiqish vaqti.

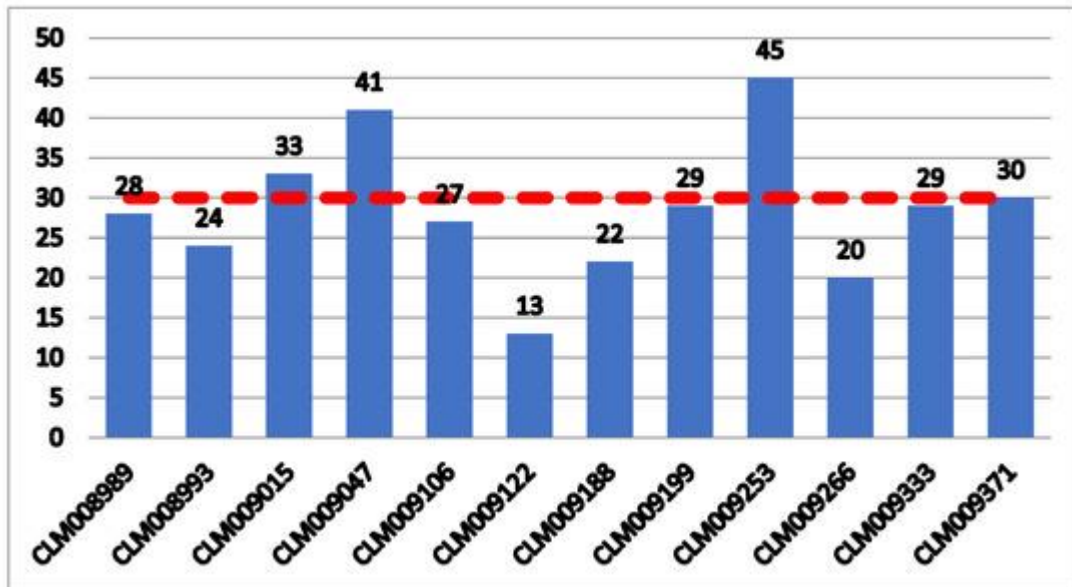
Tezkor javob: Shikoyat olinganidan keyin 24 soat ichida.

Rejani bajarish muddati: Shikoyat olingan kundan boshlab 7 kun.

Tekshirish to'g'risidagi qonun: Shikoyat olinganidan keyin 14 kun.

Yopilish: Shikoyat olinganidan keyin 30 kun.

Shikoyatlar jarayonining ko'rsatkichi shikoyat vaqtidir. Shikoyat qilgan har bir mijoz yetkazib beruvchidan uni eng qisqa vaqt ichida hal qilishini kutadi. Shikoyatni yopish uchun belgilangan muddat 30 kun edi (4-rasm).



4-rasm. Shikoyatlarni vaqt oralig'ida hal qilish. Ichki manba.

Bu muddat shikoyat turiga bog'liq. U mijoz bilan tuzilgan shartnomaga kiritilishi kerak. Ushbu 30 kunlik muddatga rioya qilish va uni kuzatib borish kerak. Monitoring har oy grafik yaratish orqali amalga oshiriladi. Diagrammada CLM008989-CLM009371 shikoyatlari (sarlavha, raqam), shikoyatlarni hal qilish kunlari soni va shikoyatlarning cheklangan muddati 30 kun (qizil rang) ko'rsatilgan. Sifat bo'yicha mutaxassis bu vazifa uchun javobgardir. Qayta ko'rib chiqilgan shikoyatlar va ularning hal qilinishiga asoslanib, shikoyatning hal qilinishi 30 kunlik maqsadli qiymatga yaqinlashmoqda degan xulosaga kelishimiz mumkin.

Ruminiyaga shikoyat qilishning umumiy jarayoni mijoz bilan aloqa asosida va tuzatish choralari ko'rilgandan so'ng amalga oshirildi. Texnologik, texnik va xodimlardagi kamchiliklardan tashqari, ishlab chiqarish kompaniyasida iqtisodiy xarajatlar ham qayd etildi. Da'vo qilingan eshik qulflarining narxi 13 575 yevroga yetdi.

Avtomobil komponentlarini ishlab chiqarish sanoati uchun umumiy tavsiyalar:

1. Muayyan komponentlar uchun mijozlarning talablarini ko'rib chiqing.
2. Komponentlarning ishlab chiqarilishini amaldagi hujjatlar va dizaynga muvofiq tekshiring.
3. Komponentlarni ishlab chiqarish uchun materiallarning kirish tekshiruvini o'tkazing.
4. Alohida bosqichlarda komponentlar ishlab chiqarishni doimiy ravishda nazorat qiling.

6. Xulosalar

Shikoyatlarni samarali boshqarish uchun e'tiborga olish kerak bo'lgan zarur omillar qatoriga qoniqish, mijozlarni saqlab qolish, jarayonlarni takomillashtirish, xodimlarni saqlab qolish, sifatli natijalar, mijozlar bilan aloqa, mahsulotlarning nosozliklarini kamaytirish, shikoyatlar sabablarini izlash va boshqalar kiradi. Avtomobil komponentlarini ishlab chiqarishdagi muammolar har doim mijozlar uchun, balki kompaniya boshqaruvi uchun ham to'siq bo'lib kelgan. Avtomobil komponentlarining nosozliklari past unumdorlik, past sifat, yuqori xarajatlar va mijozlarning yo'qolishiga olib keladi. Shikoyatlarni boshqarish sanoat 4.0 konsepsiyasining ustunlari - raqamlashtirish, sifat va optimallashtirish doirasidagi ustuvor yo'nalishi hisoblanadi. Ustuvor maqsad avtomobilsozlik sanoatida shikoyatlarni boshqarishning ahamiyatini taqdim etish edi, chunki avtomobil komponentlari ishlab chiqarishning bir qismini yaratadi va mahsulotlar sifatiga ta'sir qiladi. Tadqiqot obyekti qulflar, tutqichlar va qulflar sifatida avtomobil komponentlarini ishlab chiqarishga ixtisoslashgan kompaniya edi. Bosqichlar algoritmining bir qismi sifatida biz quyidagicha harakat qildik: QRQC usuli yordamida muammoni tavsiflash va nuqsonli komponentlar sonini tahlil qilish, qismlar muammosini hal qilish uchun tuzatish choralari aniqlash - qulflash, X123 liniyasida ishlab chiqarishdagi nosozliklarni tahlil qilish, Ishikawa

diagrammasini yaratish va avtomobil qismlari bilan bog'liq muammoni hal qilish. Ushbu maqolada komponentlar - transport vositalaridagi qulflar bo'yicha shikoyatlar natijalari keltirilgan.

Adabiyotlar

- [1]. Aichouni, ABE; Ramlie, F.; Abdulloh, H. Ishlab chiqarishda jarayonlarni takomillashtirish metodologiyasini tanlash: Adabiyotlarni ko'rib chiqish nuqtai nazari. *Int. J. Adv. Appl. Sci.* **2021** , 8 , 12–20. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- [2]. Phanden, RK; Sheokand, A.; Goyal, KK; Gahlot, P.; Demir, HI 8Ds avtomobilsozlik sanoatida muammolarni yechish usuli: ishlatiladigan vositalar va DMAIC bilan taqqoslash. *Mater. Today Proc.* **2022** , 65 , 3266–3272. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- [3]. Divanoglu, SU; Taş, U. 8D metodologiyasini qo'llash: Avtomobilsozlik sanoatida nosozliklarni kamaytirishga yondashuv. *Eng. Fail. Anal.* **2022** , 134 , 106019. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
- [4]. Sourdin, T.; Carlson, J.; Watts, M.; Armstrong, C.; Carlyle, T.; McGeoch, D. Hukumat tomonidan shikoyatlarni samarali ko'rib chiqishni o'lchash. *Avstraliya. Nizo. Qaror. J.* **2021** , 31 , 210–222. [[Google Scholar](#)]
- [5]. Ngai, EW; Heung, VC; Wong, Y.; Chan, FK Mehmonxona xizmatlari haqida osiyoliklar va osiyolik bo'lmaganlarning iste'molchilarning shikoyat xatti-harakatlari. *Eur. J. Mark.* **2007** , 41 , 1375–1391. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

ERKAKLAR PIDJAGINI KONSTRUKTIV NUQSONLARI VA ULARNI BARTARAF ETISH YO'LLARI.

M.S.Abduraximova¹, Sh.A.Mahsudov²

¹Farg'ona davlat texnika universiteti¹

²Namangan davlat texnika universiteti²

ORCID:0009-0007-5631-5561¹

manzuraabduraximova5@gmail.com

ORCID:0000-0002-3081-0026²

shohruxmahsudov@gmail.com

(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotasiya: Ushbu maqolada konstruksiyaga o'zgarishlar kiritish nuqsonlarning paydo bo'lish sabablarini bilish va ularni bartaraf etuvchi samarali choralarni birma-bir tahlil qilish yo'llari, nuqsonlarning paydo bo'lish sabablari ko'pligi va kiyimlarda taranglik, g'ijim, keraksiz tahlamlar, qiyshayishlar sifatida namoyon bo'lish omillari to'g'risida chegaralangan ma'lumotlarga asoslangan. Qomatda kiyim o'rnashuvini va muvozanati bartaraf etish maqsadi, ularning tasnifi haqida kerakli ma'lumotlar yoritilgan.

Kalit so'zlar: qiya tahlamlar, texnologik nuqsonlar, modellash nuqsonlar, ba-lans nuqsonlari, o'zgarish, kiritish, bartaraf etish, tashqi belgilari va v.h.k.

Аннотация: Внесение изменений в конструкцию в данной статье базируется на знании причин возникновения дефектов и методов точного анализа эффективных мер по их устранению, ограниченной информации о многих причинах возникновения дефектов и факторах их проявления. напряжение, складки, ненужные отходы, поломки на одежде. Цель устранения расстановки и дисбаланса одежды в складках освещается необходимой информацией об их классификации.

Ключевые слова: косые искажения, технологические дефекты, дефекты моделирования, базовые дефекты, изменение, ввод, устранение, внешние признаки и т.д.

Annotation: The changes to the design in this article are based on a knowledge of the causes of defects and methods for accurately analyzing effective measures to eliminate them, as well as limited information about the many causes of defects and their manifestations. tension, wrinkles, unnecessary waste, and breakdowns on clothing. The purpose of eliminating the placement and imbalance of clothing in wrinkles is highlighted by the necessary information about their classification.

Keywords: oblique distortions, technological defects, modeling defects, BA-Lance defects, change, input, elimination, external signs, and v.h.k.

Kirish. Ko'p omillar ta'siri ostida, ommaviy tarzda tayyorlangan kiyimning shakli va o'lchamlarida har hil og'ishlar yuz berishi mumkin. Lekin, ushbu og'ishlar tayyor kiyim sifatini modelning namuna - etalonidagi darajadan pasaytirishi mumkin emas.

Ma'lumki, tayyor buyumning sifati loyiha sifatiga bog'lik. Shuning uchun, modelning namuna - etaloni har jihatdan yuqori sifatga ega bo'lishi kerak. Yoqa, bort qaytarmasining chiziklari, etak chizig'i, bo'rtma choklar chiziqlari benuqson bajarilgan va ifodali bo'lishi kerak. Kiyim ko'rinishi ajinsiz, tekis, yahshi dazmollangan bo'lib, hajmiy joylari loyihalangan shaklga ega bo'lishi kerak.

Chiziqli og'ishlar miqdoriy harakterlanadi, lekin yuzasidagi nuqsonlar ko'ril-gach, ayon bo'ladi.

Kiyim loyihalashda qo'llanadigan konstruktorlik hisoblar odam tanasining tuzilishi, kiyim paketini tashkil etuvchi gazlamalarning xususiyatlari va boshqa omillar to'g'risida chegaralangan ma'lumotlarga asoslangan. Odam tanasining oqilona yoyilmasining tuzish shu qadar murakkabki, bu ma'lumotlarning yig'ilishiga sarflangan harajatlar modellarni oson usullar orqali loyihalab, keyin ularni namunalarda aniqlashga nisbatan ancha-muncha oshadi. Shu bois, hozirgi paytda yangi model namunasini tayyorlash konstruksiyalashning zarur qismi hisoblanadi[1].

Konstruksiyaga o'zgarishlar kiritish nuqsonlarning paydo bo'lish sabablarini bilishni va ularni bartaraf etuvchi samarali choralarni birma-bir tanlashni talab qiladi. Shu bois, konstruktor har hil nuqsonlarning tashqi belgilarini, ularni tahlil qilish yo'llarini, nuqsonlar sabablarini va tayyor kiyimda ularni bartaraf etadigan usullar topa bilishi kerak. Tikuv buyumining benuqson bo'lishi uchun, texnologik jarayonning barcha bosqichida nazorat kuchaytiriladi. Nuqsonlarning sababi ko'p. Ular taranglik, g'ijim, keraksiz tahlamlar, qiyshayishlar sifatida namoyon bo'lib boshqa omillar to'g'risida chegaralangan ma'lumotlarga asoslangan. Qomatda kiyim o'rnavuvini va muvozanatini buzadi. Kiyim nuqsonlarini osonroq aniqlash va bartaraf etish maqsadida ularning tasnifi tuzilgan[3].

Asosiy qism. Kiyimda uchraydigan nuqsonlar konstruktiv, texnologik va modellash nuqsonlari guruhlariga bo'linadi.

Konstruktiv nuqsonlar - kiyimning o'lchami va shakli qomat shakliga mos emasligidan paydo bo'ladi. Ular kiyimda gorizantal, vertikal, qiya tahlama, g'ijimlar, burchak tahlamlari muvozanatining buzilishi va dinamik nomoslik nuqsonlari sifatida namoyon bo'ladi.

Tehnologik nuqsonlar - detallar noto'g'ri bichilishi, biriktiriladigan detallar tutashmalarining noto'g'riligi, biriktiruvchi kertiklar surilishi natijasida konstruktiv chiziqlar shakli buzilganda namoyon bo'ladi. Detaillar qirqimi biriktirishda kam kirishtirilsa yoki yetarli cho'zilmasa, choklar (qiyshaysa, paketni tuzuvchi astar va qotirma detallar bir - biriga shakli va tanda ipining yo'nalishida mos kelmasa, tikish texnologiyasining nuqsonlari paydo bo'ladi.

Shakl hosil kilish uslubining buzilishi namlab-isitib ishlov berishda namoyon bo'ladi.

Modellash nuqsonlari - bazaviy konstruksiya xususiyati buzilishiga olib keladi-gan, texnik modellash hatolari natijasida paydo bo'ladi.

Konstruktiv nuqsonlar olti guruhga bo'linadi:

1. Gorizantal tahlamlar detalning gorizantal yo'nalishida torligi yoki vertikal yo'nalishda uzunligi natijasida paydo bo'ladi.
2. Vertikal tahlamlarni detalning gorizantal yo'nalishda kengroqdagi yoki vertikal yo'nalishda kaltaroqligi hosil qiladi.
3. Qiya tahlamlar detalning diagonal yo'nalishda kichikroqligi natijasida, tor joylarda har hil yo'nalgan kuchlar ta'siri ostida hosil bo'ladi.
4. Burchak g'ijimlarining sababi, shakl hosil qilishda biriktirilgan detallar konturining egriligi bir-biriga nomosligidadir. Bo'rtiq kamligidan detal ichiga tortiladi, konturi atrofida esa, solqilik kuzatiladi. Botiqlik darajasi yetmasa, detal ichi salqisimon bo'lib, cheti tortiladi.
5. Balans buzilishi biriktiriladigan detallar uzunligi tengsizligidan yoki biriktirish vaqtida bir-biriga nisbatan qiyshiq o'rnatilishidan kelib chiqadi. Ushbu nuqsonlar turi kiyim muvozanatini buzib, uni spiralsimon aylantirib qo'yadi.
6. Dinamik nomoslik nuqsonlari odam harakatida namoyon bo'ladi[2].

Konstruktiv nuqsonlarni bartaraf etish yo'llari:

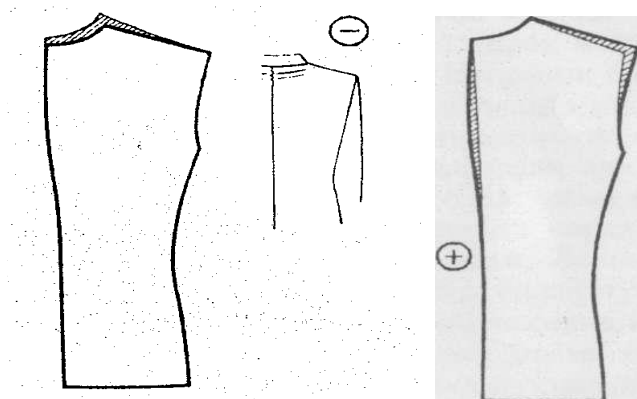
Gorizantal tahlamlar. Ushbu guruhga oid nuqsonlar ikki hil konstruktiv hatolar natijasida paydo bo'ladi. Detalning torligi tarang tahlamlar to'plamini yoki gorizantal g'ijimlarni hosil qiladi. Detalning ortiqcha uzunligi esa yumshoq, erkin gorizantal tahlamalarga olib keladi. Bu nuqsonni to'g'ri aniqlab, bartaraf etish usulini tanlashda tarang gazlamalarda cho'zish kuchi tahlamlar yo'nalishidaligi, yumshoq tahlamalarda eca, siqish kuchi ularga perpendikulyarligi etiborga oliiadi.

Orqa bo'lakning yoqa ostida bo'sh gorizantal tahlamlar (1- rasm).

Yoqa ostida bo'sh gorizonttal tahlamlar orqa bo'lakning ortiqcha uzunligidan kelib chiqadi va yoqa o'tkazilganda yorqinroq namoyon bo'ladi. Orqa bo'lak oshiqchasidan yig'ilgan tahlamaning chuqurligi esa o'mizi va yelka chizig'i qanchaga tushirilishini ko'rsatadi.

Tarang tahlamlar to'plami yelka suyagining boshidan orqa o'rtasiga yo'nalgan cho'zish kuchlarining ta'siri ostida material tuzilishi ham buzishi mumkin. Bu nuqsonning sababi orqa bo'lakning o'rta chizig'i kamroq chiqqanligidan, o'miz kuraklar sathida haddan tashqari o'yilganligidan, detalning yelka qismi tor va yelka qiyaligi pastroqligidan bo'lishi mumkin. Nuqsonni bartaraf etish uchun tahlamlar sathida orqa bo'lak kengaytiriladi (b-rasm).

Vertikal tahlamlar. Detalning ortiqcha keng joylarida yumshoq vertikal tahlamlar hosil bo'ladi. Agar detalda ba'zi joylarining uzunligi yetarlicha bo'lmasa, tarang tahlamlar yoki g'ijimlar to'plami hosil bo'ladi. Nuqson hosil qiluvchi to'plami hosil bo'ladi. Nuqson hosil qiluvchi kuchlar tor yoki kalta detallarning tahlamlar yo'nalishida, ortiqcha keng detallarda esa tahlamalarga perpendikulyar yo'nalishda joylashgan bo'ladi.

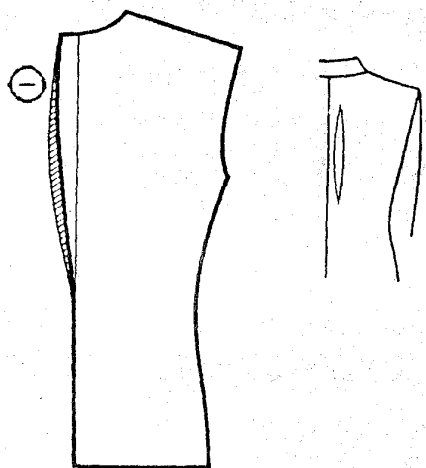


1-rasm. a) Orqa bo'lakning yoqa ostida bo'sh gorizonttal tahlamlar; b) Orqa bo'lakning yuqori qismida gorizonttal tarang tahlamlar.

Nuqsonlarni bartaraf etish yo'lini tanlashda, o'miz sathida joylashgan me'yordagi tahlama nusbiy hisoblanishini nazarda tutmoq kerak, chunki shuning hisobiga buyumning dinamik mosligi yaxshilanadi. Detalning ortiqcha qismidan yig'ilgan yordamchi tahlamaning chuqurligi nuqson qiymatini bildiradi.

Detalning yangi konturini aniqlashda uning ko'ndalang o'lchamlari tahlamaning kiymatiga qisqartiriladi. Nuqsonni hosil qilgan aniqlanishi muhim ahamiyat kasb etadi.

Orqa o'rta chokining yonida hosil bo'lgan bo'sh tahlama materialning deformasiyasiz, gorizonttal yo'nalishida ko'chishi mumkin. Orqa bo'lak kengaytirilgan sari nuqson oshaveradi, lekin, yeng o'mizining yonidagi vertikal tahlama nuqson hisoblanmay, buyumning ergonomik hususiyatini yaxshilaydi, tahlamaning ta'siri ostida bir oz shikastlanadi.



2-rasm. Orqa o'rta chokining yonida vertikal bo'sh tahlamlar.

Mazkur nuqsonning sababi, o'rta chiziqning noto'g'ri shakllanishi hisobiga orqa bo'lakning ortiqcha kengayganida-dir. Nuqsonni bartaraf etishda o'rta chiziqning shaklini to'g'rilashdan tashqari, detalni kengaytirish hisobiga yordamchi tahlamaning tortilgan uchlari bo'shashtiriladi.

Qiya tahlamlar. Detailarning qiyshaygan konturlari qomatga kiydirilganda yoki manekenga holis qadalganda bir-biri bilan muvofiq tutashmaydi. Detailar orasining bir tomonida tirqish paydo bo'lsa, ikkinchi tomonida qirqimlari bir-birini yopadi. Detailar qirqimlari teng bo'lsa ham uchlari gorizonttal yoki vertikal yo'nalishda bir-biriga nisbatan surilgan bo'ladi. Bunday detallardan tayyorlangan kiyim qomatda qiya tahlamlar hosil qiladi[4].

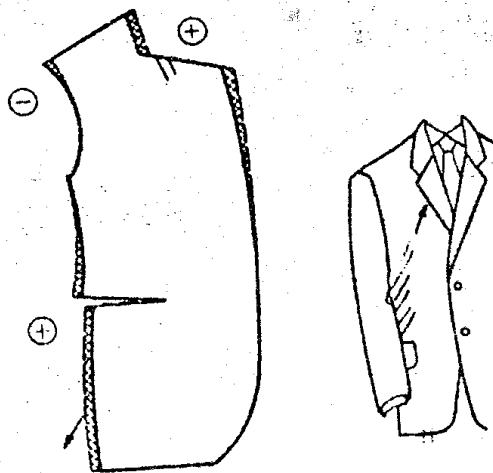
Kiyim detallari o'z muvozanatini yo'qotib, bir joyida bo'shliq hosil bo'lsa, torroq joyida kuchaygan bosim materialning tuzilishiga o'z ta'sirini ko'rsatadi. Detalning torroq joylarida har hil yo'nalishli bosim kuchlari ta'siri ostida, material tuzilishi o'zgarishi natijasida qiya tahlamlarning boshqacha hillari hosil bo'ladi. Detal o'lchamlarida yo'l ko'yilgan kamchilik darajasini tanda va arqoq iplarining orasidagi burchak o'zgarishi bo'yicha aniqlash mumkin. Amalda yo'l qo'yilgan hatoning qiymati detalning uzunroq, joyida yordamchi tahlamaning eniga teng qilib olinadi. Nuqsonni bartaraf etish uchun detalning tayanch uchastkasi pastki qismga nisbatan bir oz aylantariladi, ayni holda tepa qismining konturi o'zgaradi.

Andazalar chiziqlari qaytadan aniqlanganda detallarning bir-biriga mos bo'lgan sodda chiziqli tomonlari uzunligi o'zgartiriladi. Ular qatoriga orqa o'rta chiziq va old bo'lakning bort chizig'i kiradi. Lekin yon

chiziq, yoqa va yeng o'mizlari o'zgartirilsa, ular bilan tutashgan barcha konstruktiv chiziqlar qaytadan ko'rib chikilishi kerak.

qiya tahlamlar kiyimda yonlama va tayanch balanslari buzilganda yuzaga chiqadi. yelka nuqtalari balandligining ayirmasidek aniqlanadigan yonlama balans va detalning tayanch yuzasiga nisbatan holati buzilganda qiya tahlamlar hosil bo'ladi u turkumdagi nuqsonlar sababini aniqlash va ularni bartaraf etish usullarini tanlashda gazlamaga ta'sir etadigan deformasiya kuchlarining yo'nalishini va ularning markazini topish tavsiya etiladi, chunki andazaning konturini to'g'rilashda detal ayni shu nuqta atrofida aylantirilishi kerak[5].

Old bo'lakda yon chokdan yoqa o'miziga yo'nalgan tarang qiya tahlamlar (3-rasm).



3-rasm. Old bo'lakda yon chokdan yoqa o'miziga yo'nalgan tarang kiya tahlamlar.

Ushbu nuqson bor joyda gazlamaning deformasiyasi kuzatiladi, ayniqsa aktiv kuchlar ta'siri turtib chiqqan joylarda, passivroq kuchlar — orqa yoka o'mizi atrofida kuzatiladi. Nuqsonni ko'paytiradigan ko'shimcha **kuchlar yonlama** balans buzilishi bilan bog'liq, aniqrog'i, **yelka qiyaligining** nuqsoni unga ta'sir etadi. Nuqson sababi, **yonlama** balans buzilishida va bo'ksa sathida yon chiziqlar konturlarining bir-biri bilan tutashmasligida. Nuqson **yon** chiziqni surib, old bo'lakni kengaytirib yoki o'mizni old tomonga surib va yelka qiyaligini oshirish orqali bartaraf etiladi.

Burchak g'ijimlari. Bu turkumdagi nuqsonlar boshqa nuqsonlardan ajralib turadi. Ular kiyimning tekis joylarida hajmiylik shaklida hosil bo'ladi.

Bo'rtliqlikka ega bo'lgan yuzaga yassi gazlama kiygizilganda detal o'rtasi tortilib, chetlarida halitim tahlamasimon g'ijimlar paydo bo'ladi. Agar detal o'rtasi kertib ko'yilsa, kertim orasi bo'rtiqning

hajmiyligiga mos ochiladi. Yassi materialni bo'rtiq bilan zich ravishda yopishtirilsa, chetlarida halitimlik paydo bo'ladi. Ularni vitachkaga olish mumkin. Tanaga hos bo'rtiq, joylarning ekstremal nuqtalaridan konstruktiv vitachkalar yoki bo'rtma choklar o'tkazish orqali detallarida hajmiy shakllar hosil qilish mumkin. Hajmiylikni gazlamalardan namlab-isitib ishlov berish texnologik usullari yordamida ham olish mumkin. Yirik detallarning ekstremal nuqtalari yonidan bo'linish chiziqdari yoki vitachkalar o'tmagan bo'lsa, shakllantirishda ushbu usuldan foydalaniladi[7].

Kiyim hajmiyligining tana shakliga nomosligidan burchak g'ijimlari nuqsonlari paydo bo'ladi. Detal enini qoplaydigan qiya tahlamlardan farqli ravishda, burchak g'ijimlari detalning bir chekkasida joylashgan bo'ladi.

Konstruksiyalashda hajmiylikni shakllantirish jarayonini qarama-qarshi yo'nalishli, egri qirqimlari majburiy ravishda birlashtirishda kuzatish mumkin. Qomatda kiyimning yahshi o'rnashuviga erishmoq uchun, tayanch yuzalarning hajmiy shakllari kurak, ko'krak, bo'ksa va qorin bo'rtig'i sohalarida loyihalanadi.

Kiyimning hajmiy shakli odam shakliga mos bo'lmasa, burchak tahlamlari hosil bo'ladi. Nuqsonlarning bu turkumini bartaraf etishda shakllantiruvchi ishlovlar muhim ahamiyat kasb etadi.

Konstruktiv qirqimsiz detallarda burchak tahlamlari namlab-isitib ishlov berish orqali bartaraf qilinadi.

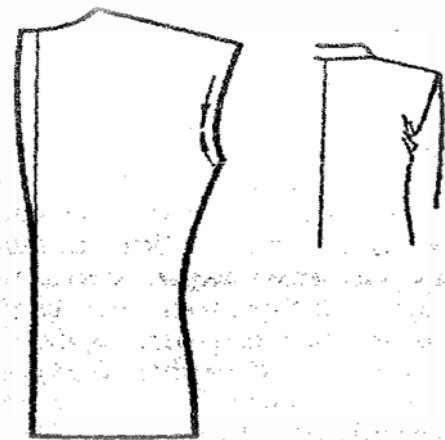
Burchak tahlamlaridan qutilmoq mumkin. Konstruktiv qirqimsiz orqa bo'lakda detal o'rtasi tortilishi, yeng o'mizi sathida solqilik kuzatiladi. Kurak chiqiqlari detal o'rtasida yassi materialga botib, yon choklarning va yeng o'mizining sathida burchak tahlamlarini hosil qiladi. Burchak tahlamlari asosan kiyim bilan tana orasida, bo'shlik bor joyda ro'y beradi.

Orqa bo'lak burchak tahlamlari. O'rta choksiz orqa bo'laklar o'rtasida taranglik, yeng o'mizining yonida bo'shliqlar va burchak tahlamlari kuzatiladi. Detalning hajmiy shaklining orqa shaklga mos kelmasligidan bunday nuqsonlar paydo bo'ladi. Past yelkali bukchaygan komatda bu nuqson yaqqol ko'rinadi orqa etagi tepaga ko'tarilib, yoqani orqaga tortadi. Nuqsonni bartaraf etishda, orqa bo'lakka odamning kuraklariga moslab texnologik ishlovlar berish eng unumli natija beradi. Kuraklarning ekstremal nuqtasidan qo'shimcha bo'linish chiziqlari o'tgan bo'lsa, nuqson konstruktiv yechimlar orqali bartaraf etiladi (4-rasm).

Old bo'lakda burchak tahlamlari. Ushbu nuqson ko'krak ekstremal nuqtasidan vertikal relief choki o'tganda namoyon bo'lishi mumkin. Burchak tahlamlari yeng o'mizining pastidan vitachka uchini tortadi. Nuqsonni yo'qotishda, vitachka kengligini oshirish, o'miz va yelka chiziqlarini siljitib, vaziyatni yanada murakkablashtiradi. Agar, detal eng tortilgan joyida kengaytirilsa, yelka va o'miz chiziqdari shaklini saqlab, o'z joylarida qoladi, vitachka ham ancha kengayadi[10].

Balans nuqsonlari. Kiyim konstruksiyalashda balans tushunchasi odamning gavdasi bo'lib kiyimning barcha qismlarining o'zaro muvozanatdaligini anglatadi. Odam gavdasida kiyim muvozanatining buzilishi kiyim va gavda tayanch yuzalariga oid shakl va holatning bir-biriga to'g'ri kelmaganligi natijasidir. Kiyim massasi tayanch yuzasi bo'yicha notekis taqsimlanadi. Kiyim qomatga yopishib turmaydigan joylarda material massasining ta'siri tufayli, past tomonga siljib og'adi. Ushbu siljishlar natijasida tanaga yopishib turgan joylarning qarshiligi ostida kiyim spiralsimon burala boshlaydi.

Kiyimning balansi uning hamma qismlarini odam gavdasida muvozanatda saqlaydigan omillarga bog'liq. To'g'ri o'rnatilgan ega bo'lgan kiyimda arqoq iplari ekstremal nuqtalarning sathida gorizontall joylashgan, ayni shu nuqtadan o'tgan tanda ipi vertikal holatli o'rnatilgan bo'ladi. Balansi buzilgan buyumlarda detallarning gorizontall konstruktiv chiziqlari siniq chiziqdek, vertikal chiziqlari chetga surilgandek ko'rinadi. Balans ko'rsatkichi Qiymatini detalning uzunroq Qismidan buklangan tahlamaning chuqurligi bildiradi. Tikuv buyumining muvozanati har bir detalning muvozanatini o'z maromiga keltirilgandan so'ng tiklanadi. Kiyimning balans harakteristikasida tayanch balansi, yonlama balans va old balansi bor[6].



4-rasm. Orqa bo'lak burchak tahlamlari.

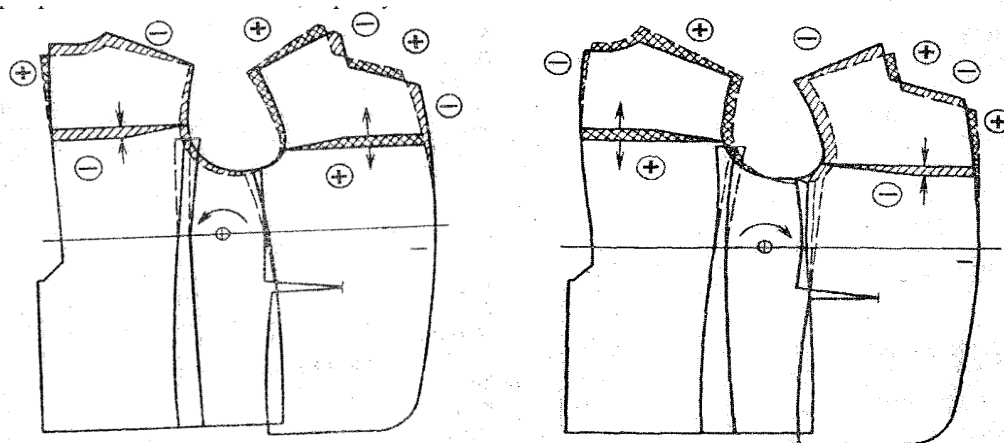
Uzun orqa bo'lak (5-rasm). «Uzun orqa bo'lak» nuqsonlari hamma detallarga tarqaladi. Buyumning barcha og'irligi old bo'lakning yuqori qismlariga tushadi.

Bortlar bir-birining ustiga chiqqan, yon choklar bort tomonga siljigan, yon bo'lak qiyshaygan, orqa bo'lakning etagi dumba va oyoqlarga yopishgan, orqa bo'lakda ko'ndalang bo'sh tahlamlar kuzatiladi.

Balans hatosi orqa bo'lakda eni bo'yicha olingan yordamchi tahlama orqali aniqlanadi.

Tahlama chuqurligi to'g'ri aniqlansagina barcha nuqsonlar yo'qoladi. Arzimagan nuqsonlarni orqa detalni kaltalashtirib yoki old detalni uzaytirib bartaraf etish mumkin.

Kattaroq nuqsonlarni bartaraf etishda old, orqa va yon detallarning chiziqlari qaytadan ko'riladi. Orqa va old bo'laklarning yuqori qismlarini qirqib surish, yon bo'lakning tepa qismini



5-rasm. Uzun va kalta bo'laklar.

orqa tomonga siljitish usullari ijobiy natijalar beradi. Ayni holda, o'ng tomonning barcha asosiy detallariga oid tepa qirqimlarning konstruktiv nuqtalari soat strelkasiga qarshi tomonga aylantiriladi.

Kalta orqa bo'lak (6-rasm). Old bo'lakka nisbatan orqa bo'lakning ko'krak chizig'idan tepa nuqtalarigacha kaltaligi barcha detallarda nuqson paydo bo'lishiga olib keladi. Orqa bo'lakning yuqori qismi kuraklar tomonga tortilgan, pastki qismi esa tepaga ko'tarilgan, yon choklar orqa tomonga surilgan, bortlar

ochilib o'miz oldida bo'sh burchak tahlamlar hosil qiladi. Arqoq iplari yaqqol ko'rinadigan gazlamada nuqson qiymatini kuraklar bo'rtidagi arqoq ipi egilgan burchak orqali aniqlash mumkin. Huddi shu qiymat buyumning muvozanatini saqlaydigan old bo'lakda o'miz sathida ko'rilgan yordamchi tahlamaning chuqurligiga teng. Ushbu turkumdagi nuqsonni bartaraf etishda, barcha detallarning yuqori qismi qaytadan ko'riladi. Og'ish kiyimati kichik bo'lsa, detallardan biri sal suriladi.

Aks holda, konstruktiv nuqtalar soat strelkasining harakati bo'yicha aylan-tiriladi. Balansning kamchiligi old yoqa o'mizining old tomonga surilishi orqali to'g'rilanadi[9].

Dinamik nomoslik. Kiyimning ba'zi nuqsonlari tinch holatda, ya'ni statikada ko'zga tashlanmaydi, lekin, harakat jarayonida kiyimning qarshilik ko'rsatishi seziladi. Kiyimning dinamik mosligida, eng avvalo, yeng va o'miz o'lchamlari va ularning joylanishi muhim ahamiyat kasb etadi. Past, tor va orqa tomonga surilgan o'miz qo'l harakatini qiyinlashtiradi. Baland ko'tarmali yoqalar, chuqur o'rta qirqimli shimlar ham noqulay.

Kiyimning dinamik mosligi harakatda o'zgargan o'lchamlar orqali hisoblangan to'kislik ko'shimchasining qiymatiga, uning taqsimotiga hamda gazlamaning cho'ziluvchanligiga bog'liq. Bunday nuqsonlar buyum qaytadan bichilganda bartaraf etiladi. Lekin, buyumning bo'yi va o'lchamlari kichrayadi. Barcha nuqsonlarni hisobga olib, kaytadan tayyorlangan namunagina bekami - ko'st bo'lishi mumkin. Kiyimning dinamik mosligini baholaganda qo'l ko'tarish, oldinga egilish, o'tirish harakatlarining bemalol sodir etilishi inobatga olinadi.

O'miz orqa tomonga surilgan. Agar yeng old va orqa bo'laklar bazis to'ri orqali belgilangan chegarasidan surilsa, qo'llar harakati qiyinlashadi, organizmga ham salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. O'miz tor bo'lgan paytda, orqa bo'lakka cho'zadigan kuchlar, old bo'lak o'miziga esa — siqadigan kuchlar tasir etadi. Bir oz vaqg o'tgach, yeng o'z ko'rinishini yo'qotib, o'miz choklari ham shikastlanadi. Bunday nuqsonni yo'qotishning yo'li yo'q. Namuna qayta tayyorlanganda konstruksiya orqa kenglikni va old yeng o'mizining yangi chizigini jiddiy aniqlaydi[8].

Xulosa. Maqolada erkaklar pidjagining konstruksiyasiga o'zgarishlar kiritish nuqsonlarning paydo bo'lish sabablari va ularni bartaraf etuvchi choralarni birma-bir tahlil qilish yo'llari, nuqsonlar sabablari va kiyimda ularni bartaraf etadigan usullari, nuqsonlarning sababi ko'pligi va ularga taranglik, g'ijim, keraksiz tahlal-malar, qiyshayishlar sifatida namoyon bo'lish omillari to'g'risida chegaralangan ma'lumotlarga asoslanganligi, hamda qomatda kiyim o'rnatuvini va muvozanati, kiyim nuqsonlarini osonroq aniqlash va bartaraf etish maqsadi, ularning tasnifi, ort va old bo'lak nuqsonlari haqida kerakli ma'lumotlar yoritilgan.

Adabiyotlar

- [1]. X.X.Komilova., N.K.Xamrayeva.«Tikuv buyumlarini konstruksiyalash». T., 2003 y.
- [2]. M.S.Abduraximova." Determining the Type of Clothing Suitable for Women With An Non Typical Figure"- Texas Journal of Engineering and Technology, 2022.
- [3]. D.O'.Aripdjanova Turli qomatlarga kiyimlarni konstruksiyalash. O'quv qo'llanma. Namangan-2021 yil.
- [4]. [4]. M.Turdiyev., M.S. Abdurakhimova." The methods of welding details of sewing items from thermoplastic materials".- International Journal of Advance Scientific Research, 2022 [5]. Sadiqovna, A. M. (2022). Determining the Type of Clothing Suitable for Women With An Non Typical Figure. *Texas Journal of Engineering and Technology*, 10, 22-26.
- [5]. Sadiqovna, A. M., & Abduqodirovna, B. R. N. (2022). Notipaviy qomatli ayyollarning o'lchamlari va tana turlarining farqlanishi. *Science and innovation*, 1(A3), 284-288.
- [6]. F.U.Nigmatova M.K.Rasulova "Kiyimlarni ishlab chiqarishda innovatsion texnologiyalar" Uslibiy majmua-2022y .
- [7]. Mahsudov Sh. A., Abdurakhimova M.S.(2024).Description, composition, and properties of costume-grade wool fibre materials. *European Journal of Emerging Technology and Discoveries*,2(12), <https://europeanscience.org/index.php/1/article/view/1068>
- [8]. В.С.Сакулин.,Е.К.Амирова.,О.В.Сакулина.,А.Т.Труханова"Конструирование мужской и женской одежды."Учебник.Москва - 2000. -С.188
- [9]. M.S.Abduraximova.,R.A.Berdiyeva ." Notipaviy qomatli ayyollarning o'lchamlari va tana turlarining farqlanishi".*Science and innovation*, 2022 y.
- [10]. Abdurakhimova Manzura Sadiqovna." Erkaklar qomatining turlari haqida ma'lumot" journal of international scientific resear.820-824.

RADIAL TINDIRGICHLARDA CHO'KMA HOSIL BO'LISH JARAYONINING NAZARIY TAHLILI

V.Sh. Mamatov^{1*}, S.N. Xoshimov², Sh.J. Jetpisbaeva³

¹Farg'ona davlat texnika universiteti,

²Toshkent shahridagi Belarus-O'zbekiston qo'shma tarmoqlararo amaliy texnik kvalifikatsiyalar instituti,

³Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti.

*Mas'ul muallif, e-mail: vaxidjon.mamatov@mail.ru
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Mazkur maqolada radial tindirgichlarda cho'kma hosil bo'lish jarayonining nazariy asoslari va gidravlik qonuniyatlari o'rganilgan. Tadqiqot davomida suv oqimining tindirgich ichida harakatlanish xususiyatlari, muallaq zarrachalarning cho'kish mexanizmi hamda oqim rejimining tindirish samaradorligiga ta'siri tahlil qilindi. Oqartirish zonasida yuzaga keladigan turbulent oqimlar, girdobsimon harakatlar va ularning cho'kma qatlaminig shakllanishiga ta'siri baholandi. Shuningdek, tindirgichning geometrik parametrlari, suvning ushlanish vaqti hamda gidravlik yuklamaning cho'kish jarayoniga ta'siri nazariy hisoblashlar asosida o'rganildi. Tadqiqot natijalari radial tindirgichlarda oqimni barqaror boshqarish va optimal gidravlik rejimlarni tanlash tindirish samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatdi. Olingan ilmiy xulosalar suv tozalash inshootlarini modernizatsiya qilish va radial tindirgichlarning konstruktiv yechimlarini takomillashtirishda qo'llanishi mumkin.

Tayanch so'zlar: radial tindirgich, cho'kma hosil bo'lishi, tindirish jarayoni, gidravlik rejim, muallaq zarrachalar, suv oqimi, gidrodinamika, turbulent oqim, cho'kish mexanizmi, suv tozalash inshooti, tindirish samaradorligi, gidravlik tahlil.

Аннотация. В данной статье изучены теоретические основы и гидравлические закономерности процесса осадкообразования в радиальных отстойниках. в ходе исследования были проанализированы особенности движения потока воды внутри отстойника, механизм осаждения взвешенных частиц и влияние режима потока на эффективность отстаивания. оценены возникающие в зоне отбеливания турбулентные потоки, вихревые движения и их влияние на формирование осадочного слоя. также на основе теоретических расчетов изучены геометрические параметры отстойника, время удержания воды и влияние гидравлической нагрузки на процесс осаждения. результаты исследований показали, что стабильное управление потоком в радиальных отстойниках и выбор оптимальных гидравлических режимов имеют важное значение для повышения эффективности отстаивания. полученные научные выводы могут быть использованы при модернизации водоочистных сооружений и совершенствовании конструктивных решений радиальных отстойников.

Ключевые слова: радиальный отстойник, образование осадка, процесс отстаивания, гидравлический режим, взвешенные частицы, поток воды, гидродинамика, турбулентное течение, механизм осаждения, водоочистное сооружение, эффективность отстаивания, гидравлический анализ.

Abstract. This article examines the theoretical foundations and hydraulic laws of the sedimentation process in radial settling tanks. During the study, the characteristics of water flow movement within the settling tank, the settling mechanism of suspended particles, and the influence of the flow regime on settling efficiency were analyzed. Turbulent flows, vortex motions, and their influence on the formation of the sedimentary layer occurring in the bleaching zone were evaluated. Additionally, based on theoretical calculations, the geometric parameters of the settling tank, water retention time, and the influence of the hydraulic load on the settling process were studied. The research results demonstrated that stable flow control and the selection of optimal hydraulic modes in radial settling tanks are crucial for increasing settling efficiency. The obtained scientific conclusions can be used to modernize water treatment facilities and improve the structural solutions of radial settling tanks.

Keywords: radial settling tank, sedimentation, settling process, hydraulic regime, suspended particles, water flow, hydrodynamics, turbulent flow, settling mechanism, water treatment plant, settling efficiency, hydraulic analysis.

1. **Kirish.** Bugungi kunda ichimlik va oqava suvlarni samarali tozalash masalasi global ekologik hamda muhandislik muammolaridan biri hisoblanadi. Suv resurslarining cheklanganligi, aholi sonining ortib borishi va sanoat korxonalaridan chiqayotgan iflos oqimlarning ko'payishi suv tozalash inshootlariga bo'lgan talabni yanada oshirmoqda. Shu sababli suv tarkibidagi muallaq zarrachalarni samarali ajratib olish va tindirish jarayonlarini takomillashtirish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Suvni mexanik tozalash bosqichida keng qo'llaniladigan radial tindirgichlar yuqori unumdorligi, katta hajmdagi suvni uzluksiz tozalash imkoniyati va ekspluatatsion qulayligi bilan muhim texnologik inshootlardan biri sifatida qaraladi.

Radial tindirgichlarda cho'kma hosil bo'lish jarayoni murakkab gidrodinamik va fizik jarayonlar asosida kechadi. Ushbu jarayonda suv oqimining harakat tezligi, muallaq zarrachalarning o'lchami va zichligi, oqimning turbulentligi hamda tindirgichning konstruktiv tuzilishi muhim ahamiyat kasb etadi. Tindirgich ichida suv oqimining notekis taqsimlanishi yoki turbulent zonalarning hosil bo'lishi cho'kmalarning qayta aralashishiga olib kelib, tindirish samaradorligini pasaytirishi mumkin. Shu sababli cho'kma hosil bo'lish jarayonining nazariy asoslarini o'rganish va gidravlik qonuniyatlarini tahlil qilish suv tozalash tizimlarining samaradorligini oshirishda muhim ilmiy yo'nalish hisoblanadi.

O'zbekiston Respublikasida suv xo'jaligi va ichimlik suvi ta'minoti tizimini rivojlantirish bo'yicha qator davlat dasturlari amalga oshirilmoqda. Jumladan, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining suv resurslaridan oqilona foydalanish, suv tozalash inshootlarini modernizatsiya qilish hamda energiya tejankor texnologiyalarni joriy etishga qaratilgan qarorlarida suv tozalash tizimlarining texnologik samaradorligini oshirish muhim vazifa sifatida belgilangan. Bu esa radial tindirgichlarning ishlash prinsipi va cho'kma hosil bo'lish jarayonlarini chuqur tadqiq etishni talab etadi.

2. **Adabiyotlar tahlili.** Ichimlik suvi tozalash tizimlarida radial tindirgichlarning samarali ishlashini raminlash bugungi kundagi dolzarb muammolardan biri xisoblanadi. Suv manbalarining turli mexanik va organik aralashmalar bilan ifloslanishi tindirish jarayonining texnologik samaradorligini oshirishni talab etmoqda. Ayniqsa, dastlabki tozalash bosqichida suv tarkibidagi muallaq zarrachalarni samarali ajratib olish keyingi filtratsiya va dezinfeksiya jarayonlarining barqaror ishlashiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli radial tindirgichlarning gidravlik ish rejimlari, konstruktiv yechimlari va oqim taqsimotini ilmiy asosda tahlil qilish muhim ahamiyat kasb etadi. Ichimlik suvi tozalash inshootlarida radial tindirgichlarda cho'kma hosil bo'lish jarayonining nazariy tahlili Tom Bajcar., Franci Steinmanb., Brane Sirok., Tanja Preseren., Muhammad Tahseen Aslam., Jaroslav HRUDKA, Štefan STANKO, Michal HOLUBEC va boshqa olimlar tadqiqot ishlarini olib borishgan.

Tom Bajcar., Franci Steinmanb., Brane Sirok., Tanja Preseren “Kirish va chiqish joylari turlicha bo'lgan, uzluksiz ishlaydigan ikkita doiraviy tindirgichning tindirish samaradorligi (Sedimentation efficiency of two continuously operating circular settling tanks with different inlet-and outlet arrangements)” nomli tadqiqot ishini olib borishgan. Tadqiqotda radial tindirgichlarda cho'kma hosil bo'lish jarayonining nazariy asoslari va tindirish samaradorligiga ta'sir etuvchi omillar tahlil qilingan. Tadqiqot davomida tindirgich ichida suv oqimining harakatlanish qonuniyatlari, muallaq zarrachalarning cho'kish mexanizmi hamda kirish va chiqish qurilmalarining oqim taqsimotiga ta'siri o'rganildi. Shuningdek, turli konstruktiv yechimlarga ega radial tindirgichlarda cho'kma hosil bo'lish jarayoni va tindirish samaradorligi solishtirma tahlil asosida baholandi. Nazariy hisoblashlar natijasida suv oqimining bir tekis taqsimlanishi va gidravlik rejimlarning barqarorligi cho'kma ajralish samaradorligini oshirishi aniqlandi. Tadqiqot natijalari radial tindirgichlarning konstruktiv parametrlarini optimallashtirish hamda suv tozalash tizimlarining samaradorligini oshirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi [1].

Muhammad Tahseen Aslam “Xom oqava suvlardagi qattiq moddalarning cho'kishi birlamchi tindirgichlar va yomg'ir suvlari uchun rezervuarlar (Settling of solids in raw wastewater–primary

settling tanks and storm water tanks)”) nomli tadqiqot ishini olib borgan. Tadqiqotda zarrachalarning oqim ichidagi harakati hamda ularning gravitatsion cho‘kish qonuniyatlari tahlil etilgan. Tadqiqot davomida tindirgichga kirayotgan suv oqimining tezligi va yo‘nalishi cho‘kma qatlamining shakllanishiga qanday ta’sir ko‘rsatishi o‘rganildi. Ayniqsa, radial oqim hosil bo‘lishi natijasida mayda zarrachalarning markaziy va periferik zonalarda turlicha taqsimlanishi aniqlangan. Shuningdek, tindirgich tubida yig‘ilgan cho‘kmalarning zichlashish jarayoni va ularning qayta aralashib ketish ehtimoli nazariy jihatdan baholandi. Tadqiqot natijalari tindirish jarayonining barqarorligi suvning gidravlik yuklamasi va tindirgich geometriyasiga bevosita bog‘liq ekanligini ko‘rsatdi. Olingan xulosalar radial tindirgichlarning konstruktiv parametrlarini tanlash va suv tozalash tizimlarining samaradorligini oshirishda foydalanilishi mumkin. [2].

Jaroslav HRUDKA, Štefan STANKO, Michal HOLUBEC “Oqim va cho‘kindilar tahlili ikkilamchi cho‘kindilardagi jarayonlar (Analysis of flow and sedimentation processes in secondary sedimentation tank) nomli tadqiqot ishini olib borishgan. Tadqiqotda maqolada radial tindirgichlarda suv oqimining harakatlanishi va cho‘kma hosil bo‘lish jarayonlari nazariy jihatdan tahlil qilingan. Tadqiqot davomida tindirgich ichida hosil bo‘ladigan oqim qatlamlari, ularning o‘zaro ta’siri hamda muallaq zarrachalarning cho‘kish dinamikasi o‘rganildi. Oqartirish jarayonida suv oqimining tezligi va yo‘nalishidagi o‘zgarishlar cho‘kma qatlamining shakllanishiga sezilarli ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan. Ayniqsa, tindirgichning markaziy qismida yuzaga keladigan vertikal oqimlar va periferik zonalardagi sust harakatlanuvchi oqimlar zarrachalarning notekis taqsimlanishiga sabab bo‘lishi qayd etildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, tindirgich ichida gidravlik muvozanatni saqlash va oqimni barqaror boshqarish cho‘kma ajralish samaradorligini oshiradi. Shuningdek, tindirgichning geometrik o‘lchamlari va suvning ushlanish vaqti cho‘kish jarayonining asosiy boshqaruvchi omillari sifatida baholandi. Olingan natijalar radial tindirgichlarning nazariy hisoblarini takomillashtirish hamda suv tozalash inshootlarida tindirish jarayonlarini optimallashtirish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi [3].

3. Tadqiqot metodologiyasi. Jaroslav HRUDKA, Štefan STANKO, Michal HOLUBEC “Oqim va cho‘kindilar tahlili ikkilamchi cho‘kindilardagi jarayonlar (Analysis of flow and sedimentation processes in secondary sedimentation tank) tadqiqot metodologiyasi. tahlil qilindi. Mazkur tadqiqotda radial tindirgichlarda cho‘kma hosil bo‘lish jarayonini nazariy baholash uchun gidravlik tahlil va oqim modellashtirish usullaridan foydalanildi. Tadqiqotning asosiy maqsadi tindirgich ichidagi suv oqimining harakat xarakterini, muallaq zarrachalarning cho‘kish mexanizmini hamda oqim rejimining cho‘kma qatlamiga ta’sirini aniqlashdan iborat bo‘ldi.

Tadqiqot jarayonida radial tindirgichning geometrik parametrlari, jumladan diametri, chuqurligi va suvning ushlanish vaqti asosiy tahlil mezonlari sifatida qabul qilindi. Suv oqimining markaziy qismdan tashqi zonalarga tarqalishi hamda oqim tezligining o‘zgarishi nazariy hisoblashlar asosida baholandi. Shu bilan birga, tindirgich ichida hosil bo‘ladigan vertikal va gorizontal oqimlarning muallaq zarrachalar harakatiga ta’siri o‘rganildi. Cho‘kish jarayonini tahlil qilishda zarrachalarning zichligi, o‘lchami va suv muhitidagi harakat qonuniyatlari hisobga olindi. Oqartirish zonasida oqimning turbulent holatga o‘tishi yoki sust harakatlanishi natijasida cho‘kma qatlamining shakllanishi va qayta aralashish ehtimoli tahlil qilindi. Tadqiqot davomida oqimning notekis taqsimlanishi yuzaga keladigan hududlar aniqlanib, ularning tindirish samaradorligiga ta’siri baholandi. Olingan natijalar asosida radial tindirgichlarda gidravlik barqarorlikni ta’minlash, suv oqimini me’yoriy boshqarish va cho‘kma hosil bo‘lish jarayonini optimallashtirish bo’yicha nazariy tavsiyalar ishlab chiqildi. Tadqiqot metodologiyasi radial tindirgichlarning samaradorligini oshirish va suv tozalash tizimlarini takomillashtirish uchun ilmiy asos sifatida xizmat qiladi [3].

4. Tahlil va natijalar. Tadqiqot davomida radial tindirgichlarda suv oqimining harakatlanish xususiyatlari va cho‘kma hosil bo‘lish jarayonlari nazariy jihatdan tahlil qilindi. Hisoblash natijalari shuni ko‘rsatdiki, tindirgichning markaziy qismida suv oqimining tezligi yuqori bo‘lib, periferik zonalarga yaqinlashgan sari oqim sekinlashadi. Mazkur holat muallaq zarrachalarning bosqichma-bosqich cho‘kishiga qulay sharoit yaratadi. Shu bilan birga, ayrim hududlarda oqimning notekis harakatlanishi va girdobsimon oqimlarning hosil bo‘lishi cho‘kmalarning qayta aralashishiga sabab bo‘lishi aniqlandi. Tahlillar natijasida tindirgich ichidagi

гидравлик rejim cho'kma qatlamining shakllanishiga bevosita ta'sir ko'rsatishi kuzatildi. Oqartirish zonasida suvning haddan tashqari tez harakatlanishi mayda dispers zarrachalarning to'liq cho'kmasligiga olib kelishi qayd etildi. Aksincha, oqim tezligi me'yoriy darajada saqlanganda zarrachalarning tub qismga barqaror cho'kishi ta'minlandi. Nazariy hisoblashlar davomida tindirgich diametri va suvning ushlanish vaqti asosiy samaradorlik omillari sifatida baholandi. Diametrning ortishi oqimning bir tekis taqsimlanishiga yordam berishi, ammo ortiqcha gidravlik yuklama sharoitida cho'kma qatlamining noturg'un holatga kelishi mumkinligi aniqlandi. Bundan tashqari, markaziy suv taqsimlash qurilmasining konstruktiv yechimi oqimning barqaror harakatlanishida muhim rol o'ynashi kuzatildi. Olingan natijalar radial tindirgichlarda cho'kma hosil bo'lish jarayoni suv oqimining gidrodinamik holati bilan chambarchas bog'liqligini ko'rsatdi. Oqartirish jarayonida optimal gidravlik rejimni tanlash, oqimni bir tekis boshqarish va tindirgichning geometrik parametrlarini to'g'ri loyihalash orqali tindirish samaradorligini sezilarli darajada oshirish mumkinligi aniqlandi. Ushbu natijalar suv tozalash inshootlarini modernizatsiya qilish va radial tindirgichlarning nazariy hisoblarini takomillashtirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi [3].

Xulosa. Mazkur tadqiqotda radial tindirgichlarda cho'kma hosil bo'lish jarayonining nazariy asoslari hamda suv oqimining gidravlik xususiyatlari tahlil qilindi. Olib borilgan ilmiy tahlillar shuni ko'rsatdiki, tindirish samaradorligi suv oqimining barqaror harakati, muallaq zarrachalarning cho'kish tezligi va tindirgichning konstruktiv parametrlariga bevosita bog'liq hisoblanadi [4]. Ayniqsa, tindirgich ichida oqimning notekis taqsimlanishi va turbulent zonalarining hosil bo'lishi cho'kmalarning qayta aralashishiga sabab bo'lib, tindirish sifatining pasayishiga olib kelishi aniqlandi. Tadqiqot natijalari asosida radial tindirgichlarda optimal gidravlik rejimlarni ta'minlash, suv oqimini bir tekis boshqarish hamda markaziy taqsimlash qurilmalarining konstruktiv yechimlarini takomillashtirish cho'kma ajralish samaradorligini sezilarli darajada oshirishi qayd etildi [5]. Shuningdek, tindirgich diametri, suvning ushlanish vaqti hamda oqim tezligi cho'kish jarayonining asosiy boshqaruvchi omillari sifatida baholandi. Nazariy tahlillar radial tindirgichlarda cho'kma hosil bo'lish jarayoni murakkab gidrodinamik hodisa ekanligini va uni chuqur o'rganish suv tozalash tizimlarining samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etishini ko'rsatdi [6]. Olingan natijalar suv tozalash inshootlarini modernizatsiya qilish, energiya tejankor texnologiyalarni joriy etish hamda radial tindirgichlarning nazariy va amaliy hisoblarini takomillashtirish uchun ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi [7].

Adabiyotlar

- [6]. Tom Bajcar., Franci Steinmanb., Brane Sirok., Tanja Preseren. // Sedimentation efficiency of two continuously operating circular settling tanks with different inlet- and outlet arrangements. // Article history: Received 16 August 2011 Received in revised form 18 October 2011 Accepted 18 October 2011
- [7]. Muhammad Tahseen Aslam. // Settling of solids in raw wastewater –primary settling tanks and storm water tanks. // Verlag der Technischen Universität Graz www.ub.tugraz.at/Verlag ISBN 978-3-85125-226-2 Bibliografische Information der Deutschen Bibliothek: Die Deutsche Bibliothek verzeichnet diese Publikation in der Deutschen Nationalbibliografie; detaillierte bibliografische Daten sind im Internet über <http://dnb.ddb.de> abrufbar.
- [8]. Jaroslav HRUDKA, Štefan STANKO, Michal HOLUBEC. // Analysis of flow and sedimentation processes in secondary sedimentation tank. // pollack periodica. // An International Journal for Engineering and Information Sciences. // DOI: 10.1556/606.2017.12.2.7 Vol. 12, No. 2, pp. 79–89 (2017) www.akademai.com
- [9]. Самиев Л.,Оқимдаги чуқинди заррачаларни фракциялар бўйича бошқаришнинг аҳамияти// Тошкент, “Агро илм” журнали, 2011. 58-59 б.
- [10]. Бобоҳўжаев И. И.,Узоқов П. У.Тупроқшунослик Т.,Уқитувчи, 1995 й.–321 б.
- [11]. Samiev, L., Shaymardonov, S., Xoshimov, S., Mamadiyrov, O. Dynamics of sediment formation in natural lakes and reservoirs E3S Web of Conferences, 2023, 452, 02019
- [12]. Samiev, L., Vokhidova, U., Tursunova, E., ... Babajanov, F., Shaymardonov, S. Analysis of the causes of silting of natural channels E3S Web of Conferences, 2024, 508, 07006

SUV TOZALASH TIZIMLARIDA RADIAL TINDIRGICHLARNING KONSTRUKTIV YECHIMLARI VA SAMARADORLIGI

I.O. Umiriddinov^{1*}, S.N. Xoshimov², Sh.J. Jetpisbaeva³

¹Farg'ona davlat texnika universiteti,

²Toshkent shahridagi Belarus-O'zbekiston qo'shma tarmoqlararo amaliy texnik kvalifikatsiyalar instituti,

³Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" milliy tadqiqot universiteti.

*Mas'ul muallif, e-mail: umirdinov93i@gmail.com

(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Mazkur maqolada suv tozalash tizimlarida qo'llaniladigan radial tindirgichlarning konstruktiv yechimlari va ularning ishlash samaradorligi tahlil qilingan. Tadqiqot davomida tindirgichlarning gidravlik ish rejimi, suv oqimining taqsimlanishi, cho'kma hosil bo'lish jarayoni hamda tindirish sifatiga ta'sir etuvchi asosiy omillar o'rganildi. Shuningdek, radial tindirgichlarning geometrik parametrlari, markaziy suv taqsimlash qurilmalari va loyqa yig'ish mexanizmlarining samaradorlikka ta'siri baholandi. Tadqiqotda gidravlik hisoblash, nazariy tahlil hamda CFD va sonli modellashtirish usullaridan foydalanilib, tindirgich ichidagi oqim harakati va turbulentligining tindirish jarayoniga ta'siri aniqlangan. Olingan natijalar radial tindirgichlarni konstruktiv jihatdan takomillashtirish suvni tozalash sifatini yaxshilash, energiya sarfini kamaytirish va inshootlarning ekspluatatsion ishonchligini oshirishda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko'rsatadi. Tadqiqot natijalari suv tozalash inshootlarini loyihalash va modernizatsiya qilishda amaliy ahamiyat kasb etadi.

Tayanch so'zlar: radial tindirgich, suv tozalash tizimi, gidravlik hisob, tindirish jarayoni, CFD modellashtirish, suv oqimi, loyqa cho'kishi, konstruktiv yechimlar, gidravlik samaradorlik, suv taqsimlash qurilmasi, loyqa yig'ish mexanizmi, turbulentlig, suvni tindirish, oqava suv, modernizatsiya, energiya tejamkorlik.

Аннотация. This article analyzes the structural solutions of radial settling tanks used in water treatment systems and their operational efficiency. during the study, the hydraulic operating mode of the settling tanks, the distribution of water flow, the sedimentation process, and the main factors affecting settling quality were studied. the influence of the geometric parameters of radial settling tanks, central water distribution devices, and sludge collection mechanisms on efficiency was also evaluated. the study utilized hydraulic calculation, theoretical analysis, cfd, and numerical modeling methods to determine the influence of flow motion and turbulence within the settling tank on the settling process. the results obtained show that the structural improvement of radial settling tanks plays an important role in improving water treatment quality, reducing energy consumption, and increasing the operational reliability of structures. results of research on water treatment facilities.

Ключевые слова: радиальный отстойник, система очистки воды, гидравлический расчет, процесс отстаивания, моделирование CFD, водный поток, осаждение ила, конструктивные решения, гидравлическая эффективность, водораспределительное устройство, механизм сбора ила, турбулентность, отстаивание воды, сточные воды, модернизация, энергосбережение.

Abstract. Radial settling tank, water purification system, hydraulic calculation, settling process, CFD modeling, water flow, silt deposition, structural solutions, hydraulic efficiency, water distribution device, silt collection mechanism, turbulence, water settling, wastewater, modernization, energy efficiency.

Keywords: radial settling tank, water purification system, hydraulic calculation, settling process, CFD modeling, water flow, silt deposition, structural solutions, hydraulic efficiency, water distribution device, silt collection mechanism, turbulence, water settling, wastewater, modernization, energy efficiency.

1. **Kirish.** Angliyada 1876 yili daryolar muxofazasi tog'risidagi qonun qabul qilingan, daryo suvlariga iflosliklarni tashlash man etilgan. Shunga uxshash qonunlar keyinchalik Frantsiya, Rossiyada va boshqa davlatlarda xam qabul qilingan edi.

Orta Osiyo xalqlari xususan, o'zbek xalki orasida suvga xatto tufurish xam man qilingan, agar qisman suv xavzalariga iflosliklarni tashlasa, xalq oldida gunoxkor sanalib, izza qilinar , jazoga maxkum etilardi.

Suv xavzalarini asrash davlat ishi bo'lib, bunda juda ko'p tashkilotlar, vazirliklar, qo'mitalar qatnashadi.

Ochiq suvlarni asrash va muxofaza qilish bizdagi davlat suv qonunchiligi asoslarida uz ifodasini topgan. Bu qonunchilik asoslariga ko'ra tegishli tashkilotlar zimmasiga suv xavzalarini muxofaza qilish vazifasi yuklatiladi.

Shuni aloxida qayd qilish kerakki, iflosliklar ichida eng xavfli chidamliligi va zaxarliligi bilan ajralib turuvchi neft maxsuloti, og'ir metallar, kislota va ishkorlardir.

Neft maxsulotlari suvga tushganda 300 km gacha tarqaladi, suv yuzasida ulkan dog'lar paydo qiladi, natijada suvni xavodan ajratib, gaz almashinuvini buzadi.

Sanoat korxonalaridagi chikindi suvlar paydo bulishiga kura uch guruxga bulinadi.

Birinchi guruxga chiqindi suvlarga suvni texnologik jarayonda reagent sifatida ishlatish oqibatida paydo bo'ladigan suvlar kiradi. Bu suvlar texnologik jarayonda qatnashganda zararli moddalar bilan ifloslanadi.

Ikkinchi gurux agregatlar va apparatlarni sovutishda xamda qo'shimcha operatsiya va jarayonlarda qatnashish oqibatida paydo bo'ladigan chiqindi suvlar kiradi. Bunday suvlar odatda ifloslanmasa-da, lekin xarorati yuqori buladi.

Uchinchi guruxga yordamchi xo'jalik, qo'shimcha tsexlar, omborlar, transport vositalari va xokazolardan paydo buladigan chiqindi suvlar kiradi. Bu suvlar turli zaxarli moddalar bilan ifloslangan bo'lishi mumkin [1].

2. Adabiyotlar tahlili. Suv tozalash tizimlarida radial tindirgichlarning konstruktiv yechimlari bo'yicha Aleksandrina Bankova., Anastas Yangyozov., Stefan Tenev., Asparuh Atanasov., Nikolay Voutchkov., Mahmoud Lutfy., Kamal El-Nahha., Mohamed Safwat., Anastasios Stamou Afina., Konstantinos Ksantopoulos. va boshqa olimlar tadqiqot ishlarini olib borishgan.

Aleksandrina Bankova., Anastas Yangyozov., Stefan Tenev., Asparuh Atanasov "Oqova suvlarni tozalash uchun ikkilamchi radial tindirgichning loyihaviy yechimida suyuqlikning ikki fazali oqimini modellashtirish. (Simulation of a Two-Phase Fluid Flow in a Design Solution of a Secondary Radial Settling Tank for Wastewater Treatment)" nomli tadqiqot ishini olib borishgan. Tadqiqotda suv tozalash tizimlarida qo'llaniladigan radial tindirgichlarning konstruktiv yechimlari hamda ularning texnologik samaradorligi tahlil qilingan. Tadqiqot davomida ikki fazali suyuqlik oqimining gidrodinamik harakati modellashtirilib, tindirish jarayoniga ta'sir etuvchi asosiy omillar o'rganildi. Radial tindirgichlarning geometrik shakli, oqim tezligi, cho'kma hosil bo'lish jarayoni va suvning aylanish harakati samaradorlik nuqtai nazaridan baholandi. Hisoblash va modellashtirish natijalari tindirgich ichida oqimning notekis taqsimlanishi hamda turbulent zonalarining hosil bo'lishi tindirish sifatiga sezilarli ta'sir ko'rsatishini ko'rsatdi. Shu bilan birga, konstruktiv elementlarni takomillashtirish orqali suvni tindirish samaradorligini oshirish, energiya sarfini kamaytirish va ekspluatatsion ishonchlilikni yaxshilash imkoniyatlari asoslab berildi. Tadqiqot natijalari oqava va ichimlik suvlarini tozalash inshootlarini loyihalash hamda modernizatsiya qilish jarayonlarida amaliy ahamiyatga ega [2].

Nikolay Voutchkov "Tindirgich dizayni (Settling Tank Design)" nomli tadqiqot ishini olib borishgan. Tadqiqotda suv tozalash tizimlarida qo'llaniladigan radial tindirgichlarning konstruktiv yechimlari, ishlash prinsiplari hamda samaradorligini oshirish usullari tahlil qilingan. Radial tindirgichlarning gidravlik ish rejimi, oqim harakatining taqsimlanishi, cho'kma hosil bo'lish jarayoni va suvni tindirish sifatiga ta'sir etuvchi asosiy omillar o'rganilgan. Shuningdek, zamonaviy loyihalash yondashuvlari asosida tindirgichlarning geometrik parametrlari, markaziy suv taqsimlash qurilmalari va loyqa yig'ish mexanizmlarining samaradorlikka ta'siri baholangan. Tadqiqot natijalari radial tindirgichlarning suv tozalash inshootlarida yuqori samaradorlikka ega ekanligini, energiya sarfini kamaytirish va tozalash sifatini yaxshilashda muhim ahamiyat kasb etishini ko'rsatadi. Maqolada tindirgichlarning konstruktiv jihatdan takomillashtirilgan variantlarini qo'llash orqali suvni tindirish jarayonining barqarorligini oshirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan [3].

Mahmoud Lutfy., Kamal El-Nahha., Mohamed Safwat "To'g'ri to'rtburchakli sozlash unumdorligini optimallashtirish kichik suv tozalash qurilmalaridagi tindirgichlar soni bo'yicha yondashuv (Performance optimization of rectangular settling tanks in small water treatment plants

by numerical approach)”) nomli tadqiqot ishini olib borishgan. Tadqiqotda suv tozalash tizimlarida qoʻllaniladigan radial tindirgichlarning konstruktiv yechimlari va ularning ishlash samaradorligini oshirish masalalari tadqiq etilgan. Tadqiqotda gidravlik oqimlarning taqsimlanishi, tindirish jarayonidagi turbulentligining kamaytirilishi hamda choʻkma hosil boʻlish jarayoniga taʼsir etuvchi omillar sonli modelashtirish usullari asosida tahlil qilingan. Radial tindirgichlarning geometrik oʻlchamlari, markaziy suv taqsimlash qurilmalari va loyqa yigʻish mexanizmlarining ish unumdorligiga taʼsiri baholangan. Shuningdek, suv oqimining bir tekis taqsimlanishini taʼminlash orqali tindirish samaradorligini oshirish va energiya sarfini kamaytirish imkoniyatlari koʻrib chiqilgan. Olingan natijalar radial tindirgichlarning konstruktiv jihatdan takomillashtirilishi suv tozalash inshootlarining barqaror ishlashi va suv sifatini yaxshilashda muhim ahamiyatga ega ekanligini koʻrsatadi. Maqolada kichik va oʻrta quvvatli suv tozalash inshootlarida samaradorlikni oshirish boʻyicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan [4].

Anastasios Stamou Afina., Konstantinos Ksantopoulos “CFD modeli yordamida ikkilamchi tindirgichlarni loyihalash (Design of Secondary Settling Tanks Using a CFD Model)” nomli tadqiqot ishini olib borishgan. Tadqiqotda suv tozalash tizimlarida qoʻllaniladigan radial tindirgichlarning konstruktiv yechimlari hamda ularning gidravlik samaradorligini oshirish masalalari oʻrganilgan. Tadqiqotda hisoblash suyuqliklar dinamikasi (CFD) modeli yordamida tindirgich ichidagi oqim harakati, choʻkma zarrachalarining taqsimlanishi va turbulentligining taʼsiri tahlil qilingan. Radial tindirgichlarning geometrik parametrlari, markaziy kirish zonasi va loyqa yigʻish mexanizmlarining ishlash samaradorligiga taʼsiri baholangan. Shuningdek, suv oqimining optimal taqsimlanishi orqali tindirish jarayonini barqarorlashtirish va suvni tozalash sifatini yaxshilash imkoniyatlari aniqlangan. Tadqiqot natijalari CFD modelashtirish usullaridan foydalanish radial tindirgichlarni loyihalash va modernizatsiya qilishda yuqori aniqlikdagi yechimlarni ishlab chiqishga xizmat qilishini koʻrsatadi. Maqolada suv tozalash inshootlarida energiya tejankor va samarali tindirish jarayonlarini tashkil etish boʻyicha amaliy tavsiyalar keltirilgan [5].

3. Tadqiqot metodologiyasi. Mazkur tadqiqot ishida Nikolay Voutchkovning “Tindirgich dizayni” mavzusidagi tadqiqotning metodologiyasini korib chiqamis. azkur tadqiqotda suv tozalash tizimlarida qoʻllaniladigan radial tindirgichlarning konstruktiv yechimlari va samaradorligini baholash uchun nazariy, amaliy hamda hisoblash usullaridan foydalanildi. Tadqiqotning dastlabki bosqichida tindirgichlarning ishlash prinsiplari, gidravlik jarayonlari va loyihalash mezonlari boʻyicha mahalliy hamda xorijiy ilmiy manbalar tahlil qilindi. Jumladan, tindirish jarayonida oqim tezligi, suvning ushlanish vaqti, choʻkma hosil boʻlish jarayoni hamda loyqa yigʻish mexanizmlarining samaradorligiga taʼsir etuvchi omillar oʻrganildi.

Tadqiqot davomida radial tindirgichlarning turli konstruktiv variantlari oʻzaro taqqoslanib, ularning gidravlik samaradorligi aniqlash uchun hisoblash ishlari bajarildi. Bunda suv oqimining tindirgich ichida bir tekis taqsimlanishi, turbulentligining kamayishi va choʻkma zarrachalarining samarali ajralishi asosiy mezon sifatida qabul qilindi. Shuningdek, tindirgichlarning geometrik parametrlari — diametri, chuqurligi, markaziy taqsimlash kamerasi va loyqa yigʻish mexanizmlarining ishlash koʻrsatkichlari tahlil qilindi.

4. Tahlil va natijalar. Tadqiqot davomida suv tozalash tizimlarida qoʻllaniladigan radial tindirgichlarning konstruktiv yechimlari va gidravlik samaradorligi tahlil qilindi. Oʻtkazilgan hisoblashlar va nazariy tahlillar natijasida radial tindirgichlarda suv oqimining markazdan periferiyaga bir tekis harakatlanishi tindirish jarayonining samaradorligini oshirishi aniqlandi. Oqartirish va choʻktirish jarayonida oqim tezligining meʼyoriy darajada saqlanishi mayda dispers zarrachalarning samarali choʻkishini taʼminlashi kuzatildi.

Tahlillar shuni koʻrsatdiki, tindirgich diametri va chuqurligining optimal nisbatda tanlanishi suvning tindirgichda ushlanish vaqtini oshirib, choʻkma ajralish jarayonini yaxshilaydi [6]. Markaziy suv taqsimlash qurilmasining takomillashtirilgan konstruksiyasi oqimning notekis taqsimlanishini kamaytirib, turbulentligining pasayishiga xizmat qiladi. Natijada tindirilgan suv sifati yaxshilanib, loyqa miqdori kamayadi [7].

Shuningdek, loyqa yig'ish mexanizmlarining uzluksiz ishlashi tindirgich tubida cho'kmalarning to'planib qolishini kamaytirishi va inshootning ekspluatatsion samaradorligini oshirishi aniqlandi [8]. Gidravlik hisoblash natijalariga ko'ra, radial tindirgichlarda suv oqimining optimal tezligi saqlanganda tindirish samaradorligi sezilarli darajada ortadi hamda energiya sarfi kamayadi [9].

Olingan natijalar asosida radial tindirgichlarning konstruktiv jihatdan modernizatsiya qilinishi suv tozalash inshootlarining barqaror ishlashi, suv sifatining yaxshilanishi va ekspluatatsiya xarajatlarining kamayishiga ijobiy ta'sir ko'rsatishi isbotlandi. Tadqiqot natijalari zamonaviy suv tozalash tizimlarini loyihalash va mavjud tindirgichlarni rekonstruksiya qilishda amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi [10].

Xulosa. Mazkur tadqiqot ishida suv tozalash tizimlarida qo'llaniladigan radial tindirgichlarning konstruktiv yechimlari va ularning gidravlik samaradorligi tahlil qilindi [11]. Tadqiqot natijalari radial tindirgichlarning geometrik parametrlari, markaziy suv taqsimlash qurilmalari hamda loyqa yig'ish mexanizmlarining tindirish jarayoniga sezilarli ta'sir ko'rsatishini aniqladi [12]. Oqartirish va tindirish jarayonida suv oqimining bir tekis taqsimlanishi hamda turbulentligining kamayishi mayda dispers zarrachalarning samarali cho'kishini ta'minlashi isbotlandi [13,14,15].

Shuningdek, tindirgich diametri va chuqurligining optimal tanlanishi suvning ushlanish vaqtini oshirib, tindirish sifatini yaxshilashi aniqlandi [16]. Tadqiqot davomida gidravlik hisoblash va modellastirish usullaridan foydalanish tindirgichlarning ishlash samaradorligini baholashda yuqori aniqlikdagi natijalarni olish imkonini berdi. CFD va sonli modellastirish usullarini qo'llash oqim harakatini chuqur tahlil qilish, konstruktiv kamchiliklarni aniqlash hamda energiya tejankor yechimlarni ishlab chiqishda samarali ekanligi ko'rsatildi.

Olingan natijalar asosida radial tindirgichlarni konstruktiv jihatdan modernizatsiya qilish suv tozalash inshootlarining ekspluatatsion ishonchligini oshirishi, energiya sarfini kamaytirishi va tozalangan suv sifatini yaxshilashi mumkinligi asoslab berildi [17]. Tadqiqot natijalari zamonaviy suv tozalash tizimlarini loyihalash, mavjud tindirgichlarni rekonstruksiya qilish va ularning texnologik samaradorligini oshirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega hisoblanadi.

Adabiyotlar

- [1]. https://dilshod-hikmat.ucoz.ru/publ/suv_manbalari_va_ularni_ximoyalash_2/1-1-0-22
- [2]. Aleksandrina Bankova., Anastas Yangyozov., Stefan Tenev., Asparuh Atanasov // Simulation of a Two-Phase Fluid Flow in a Design Solution of a Secondary Radial Settling Tank for Wastewater Treatment. // Eng. Proc. 2025, 104, 21. // Proc. 2025, 104, 21. <https://doi.org/10.3390/engproc2025104021>
- [3]. Nikolay Voutchkov . // Settling Tank Design // 20 December 2005 Asian Water. // DOI:[10.1002/047147844X.mw506](https://doi.org/10.1002/047147844X.mw506) In book: Water Encyclopedia
- [4]. Mahmoud Lutfy, Kamal El-Nahha, Mohamed Safwat. // Performance optimization of rectangular settling tanks in small water treatment plants by numerical approach. // Eighteenth International Water Technology Conference, IWTC18 Sharm ElSheikh, 12-14 March 2015
- [5]. Anastasios Stamou ., Theodoridis Konstantinos Design of Secondary Settling Tanks Using a CFD Model. // July 2009 Journal of Environmental Engineering 135(7) DOI:10.1061/(ASCE)0733-9372(2009)135:7(55)
- [6]. Самиев Л.,Окимдаги чуқинди заррачаларни фракциялар бўйича бошқаришнинг аҳамияти// Тошкент, “Агро илм” журнали, 2011. 58-59 б.
- [7]. Бобоҳўжаев И. И.,Узоқов П. У.Тупроқшунослик Т.,Уқитувчи, 1995 й.–321 б.
- [8]. Samiev, L., Shaymardanov, S., Xoshimov, S., Mamadiyorov, O. Dynamics of sediment formation in natural lakes and reservoirs E3S Web of Conferences, 2023, 452, 02019
- [9]. Samiev, L., Vokhidova, U., Tursunova, E., ... Babajanov, F., Shaymardonov, S. Analysis of the causes of silting of natural channels E3S Web of Conferences, 2024, 508, 07006
- [10]. Fakhari A. and Ghanbari A. (2013), “A simple method for calculating the seepage from earth dams with clay core”, J. of Geo-Engg., Volume 8, Issue 1, pp. 27-32, Availableat:
- [11]. Панов С.И., Веселов А.Б. Особенности работы пьезометрических устройств в плотинах с элементами из глинистых грунтов // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2016. Т. 280. С. 65–78.
- [12]. Кондратенко П.В., Воронков О.К., Шейкин А.М., Ганин А.В., Ушакова Л.Ф. Инженерно-гео физические исследования состояния левобережного примыкания бетонной плотины Волховской ГЭС // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2018. Т. 288. С. 37–45.

- [13]. Орищук Р.Н. Проблемы проектирования, строительства и эксплуатации глиноцементобетонных диафрагм грунтовых плотин, возводимых методом буросекущихся свай // Известия ВНИИГ им. Б.Е. Веденеева. 2018. Т. 287. С. 3–13.
- [14]. Jain A., Choudhary R.K. Rehabilitation of pervious foundation of Kanupur earth dam, Odisha — a case study // International Dam Safety Conference. Bhubaneswar, Odisha. February 2019. Vol. 2. Pp. 931–939.
- [15]. Montfort A., Breul B. Bituminous geomembrane increasing tendency on Europe, America and Australia, to assume and renew watertightness of dams and reservoirs // International Dam Safety Conference. Bhubaneswar, Odisha. February 2019. Vol. 2. Pp. 837–847.
- [16]. Mackenzie L. Davis. Water and wastewater engineering: Design Principles and Practice// McGraw-Hill, New York, 2018.
- [17]. Zokirov U.T., Buriev I.S. “Aholiga ichimlik suv tayorlash texnologiyasi” T.TAQI., 2017 yil.

ARCHITECTURAL SOLUTIONS FOR LIVESTOCK FACILITIES THAT CONSIDER THE ERGONOMICS OF CATTLE

Z.O. Kimsanov

Fergana State Technical University

zokirjon.kimsanov@mail.ru Tel: +998973367212

(Received on April 6 th, 2026)

Abstrakt: Chorvachilik xo‘jaliklarini ergonomik tamoyillar asosida loyihalashtirish hayvonlarning farovonligini ta‘minlash, mahsuldorlikni oshirish va chirovachilik ishlarining funksional samaradorligini oshirishning asosiy omilidir. Farg‘ona viloyatida ko‘p boqiladigan simmental zotli sog‘in sigirlarning o‘lcham xususiyatlariga asoslanilgan. Metodika sigirlarning tana o‘lchamlari, yotish va oziqlantirish holatlari, harakatlanish, dam olish va oziqlantirish faoliyati uchun kompazitsion va badiiy talablarni tahlil qilishni o‘z ichiga oladi. Ushbu ergonomik ko‘rsatkichlardan kelib chiqqan holda, ikki qatorli sigirxona 30 bosh sigir uchun loyihalashtirilgan bo‘lib, unda vazni 800 kg gacha bo‘lgan hayvonlar saqlanishi ko‘zda tutilgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, hayvonlarning tana o‘lchamlariga mos ravishda oziqlantirish jihozlari, dam olish joylari, o‘tish yo‘llari va binoning umumiy sxemasini optimallashtirish mumkin. Taklif etilayotgan loyihada bino o‘lchamlari 13,20x18,20 m, foydali maydoni 240,24 m² ni tashkil etadi. Bu har bir sigirga erkin harakatlanish uchun 6,1 m² va dam olish uchun 1,69 m² joy beradi. Maqola davomida natijalar shuni ko‘rsatadiki, me‘moriy loyihalash jarayoniga ergonomik parametrlarni kiritish hayvonlarning qulayligini oshirish, salomatligini yaxshilash, stressni kamaytirish va sut ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga yordam beradi.

Kalit so‘zlar: chorvachilik binolari, qoramol ergonomikasi, sut-tovar fermasi dizayni, me‘moriy loyihalash, hayvonlar farovonligi, Simmental sigirlari, oziqlantirish tizimlari, dam olish boks(lar)i, chorva saqlash joylari, qishloq xo‘jaligi arxitekturası.

Abstract: Designing livestock farms based on ergonomic principles is a key factor in ensuring animal welfare, increasing productivity, and improving the functional efficiency of livestock operations. This study is based on the dimensional characteristics of Simmental dairy cows, a breed widely raised in the Fergana region. The methodology includes an analysis of the cows' body dimensions and postures while lying and feeding, as well as the spatial and functional requirements for their movement, rest, and feeding activities. Based on these ergonomic indicators, a two-row cowshed was designed for 30 cows, intended to house animals weighing up to 800 kg. The results indicate that feeding equipment, resting areas, passageways, and the overall building layout can be optimized according to the animals' body dimensions. In the proposed design, the building's dimensions are 13.20x18.20 m, with a usable area of 240.24 m². This provides each cow with 6.1 m² for free movement and 1.69 m² for rest. The findings of this article demonstrate that incorporating ergonomic parameters into the architectural design process helps to increase animal comfort, improve health, reduce stress, and enhance the efficiency of milk production.

Keywords: livestock buildings, cattle ergonomics, dairy farm design, architectural design, animal welfare, Simmental cows, feeding systems, rest stalls, livestock housing, agricultural architecture.

Аннотация: Проектирование животноводческих ферм на основе эргономических принципов является ключевым фактором обеспечения благополучия животных, повышения продуктивности и повышения функциональной эффективности животноводческих операций. Данное исследование основано на размерных характеристиках симментальских молочных коров, широко разводимых в Ферганской области. Методика включает анализ размеров туловища коров, позы лежания и кормления, а также композиционных и художественных требований к их движению, отдыху и кормлению. Исходя из этих эргономических показателей, был спроектирован двухрядный коровник на 30 коров, предназначенный для содержания животных весом до 800 кг. Результаты показывают, что оборудование для кормления, зоны отдыха, проходы и общая планировка здания могут быть оптимизированы в соответствии с размерами тела животных. В предлагаемом проекте размеры здания составляют 13,20х18,20 м, а полезная площадь — 240,24 м². Это дает каждой корове 6,1 м² для свободного передвижения и 1,69 м² для отдыха. Результаты данной статьи показывают, что включение эргономических параметров в процесс архитектурного проектирования способствует повышению комфорта животных, улучшению их здоровья, снижению стресса и повышению эффективности производства молока.

Ключевые слова: животноводческие здания, эргономика скота, дизайн молочно-товарной фермы, архитектурное проектирование, благополучие животных, коровы Симментала, системы кормления, бокс (ы) отдыха, места содержания скота, сельскохозяйственная архитектура.

INTRODUCTION

The architectural design of all types of buildings and structures takes into account factors such as the original parameters of objects or their physical dimensions. Similarly, knowledge of the basic dimensions of animals and the space they require to perform basic behaviors, e.g. lying, feeding or walking, is fundamental to the design of cow housing. These were the right of an animal to have sufficient freedom of movement to allow it to get up, lie down, groom normally, turn around, and stretch its limbs, without difficulty. [5] If a housing system for animal production is to be successful, it must provide for the spatial and behavioral needs of the animal. A good free stall design that will enhance the comfort, health and productivity of cows should consider and make provision for a relatively soft, clean, flat surface with grip; sufficient space for animals lunging forward while rising; space for movement of the head; space for body movement in lying position and sufficient space for the hips when resting, but with adequate restriction of the cow from lying in crosswise position. Strength, durability, efficiency of spaces and maintenance cost are other considerations free stall design.[1] Likewise, any normally fit adult person, regardless of sex, physical strength and body dimensions should be able to work comfortably in livestock buildings.[2] Ensuring the free movement of livestock in livestock buildings is of significant importance. The conflict between reducing wind speed into a building to prevent wind chill, whilst allowing adequate fresh air to maintain a healthy environment, is a crucial part of building design. Draughts hitting animals causes them to lose heat energy. Energy loss will double when wind speed rises from 0 to 6.8m/s (15mph). [3] When considering ergonomic parameters, the aforementioned changes in internal and external air also have an effect. Optimum comfort for the animal so that it will produce most. This involves protection from rain and extremes of heat and cold and strong winds; adequate ventilation.[4] At present, it is generally agreed that the basic requirements for welfare of livestock are:

1. the provision of readily accessible fresh water and nutritionally adequate food as required;
2. adequate freedom of movement to express normal behaviour;
3. freedom from fear and distress;
4. social contact with herd mates;
5. freedom from discomfort, pain, injury and disease;
6. sufficient light;
7. complexity and change in their environment to avoid boredom; and
8. avoidance of unnecessary mutilation.

Cows are gregarious animals that live in groups. Each animal needs physical and visual contact with other members of its species to exhibit normal behaviour [5].

MATERIALS AND METHODS

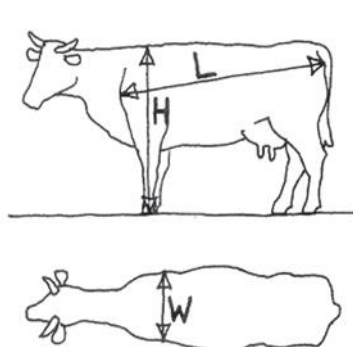


Figure 1. Body dimensions of cows (H-Height at withers, L-Diagonal body length, W-Width of chest).

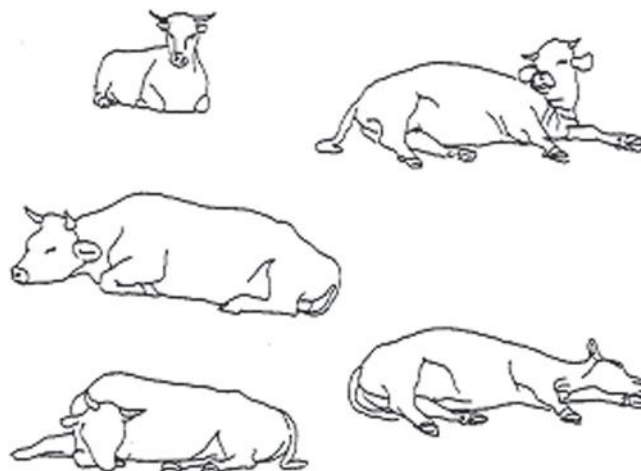


Figure 2. Natural lying positions.

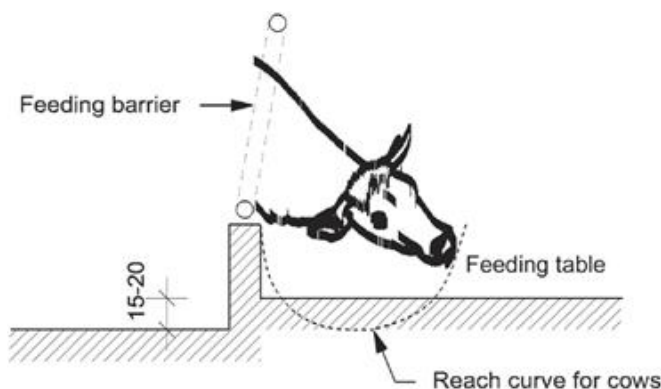


Figure 3. Reach curve for cows
Dimensions of Simmental (Fleckvieh) cows.

The lying-down behaviour requires enough space to be carried out normally. The head and body of a mature cow may thrust forward 0.6 - 0.7 metres during both the lying down and rising processes as a means of counterbalancing the motion [5].

Table 1

Weight (kg)	H (m)			L (m)			W (m)		
	Min.	Average	Max.	Min.	Average	Max.	Min.	Average	Max.
500	1.20	1.27	1.35	1.37	1.48	1.60	0.38	0.46	0.54
600	1.26	1.33	1.40	1.46	1.57	1.67	0.44	0.52	0.60
700	1.30	1.37	1.43	1.52	1.62	1.73	0.50	0.57	0.65
800	1.32	1.38	1.45	1.54	1.62	1.73	0.54	0.62	0.70

The biological dimensions of cows are essential for housing and feeding them in the livestock facilities of an agro-industrial complex. It is advisable to carry out design work based on specific growth parameters for the smallest, average, and largest sizes. In the Fergana region, the Simmental breed is considered one of the most economically profitable cattle breeds. The advantages of this breed are its good adaptability to the climate and the fact that its feed ration can be sourced from locally grown products. Table 1

When considering ergonomic parameters on dairy farms, the height, slope, and width of the cows' feeding area fixtures are among the main aspects to which attention should be paid. As shown in Figure 4, some of the main installations for an optimal cow feeding area include the feed stall, feeding table and manger, dovetail barrier, and post & rail barrier.

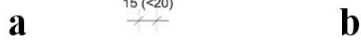


Figure 4. Diagrams related to housing and feeding cows (a- feed stall (dimensions in cm), b-feeding table and manger, c- dovetail barrier, construction details, d- post & rail barrier dimensions. The dimensions are only appropriate for dehorned cows.)



Figure 5. A 30-stall cowshed for 800 kg cows (a-cross-section, b-wall plan).

The feed table should preferably have a slope of 2-3% and be 15 cm higher than the free movement area. The manger or feeder can be organized in two ways, distinguished by whether they have a barrier: one without a barrier element, and one with a barrier.

The width of the feeding trough with a barrier element must be $0.55H$. The barrier structure should be installed at a 45° angle. The height of the open-type feeding area barrier is taken as $0.4H$.

RESULTS.

In the architectural design of the cowshed, a solution was developed for a farm building housing 30 Simmental cows, each weighing up to 800 kg, with two rows of stalls. Based on ergonomic parameters from Table 1, we use $H=1.45$ max, $L=1.73$, and $W=0.7$ max. These parameters serve as the basis for the building design. In the drawing presented in Figure 5, the cross-section and wall plan solutions were developed based on the biological dimensions of the cow.

The width of the rubber mat, $L=1.75$, is determined by multiplying the height from the cow's hock by a coefficient of 0.55. The width of the rubber mat, i.e., the stalls for the cows arranged in a row, is derived by multiplying the width of the cow's chest by a coefficient of 1.3.

Based on ergonomic parameters, the main width and length of the designed building were determined to be 13.20×18.20 m. The free movement area per cow is 6.1 m^2 , and the rubber mat area per cow is 1.69 m^2 . The total usable area of the building is $13.2 \times 18.2 = 240.24 \text{ m}^2$, and considering all the allocated spaces for one cow, it was determined that a total area of 8.014 m^2 is required.

Control of microbe populations and comfortable housing are the two important points that help preserve the health of a dairy cow. In free-stall systems, cows usually rest 10–14 hours a day, and this rest time is divided into 10–15 intervals. Cubicles must be comfortable enough to encourage cows to use them mainly as a lying place for as long as possible (10 to 14 hours a day). As a consequence of an insufficient lying area, there may be an increase in aggression and/or disturbances of behavioral rhythms (eating and resting times). [5] Increasing the productivity of cows is of great importance. One aspect to focus on in cowsheds is lighting. Increased day lengths improve milk production in dairy cows [5].

DISCUSSION

Incorporating ergonomic parameters into the design principles of a livestock building leads to a project with a clear solution. The dimensions presented in Table 1 show the need to design buildings with precise dimensions and required sections based on the minimum, average, or maximum sizes of cows. For example, allocating a smaller area for a 500 kg cow leads to a decrease in construction costs. Considering that the economic and sectoral structure of some farms specializes in cows weighing up to 500-600 kg, this allows them to achieve maximum cost reduction. An important step towards improved human welfare within cattle housing is to eliminate unnecessary loads on the human musculoskeletal system.[2] Whatever housing system is provided, behavioural needs (e.g. resting, feeding, drinking and milking) are properly met. Good ventilation and appropriate animal occupation density are two important measures to help prevent respiratory diseases [5].

CONCLUSION

In farms within the agro-industrial complex specializing in milk and dairy production, the precision of the architectural solution is crucial for achieving high efficiency. This also ensures that all livestock are raised in a comfortable environment. Providing for their free movement prevents negative consequences such as injuries from contact with each other. The article points out that ergonomic principles are important for maintaining moderate air exchange and humidity levels. The feeding system should, therefore, be designed to avoid competition, frustration and aggression. Any restriction in the number of places may result in low-ranking animals receiving insufficient feed and as a consequence they produce less milk [5]. Significantly, the slow rate of change in the biological parameters for each head of cattle means there is little need to alter the standards for these projects.

References

- [1]. Agbonome P.C., Ezennia I.S., Onwuchekwa S.N. How Architectural Designs Affect the Comfort and Health of Animals and Cattle Productivity // Journal of the Association of Architectural Educators in Nigeria (AARCHES J). – 2012. – Vol. 11, No. 2. – P. 15–30.
- [2]. CIGR. (2004). CIGR Recommendations for Beef Cattle Housing. Chapter 10: Safety and Animal Handling. International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering (CIGR), pp. 47–48.
- [3]. Robertson J., Vickers M. *Better Cattle Housing Design*. – Kenilworth: AHDB Beef & Lamb, Better Returns Programme, 2013. – 14 p.
- [4]. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). Small-Scale Dairy Farming Manual. Volume 2. Husbandry Unit 3.1: Principles and Design of Dairy Cattle and Buffalo Housing. – Rome: FAO, 1992. – 82 pp.
- [5]. CIGR. The Design of Dairy Cow and Replacement Heifer Housing. Report of the CIGR Section II Working Group No.14 Cattle Housing. Belgium: International Commission of Agricultural and Biosystems Engineering, 2014.

UDK 626.82:691.32

QURILISHDA INNOVATSION MATERIAL SIFATIDA BETON RULONDA FOYDALANISHNING DOLZARBLIGI

Z.A.Abobakirova, N.I.Goncharova, O.M. Bobofozilov*

Fargʻona davlat texnika universiteti

*Masʼul muallif, e-mail oybek.bobofozilov@fstu.uz

([Qabul qilindi 06.04.2026 y.](#))

Annotatsiya. Ushbu maqolada zamonaviy qurilishda innovatsion materiallardan biri hisoblangan beton mato “Concrete Canvas” ning qoʻllanishi va uning dolzarbligi tahlil qilinadi. Beton mato anʼanaviy beton qoplamalarga nisbatan yengilligi, tez oʻrnatilishi va yuqori ekspluatatsion xossalari bilan ajralib turadi. Beton mato materialining ayniqsa sugʻorish kanallari, lotoklar, yoʻl chetlari va gidrotexnika inshootlarida qoʻllash imkoniyatlari koʻrib chiqilgan. Shuningdek, beton matoning suv oʻtkazmaslik, eroziyaga chidamlilik va uzoq muddat xizmat qilish xususiyatlari uning amaliy ahamiyatini yanada oshirishi asoslab berilgan. [1-4].

Kalit soʻzlar Concrete Canvas, innovatsion qurilish materiallari, zamonaviy qurilish texnologiyalari, sugʻorish kanallari, lotoklar, qoplama materiallari, tezkor qurilish, qurilish samaradorligi, suv oʻtkazmaslik, eroziyaga chidamlilik, ekspluatatsion xossalari, iqtisodiy samaradorlik.

Аннотация. В данной статье анализируется применение и актуальность бетонного полотна «Concrete Canvas», которое считается одним из инновационных материалов в современном строительстве. Бетонное полотно отличается от традиционных бетонных покрытий своей легкостью, скоростью монтажа и высокими эксплуатационными свойствами. Рассмотрены возможности применения материала, в частности, в оросительных каналах, лотках, обочинах дорог и гидротехнических сооружениях. Также обосновано, что такие свойства бетонного полотна, как водонепроницаемость, эрозионная стойкость и долговечность, еще больше повышают его практическую значимость [1-4].

Ключевые слова: Ключевые слова: Concrete Canvas, инновационные строительные материалы, современные строительные технологии, оросительные каналы, лотки, облицовочные материалы, быстрое строительство, эффективность строительства, водонепроницаемость, эрозионная стойкость, эксплуатационные свойства, экономическая эффективность.

Abstract. This article analyzes the application and relevance of "Concrete Canvas," considered one of the innovative materials in modern construction. Concrete Canvas stands out from traditional concrete coverings due to its lightweight nature, rapid installation, and superior operational characteristics. The possibilities for utilizing this material specifically in irrigation canals, flumes, roadsides, and hydraulic structures are examined. Furthermore, it is substantiated that properties such as impermeability, erosion resistance, and long-term durability further enhance its practical significance [1-4].

Keywords: Concrete Canvas, innovative construction materials, modern construction technologies, irrigation canals, flumes, lining materials, rapid construction, construction efficiency, impermeability, erosion resistance, operational properties, economic efficiency.

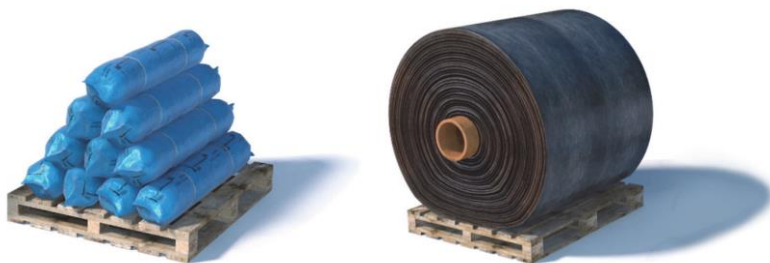
1.Kirish: Hozirgi kunda qurilish sohasida yangi texnologiyalarni joriy etish, innovatsion materiallardan foydalanish va qurilish jarayonlarini yanada samarali tashkil etish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortishi bilan, infratuzilma obyektlariga bo'lgan talabning keskin oshib borishi hamda tabiiy resurslardan samarali foydalanish zarurati qurilish materiallari sohasida yangi, yuqori samaradorlikka ega va ekologik barqaror innovatsion materiallarni yaratish hamda ularni amaliyotga joriy etish muammosining dolzarbligini belgilab bermoqda.

So'nggi o'n yilliklar davomida eng muhim tadqiqot ob'ektlaridan biri tsementning mexanik xususiyatlarini yanada murakkab qurilish muhitiga moslashtirish uchun yaxshilashdir. Atrof-muhitga ta'sirni kamaytirish uchun qurilishda doimiy ravishda yangi materiallar qo'llanilmoqda. Ular orasida beton konstruksiya qiyaliklarni himoya qilish uchun ideal qurilish materialidir. Concrete canvas 2004-yilda Buyuk Britaniyada Brewin va Crawford tomonidan ixtiro qilingan beton kanvas (CC) geosintetik tsement kompozit matlar (GCCM) deb nomlangan yangi inqilobiy qurilish materiallari sinfining bir qismidir. CC - bu moslashuvchan, tsement bilan singdirilgan mato bo'lib, u gidratatsiya paytida qattiqlashadi va yupqa, bardoshli, suv o'tkazmaydigan va yong'inga chidamli beton qatlamini hosil qiladi [3-4].

So'nggi yillarda qurilish materiallari orasida innovatsion kompozit materiallar alohida ahamiyat kasb etmoqda. Shunday materiallardan biri beton mato hisoblanadi. Beton mato — “Concrete Canvas” — bu sement asosidagi kompozit material bo'lib, maxsus tolali mato qatlamlari orasiga joylashtirilgan quruq sement aralashmasidan tashkil topgan. Ushbu material suv bilan namlangandan so'ng qisqa vaqt ichida qattiqlashib, mustahkam beton qoplama hosil qiladi.

Beton mato texnologiyasining asosiy afzalliklaridan biri uning yengilligi va rulon ko'rinishida tashilishi bilan bog'liqdir (1-rasm).

Bu esa uni uzoq hududlarga transportirovka qilishni osonlashtiradi va qurilish jarayonida mehnat sarfini sezilarli darajada kamaytiradi. Shu bilan birga, beton matoni o'rnatish jarayoni oddiy bo'lib, maxsus og'ir texnikalar yoki murakkab qurilish uskunalari talab qilmaydi. Natijada qurilish ishlari qisqa vaqt ichida amalga oshiriladi.



1-rasm. Beton mato “Concrete canvas”.

Mazkur material ayniqsa gidrotexnika inshootlari, sug'orish kanallari, lotoklar, suv oqimlarini boshqarish tizimlari, yo'l chetlari hamda eroziyaga moyil hududlarni mustahkamlashda keng qo'llanilishi mumkin. Beton mato yuqori darajadagi suv o'tkazmaslik, eroziyaga chidamlilik, mexanik mustahkamlik va tashqi muhit

ta'sirlariga barqarorlik kabi muhim ekspluatatsion xossalarga ega. Bu xususiyatlar uni turli iqlim sharoitlarida ham samarali qo'llash imkonini beradi.

Mavju beton qoplamalar bilan taqqoslanganda beton matodan foydalanish qurilish jarayonini yuqori darajada tezlashtiradi hamda qurilishda mehnat sarfini kamaytiradi hamda iqtisodiy samaradorlikni sezilarli darajada oshiradi. Shu sababli beton mato texnologiyasi ko'plab rivojlangan davlatlarda muhandislik va infratuzilma obyektlarini qurishda keng qo'llanilmoqda. Beton mato quyidagi afzalliklarga ega:

- oddiy va tez o'rnatish;
- yuqori mustahkamlik;
- kimyoviy moddalarga chidamlilik;
- suv o'tkazmasligi;
- texnik xizmat ko'rsatishning qulayligi;
- xarajatlarni tejash.

Yuqoridagi omillar beton matodan qurilish amaliyotida foydalanish masalasini dolzarb ilmiy-amaliy muammolardan biriga aylantiradi. Mazkur maqolada beton matoning asosiy xususiyatlari, uning qo'llanish sohalari va zamonaviy qurilishdagi ahamiyati tahlil qilinadi.

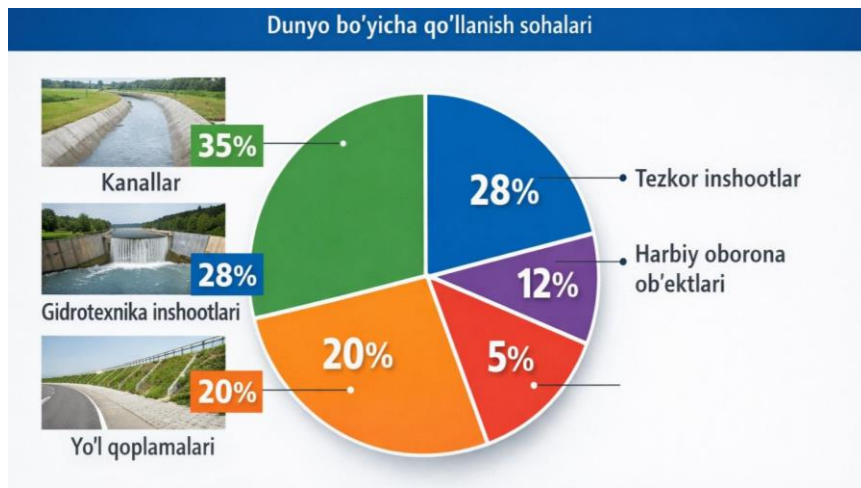
2.Tadqiqot uslubi: Tadqiqot quyidagi asosiy metodlarga tayanadi. Ushbu tadqiqotning metodologik asosi innovatsion **Concrete Canvas (CC)** materialining fizik-mexanik xususiyatlarini o'rganish, uning an'anaviy gidrotexnika qoplamalari bilan qiyosiy tahlilini o'tkazish va O'zbekistonning iqlimiy sharoitida qo'llash samaradorligini baholashga qaratilgan kompleks yondashuvdan iborat. Beton mato (Concrete Canvas) quruq sement asosidagi beton aralashmasi bilan to'ldirilgan egiluvchan kompozit material bo'lib, uch o'lchovli mustahkamlangan poliestertolali to'rtli mato asosida tayyorlanadi. Ushbu material suv bilan namlangandan so'ng gidratatsiya jarayoni natijasida qattiqlashib, yupqa, yuqori mustahkamlikka ega hamda suv o'tkazmaydigan beton qatlam hosil qiladi. Namlanganidan keyin taxminan 24 soat ichida beton mato konstruktsiyasi o'zining yakuniy mustahkamligining qariyb 80 foiziga erishadi va ekspluatatsiya uchun tayyor holatga keladi. Mazkur texnologiya innovatsion GCCM (Geosynthetic Cementitious Composite Mats) materiallari sinfiga mansub bo'lib, geosintetik sement kompozit materiallarning zamonaviy turlaridan biri hisoblanadi. Beton mato tarkibi odatda maxsus sement asosidagi beton aralashmasi,

polimer iplar to'ridan tashkil topgan uch o'lchovli mustahkamlovchi matritsa, tashqi himoya mato qatlami hamda suv o'tkazmaydigan polimer membranadan iborat ko'p qatlamli kompozit tuzilmani tashkil etadi.

Iplar beton aralashmani joyida ushlab turadigan va materialni mustahkamlaydigan, yoriqlarning oldini oladigan va qattiqlashgandan keyin

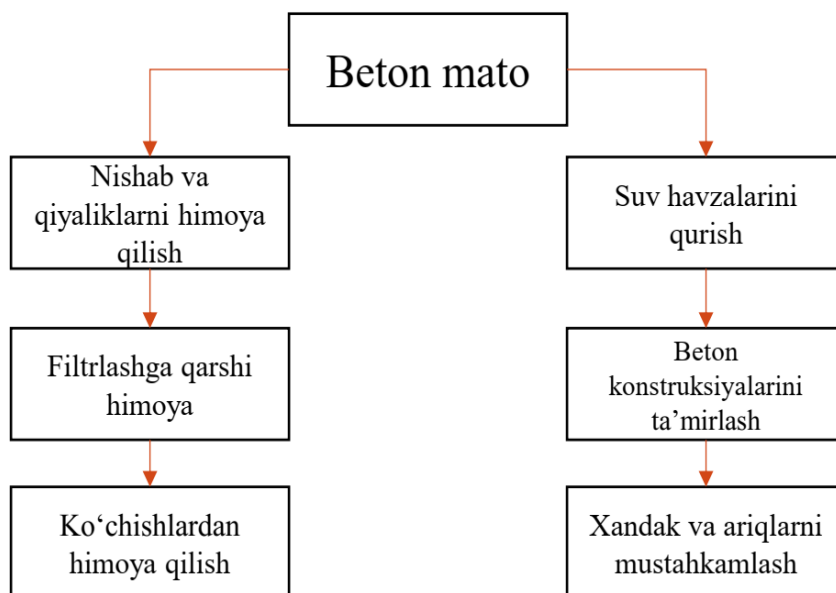
uni moslashuvchan qiladigan matritsa hosil qiladi. Mato yuzasi beton aralashmani joyida ishonchli ushlab turadi va namlanganda namlikning bir tekis o'tishini ta'minlaydi. Polimer membrananing pastki qatlami materialni suv o'tkazmaydigan va agressiv muhitlarga chidamli qiladi. Asosiy qo'llanilish sohalari: tabiatni muhofaza qilish inshootlari, neft-gaz va tog'-kon sanoati, gidrotexnik inshootlar, yo'l qurilishi va boshqalar (3-rasm).

Yotqizish jarayonidagi egiluvchanligi tufayli beton mato tik qiyaliklarni (qiyalik burchagi 60° dan yuqori bo'lgan) himoya qilish uchun mos keladi. Hozirgi kunda, suv yuborishni to'xtatish imkoni bo'lmagan joylarda, yotqizish ishlarini bevosita suvning ichida amalga oshirishsa bo'ladi. 1-



2-rasm. Concrete canvas qo'llanilishi bo'yicha dunyo statistikasi.

uni moslashuvchan qiladigan matritsa hosil qiladi. Mato yuzasi beton aralashmani joyida ishonchli ushlab turadi va namlanganda namlikning bir tekis o'tishini ta'minlaydi. Polimer membrananing pastki qatlami materialni suv o'tkazmaydigan va agressiv muhitlarga chidamli qiladi. Asosiy



3-rasm. Beton matoni qo'llashning asosiy yo'nalishlari.

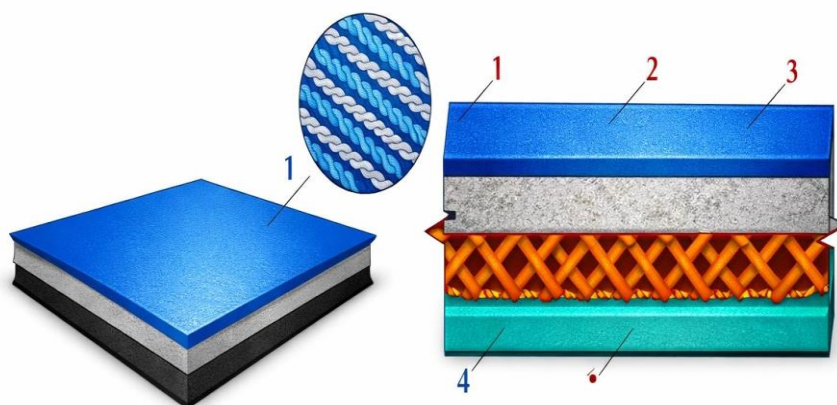
jadvallarda beton mato, beton qoplamasi) materiallarning asosiy qiyosiy ko'rsatkichlari keltirilgan. [1-4]

1-jadval.

Beton mato va beton qoplamaning ko'rsatkichlari

Qiyosiy ko'rsatkich	Beton mato	Beton qoplama
Og'irligi 1 m ² , kg	10.	200.
Maxsus texnika	Minimum	Maksimum
Ixtisoslashgan ishchilar	Minimum	Maksimum
Taxlash tezligi, m ² /kun	800	80.
Mustahkamlikka erishish, soat	24.	72.
Sovuqqa chidamlilik	Baland	O'rtacha
Suv o'tkazmaslik	Past	O'rtacha
Egilishdagi mustahkamlik	O'rtacha	Baland
Siqilishga chidamlilik	Baland	Baland
Darzlarga chidamlilik	Baland	O'rtacha

Beton mato orqali shikastlangan beton konstruksiyalarni tiklashda foydalanish mumkin. Material yuqoridan yotqiziladi va mavjud beton asosga mahkamlanadi, bu esa uning yanada yemirilishining oldini oladi, yuqori mustahkamlikni ta'minlaydi va eroziyadan himoya qiladi [3]. Beton matoning konstruksiyasi 4-rasmda keltirilgan.



4-rasm. Beton matoning tarkibi

1-tolali gidrofil yuza; 2-quruq beton qorishmasi; 3-3D tolali matrisa; 4-suv o'tkazmaydigan qatlam.

ajralib turadi. Biroq beton matolarning asosiy kamchiliklaridan biri ularning konstruktiv-texnik yechimlariga bevosita bog'liq bo'lmagan, ya'ni texnik xususiyatlariga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydigan yuqori tannarx ko'rsatkichidir. Shunga qaramay, gidromeliorsiya tizimi kanallarida geosintetik materiallardan foydalanish ularni chiqindi saqlash poligonlarida qo'llashga nisbatan ancha maqbul hisoblanadi. Chunki chiqindi poligonlarida hosil bo'ladigan agressiv filtrat muhiti ta'sirida bunday qoplama materiallari uzoq muddatli ekspluatatsiya jarayonida tezda degradatsiyaga uchrashi va o'z funksional xususiyatlarini yo'qotishi mumkin.

Shu bilan birga, geomembranali ochiq qoplamali sug'orish kanallarini tozalash masalasi hamon o'z yechimini kutmoqda.

4.Xulosa: Beton matosi beton sohasidagi eng so'nggi va nihoyatda foydali innovatsiya bo'lib, qurilish materiallari va usullari haqidagi qarashlarni o'zgartirishi mumkin. Concrete Canvas o'rnatilishi va qo'llanilishi ishchi kuchi va mexanik quvvat sarfini keskin kamaytirdi. Bu qurilishda eng iqtisodiy va ilg'or texnikalardan biridir. Tadqiqot shuni ko'rsatadiki, u vaqtinchalik ham, doimiy maqsadlarda, ayniqsa tunnel qoplamasi, mudofaa maqsadlari, suv o'tkazmaslik, to'siq va harbiy uchish-qo'nish yo'laklari qurilishida foydalanish uchun yaxshi material. Jihozlangan ko'rinish, yuqori chidamlilik va kam texnik xizmat talab uni ishonchli mahsulotga aylantiradi.

Maksimal foydalanish iqtisodiyotni optimallashtirish va vaqtni tejash imkonini beradi. Umuman olganda, ushbu innovatsion loyiha qurilish usullarini o'zgartirishi mumkin.

Adabiyotlar

- [1]. Косиченко Ю. М., Угроватова Е. Г., Баев О. А. Обоснование расчетных зависи- мостей фильтрационных сопротивлений конструкций облицовок каналов // Известия ВНИИГ им. Б. Е. Веденеева. 2015. Т. 278. С. 35–46.
- [2]. Bandurin M. A., Voloshukhin V. A., Vanzha V. V. Technology for water economy monitoring of technical state of closed drainage of irrigation system // International Confe- rence on Construction and Architecture: Theory and Practice of Industry Development. 2018. P. 214–218. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.931.214>.
- [3]. Абдразаков Ф. К., Рукавишников А. А. Исключение непроизводительных по- терь водных ресурсов из оросительной сети за счет использования инновационных об- лицовочных материалов // Аграрный научный журнал. 2019. № 12. С. 35–38.
- [4]. Ranjan Pandey, Dr.D.Jegatheeswaran “Concrete Canvas:Solution of Pavement,” Journal of Mechanical and Civil Engineering, Volume 16, Issue 1 Ser.V (Jan- Feb.2019), PP 19-21.

MADANIY MEROS OBYEKTLARINI QAYTA TIKLASH JARAYONIDA MILLIY ORNAMENTLARDAN FOYDALANISH TAJRIBASI

N.X. Matkarimov, G.A. Anvarova

*Farg'ona davlat texnika universiteti,
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)*

Annotatsiya. Mazkur maqolada madaniy meros obyektlarini qayta tiklash jarayonida milliy ornamentlardan foydalanishning nazariy va amaliy jihatlarini tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida O'zbekiston hududidagi tarixiy me'moriy obidalarda qo'llanilgan naqsh va bezaklarning restavratsiya jarayonidagi o'rni, ularning tarixiy auteniklikni saqlashdagi ahamiyati hamda zamonaviy texnologiyalar bilan uyg'unlashuvi o'rganildi. Natijalar milliy ornamentlardan oqilona foydalanish madaniy meros obyektlarining estetik qimmatini tiklash bilan birga milliy identitetni saqlashda ham muhim vosita ekanligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: madaniy meros, restavratsiya, milliy ornament, naqsh, tarixiy obida, auteniklik, bezak san'ati.

Abstract. This article analyzes the theoretical and practical aspects of the use of national ornaments in the process of restoring cultural heritage objects. During the research, the role of patterns and decorations used in historical architectural monuments in Uzbekistan in the restoration process, their importance in preserving historical authenticity and their integration with modern technologies were studied. The results showed that the rational use of national ornaments is an important tool in restoring the aesthetic value of cultural heritage objects and preserving national identity.

Keywords: cultural heritage, restoration, national ornament, pattern, historical monument, authenticity, decorative art.

Аннотация. В данной статье анализируются теоретические и практические аспекты использования национальных орнаментов в процессе реставрации объектов культурного наследия. В ходе исследования изучалась роль узоров и декоративных элементов, используемых в исторических архитектурных памятниках Узбекистана, в процессе реставрации, их значение для сохранения исторической аутентичности и их интеграция с современными технологиями. Результаты показали, что рациональное использование национальных орнаментов является важным инструментом восстановления эстетической ценности объектов культурного наследия и сохранения национальной идентичности.

Ключевые слова: культурное наследие, реставрация, национальный орнамент, узор, исторический памятник, подлинность, декоративно-прикладное искусство.

KIRISH

Bugungi kunda madaniy meros obyektlarini asrash va ularni kelajak avlodlarga yetkazish dunyo miqyosidagi dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Tarixiy obidalarni qayta tiklash

jarayonida ularning asl ko‘rinishini saqlab qolish restavratorlar oldida turgan eng muhim vazifalardan biridir. Ayniqsa, Sharq me‘morchiligida ornament va naqshlar nafaqat estetik vazifani, balki chuqur falsafiy va ramziy ma‘noni ham ifoda etadi.

O‘zbekiston hududidagi tarixiy me‘moriy yodgorliklarda girih, islmiy, handasiy va epigrafik naqshlarning keng qo‘llanilishi milliy me‘morchilik an‘analarining yuksak rivojlanganini ko‘rsatadi. Bunday naqshlar binolarning badiiy qiymatini oshirish bilan birga, xalqning tarixiy tafakkuri va estetik qarashlarini ham aks ettiradi.

Madaniy meros obyektlarini restavratsiya qilish jarayonida milliy ornamentlardan foydalanish bir qator muammolarni yuzaga keltiradi. Birinchidan, asl naqshlarning tarixiy manbalarga mos ravishda tiklanishi talab etiladi. Ikkinchidan, zamonaviy qurilish materiallari va texnologiyalari tarixiy qiyofaga zarar yetkazmasligi kerak. Uchinchidan, restavratsiya jarayonida ortiqcha yangilash yoki noto‘g‘ri rekonstruksiya qilish xavfi mavjud.[5.41]

Shu sababli mazkur maqolaning asosiy maqsadi madaniy meros obyektlarini qayta tiklash jarayonida milliy ornamentlardan foydalanish tajribasini o‘rganish va tahlil qilishdan iborat.

Tadqiqotning asosiy vazifalari quyidagilardan iborat:

- milliy ornamentlarning tarixiy va badiiy ahamiyatini aniqlash;
- restavratsiya jarayonida qo‘llaniladigan usullarni tahlil qilish;
- tarixiy obidalarda ornamentlarni tiklash tajribasini o‘rganish;
- zamonaviy texnologiyalarning samaradorligini baholash.

Tadqiqot davomida tarixiy-qiyosiy, tahliliy va kuzatuv metodlaridan foydalanildi. Shuningdek, madaniy meros obyektlarini restavratsiya qilish bo‘yicha xalqaro tajribalar ham o‘rganildi.

Tadqiqot obyekti sifatida O‘zbekiston hududidagi bir qator tarixiy me‘moriy yodgorliklar tanlab olindi:

- Registon maydoni;
- Shohi Zinda majmuasi;
- Poi Kalon ansambli;
- Xiva Ichan-Qal’a majmuasi.

Mazkur obyektlarda amalga oshirilgan restavratsiya ishlari, ayniqsa ornament va bezaklarni qayta tiklash usullari o‘rganildi.

Ma‘lumot yig‘ish usullari

Ma‘lumotlar quyidagi manbalar asosida yig‘ildi:

1. Ilmiy adabiyotlar va monografiyalar;
2. Restavratsiya loyihalari bo‘yicha hujjatlar;
3. Me‘moriy kuzatuv va foto-materiallar;
4. Mutaxassislarning ilmiy maqolalari va tavsiyalari.

Tahlil usuli

Olingan ma‘lumotlar qiyosiy tahlil asosida o‘rganildi. Turli tarixiy davrlarga mansub ornamentlarning uslubiy xususiyatlari hamda ularni qayta tiklash usullari o‘zaro solishtirildi.

Tadqiqot natijalari milliy ornamentlardan foydalanish restavratsiya jarayonining muhim tarkibiy qismi ekanligini ko‘rsatdi. Aniqlanishicha, ornamentlar tarixiy obyektlarning estetik yaxlitligini tiklashda asosiy rol o‘ynaydi. Ayniqsa, koshin naqshlari va ganch bezaklar me‘moriy obidalarining badiiy qimmatini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblanadi.

Masalan, Samarqanddagi Registon majmuasida olib borilgan restavratsiya ishlari davomida original ko‘k rangli koshinlar va geometrik naqshlarni saqlashga katta e‘tibor qaratilgan. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, asl ornamentlarga mos materiallardan foydalanish obyektning tarixiy qiyofasini saqlash imkonini beradi.

Ornamentlarni qayta tiklash usullari

Tahlillar davomida ornamentlarni tiklashning bir necha samarali usullari mavjudligi aniqlandi. Har bir usulning o‘ziga xos afzallik va kamchiliklari mavjud bo‘lib, ular restavratsiya obyektining holati va tarixiy qiymatiga qarab qo‘llaniladi.

An'anaviy qo'lda tiklash usuli

An'anaviy qo'lda tiklash usuli eng qadimiy va ishonchli restavratsiya metodlaridan biri hisoblanadi. Bu usulda tajribali ustalar tarixiy naqshlarni qadimiy texnologiyalar asosida qo'lda qayta ishlaydi. Ayniqsa, ganch o'ymakorligi, yog'och naqshlari va koshin bezaklarini tiklashda ushbu usul keng qo'llaniladi.

Mazkur usulning asosiy afzalligi shundaki, u tarixiy auteniklikni maksimal darajada saqlash imkonini beradi. Ustalar qadimiy uslublarni qo'llash orqali ornamentlarning asl badiiy ruhini qayta tiklaydi. Masalan, Buxorodagi tarixiy madrasalarda ganch naqshlarini tiklashda qadimiy qo'l asboblaridan foydalanilgan. Bu esa bezaklarning tabiiy ko'rinishini saqlash imkonini bergan.[1.56]

Biroq ushbu usul katta vaqt va mablag' talab qiladi. Bundan tashqari, malakali ustalar sonining kamayib borayotgani restavratsiya jarayoniga salbiy ta'sir ko'rsatmoqda. Ko'plab murakkab ornamentlarni tiklash uchun uzoq yillik tajriba talab etiladi.

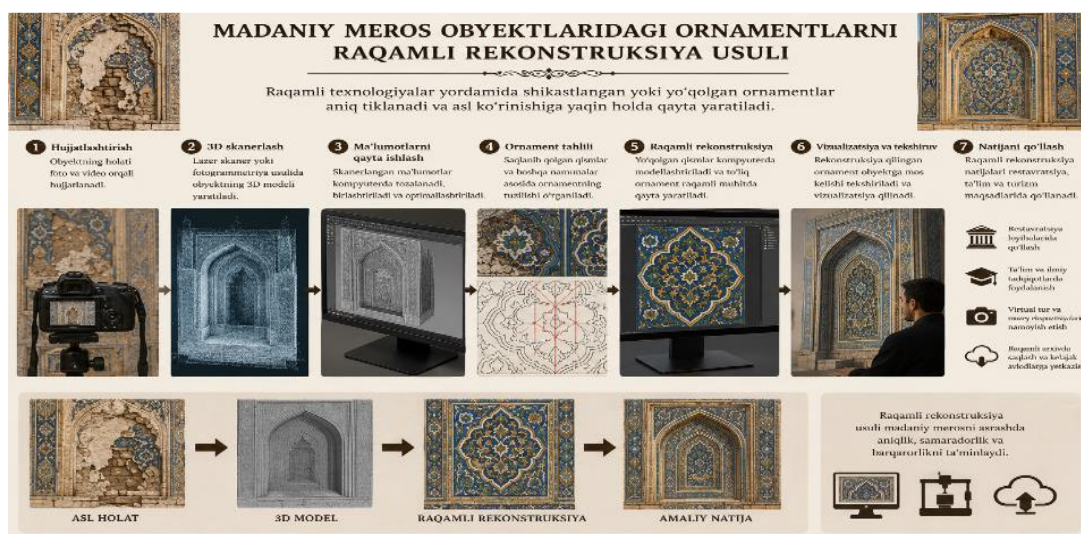


1-rasm Raqamli rekonstruksiya usuli.

So'nggi yillarda zamonaviy texnologiyalar restavratsiya jarayoniga keng joriy etilmoqda. Xususan, 3D modellashtirish, lazer skanerlash va kompyuter grafikasi yordamida tarixiy naqshlarning raqamli nusxalari yaratilmoqda.

Ushbu usulning afzalligi shundaki, u yemirilgan yoki yo'qolgan ornamentlarni aniq qayta tiklash imkonini beradi. Masalan, tarixiy obidalaridagi saqlanib qolgan naqsh fragmentlari skaner qilinib, kompyuter dasturlari yordamida ularning to'liq modeli yaratiladi. Keyinchalik ushbu model asosida restavratsiya ishlari amalga oshiriladi.[9.45]

Raqamli rekonstruksiya usuli ayniqsa murakkab geometrik naqshlarni tiklashda samarali hisoblanadi. Chunki kompyuter dasturlari naqshlarning simmetriyasi va proporsiyalarini aniq hisoblash imkonini beradi. Shu bilan birga, bu texnologiyalar tarixiy ornamentlarning elektron arxivini yaratishda ham muhim rol o'ynaydi.



2-rasim Kombinatsiyalashgan usul.

Biroq raqamli texnologiyalar ayrim hollarda tarixiy bezaklarning tabiiy ko'rinishini to'liq aks ettira olmaydi. Shu sababli mutaxassislar ushbu usulni yordamchi vosita sifatida qo'llashni tavsiya etadilar.

Ko'plab zamonaviy restavratsiya loyihalarida an'anaviy va zamonaviy texnologiyalar uyg'unlashtirilgan holda qo'llaniladi. Ushbu yondashuv kombinatsiyalashgan usul deb ataladi.

Mazkur usulning asosiy mohiyati shundan iboratki, dastlab ornamentlar raqamli texnologiyalar yordamida o'rganiladi va modellashtiriladi, keyinchalik esa ustalar tomonidan qo'lda qayta ishlanadi. Bu usul tarixiy auteniklik va texnik aniqlikni birlashtirish imkonini beradi.

Masalan, Xiva Ichan-Qal'a majmuasidagi ayrim bezaklarni tiklashda lazer skanerlash texnologiyasi yordamida naqshlarning o'lchamlari aniqlangan, keyinchalik esa mahalliy ustalar tomonidan an'anaviy usulda qayta ishlangan. Natijada restavratsiya ishlari yuqori sifat bilan amalga oshirilgan.



3-rasim Restavratsiya jarayonidagi muammolar.

Tadqiqot davomida restavratsiya jarayonida uchraydigan bir qator muammolar aniqlandi.

Birinchidan, ko'plab tarixiy obidalarda original naqshlarning katta qismi saqlanib qolmagan. Vaqt o'tishi, tabiiy ofatlar va inson omili natijasida bezaklarning ayrim qismlari butunlay yemirilgan. Bu esa ularni qayta tiklashda tarixiy manbalarga murojaat qilish zaruratini yuzaga keltiradi.

Ikkinchidan, malakali restavrador va hunarmandlar yetishmasligi muhim muammolardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, qadimiy ganch o'ymakorligi va koshinkorlik sirlarini mukammal biladigan ustalar soni kamayib bormoqda.[4.21]

Uchinchidan, tabiiy materiallarning cheklanganligi ham restavratsiya sifatiga ta'sir qilmoqda. Tarixiy obidalarda ishlatilgan ayrim bo'yoq va koshin materiallarini zamonaviy sharoitda topish qiyinlashgan.

To'rtinchidan, ayrim hollarda zamonaviy qurilish materiallari tarixiy obyektning asl qiyofasiga mos kelmaydi. Masalan, sintetik bo'yoqlar yoki zamonaviy sement materiallari qadimiy bezaklarning tabiiy ko'rinishini buzishi mumkin.

Xalqaro tajriba shuni ko'rsatadiki, tarixiy obidalarni restavratsiya qilishda auteniklikni saqlash eng muhim tamoyil hisoblanadi. Ayniqsa, UNESCO va ICOMOS kabi xalqaro tashkilotlar tomonidan ishlab chiqilgan tamoyillar restavratsiya jarayonida tarixiy materiallar va an'anaviy texnologiyalardan foydalanishni tavsiya etadi.[7.32]

Bugungi kunda O'zbekistonda ham restavratsiya ishlari xalqaro standartlarga mos ravishda olib borilmoqda. So'nggi yillarda tarixiy obidalarni saqlash bo'yicha qator davlat dasturlari amalga oshirilmoqda. Xususan, Samarqand, Buxoro va Xiva shaharlaridagi tarixiy obidalarda olib borilgan restavratsiya ishlari xalqaro ekspertlar tomonidan ham ijobiy baholanmoqda.

Shuningdek, xalqaro hamkorlik doirasida o'zbekistonlik restavrorlarning xorijiy tajribalarni o'rganishi milliy restavratsiya maktabining rivojlanishiga katta hissa qo'shmoqda. Bu esa kelajakda madaniy meros obyektlarini yanada sifatli va ilmiy asosda qayta tiklash imkonini beradi.

Madaniy meros obyektlarini qayta tiklash jarayonida milliy ornamentlardan foydalanish nafaqat tarixiy obyektning tashqi ko'rinishini tiklash, balki xalqning tarixiy xotirasini saqlashga

ham xizmat qiladi. Ornamentlar xalqning estetik qarashlari, diniy-falsafiy tafakkuri va san'at an'analarini o'zida mujassamlashtiradi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, restavratsiya jarayonida an'anaviy usullardan voz kechish tarixiy auteniklikka salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shu sababli zamonaviy texnologiyalar yordamchi vosita sifatida qo'llanilishi, asosiy e'tibor esa original uslubni saqlashga qaratilishi lozim.

Masalan, Shohi Zinda majmuasida olib borilgan restavratsiya ishlari davomida qadimiy koshin naqshlari lazer texnologiyasi yordamida tahlil qilinib, keyinchalik an'anaviy usulda qayta ishlangan. Bu esa zamonaviy texnologiyalar va milliy hunarmandchilik uyg'unligi samarali natija berishini ko'rsatadi.[3.38]

Shuningdek, milliy ornamentlarni qayta tiklash jarayonida mahalliy ustalar tajribasidan foydalanish muhim hisoblanadi. Chunki ko'plab naqshlar va bezak usullari avloddan-avlodga o'tib kelayotgan amaliy bilimlarga asoslanadi.

Tadqiqot davomida yana bir muhim jihat aniqlandi: ayrim restavratsiya ishlari tarixiy manbalarga yetarli darajada tayanmagan holda amalga oshirilmoqda. Bu esa obidaning tarixiy qimmatiga putur yetkazishi mumkin. Shu sababli restavratsiya ishlari ilmiy asosda va tarixiy hujjatlarga tayangan holda olib borilishi zarur.

Madaniy meros obyektlarini qayta tiklashda quyidagi tamoyillarga amal qilish maqsadga muvofiq:

1. Tarixiy auteniklikni saqlash;
2. Original materiallardan foydalanish;
3. Milliy naqshlarning uslubiy yaxlitligini saqlash;
4. Zamonaviy texnologiyalarni ehtiyotkorlik bilan qo'llash;
5. Malakali mutaxassislarni tayyorlash.



4-rasm Shohi zinda majmuasini qayta tiklash jarayoni.

XULOSA

Xulosa qilib aytganda, madaniy meros obyektlarini qayta tiklash jarayonida milliy ornamentlardan foydalanish tarixiy va madaniy qadriyatlarni saqlashning muhim omili hisoblanadi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, ornamentlar obidalarning nafaqat estetik ko'rinishini, balki tarixiy identitetini ham belgilaydi. Restavratsiya jarayonida an'anaviy hunarmandchilik usullari va zamonaviy texnologiyalarni uyg'unlashtirish samarali natijalar beradi. Shu bilan birga, restavratsiya ishlari ilmiy asosda olib borilishi, tarixiy manbalar va original materiallarga tayanilishi zarur.

Kelgusida milliy ornamentlarni restavratsiya qilish bo'yicha maxsus ilmiy laboratoriyalar tashkil etish, raqamli arxivlar yaratish va yosh restavratorlarni tayyorlash madaniy merosni asrash samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

- [1]. Azimov I. Sharq me'morchiligida ornament san'ati. – Toshkent: Fan, 2018.
- [2]. Bulatov S. O'zbekiston amaliy bezak san'ati tarixi. – Toshkent: O'qituvchi, 2016.
- [3]. Mankovskaya L. Samarqand me'moriy obidalar bezaklari. – Toshkent, 2015.
- [4]. Ahmedov A. Restavratsiya asoslari va metodologiyasi. – Toshkent: Tafakkur, 2020.
- [5]. Jabborov N. Madaniy meros obyektlarini saqlash muammolari. – Toshkent, 2021.
- [6]. UNESCO. Convention Concerning the Protection of the World Cultural and Natural Heritage. – Paris, 1972.
- [7]. ICOMOS. Principles for the Preservation of Historic Timber Structures. – Paris, 2017.
- [8]. Mirzayev T. O'zbek milliy naqshlari va ularning ramziy ma'nosi. – Samarqand, 2019.
- [9]. Rasulov H. Me'moriy restavratsiyada zamonaviy texnologiyalar. – Toshkent, 2022.
- [10]. Karimov B. Ganch va koshin bezaklarini tiklash usullari. – Buxoro, 2020.

**SILJISH DEFORMATSIYASIGA DOIR MASALALARNI YECHISHGA
BOSHLANG'ICH PARAMETRLAR USULINI QO'LLASH**

I.H. Hamzaev, E.S. Umarov

Farg'ona davlat texnika universiteti,

elmurod.umarov@fstu.uz, eumarov15@gmail.com, hamzayevinomjon@gmail.com

(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Maqolada siljish deformatsiyasidagi masalalarni yechishda boshlang'ich parametrlarni usulini qo'llash keltirilgan.

Kalit so'zlar: deformatsiya, siljish, kuchlanish, kuch, moment, usul, boshlang'ich parametrlar, integral, differentsial tenglamalar

Аннотация. В статье приводятся применение метода начальных параметров при решение задач деформации сдвига.

Ключевые слова: деформация, сдвиг, напряжения, сила, момент, метод, начальные параметры, интеграл, дифференциальное уравнение.

Abstract. The article presents the use of the method of initial parameters in solving problems of shear deformation.

Key words: deformation, displacement, stress, force, moment, method, initial parameters, integral, differential equations.

Materiallar qarshiligi masalalarining asosiylaridan biri bu brusni kuchlanganlik va deformatsiya holatiga bog'liq bo'lgan epyuralar ko'rinishida ifodalanuvchi kuchla va deformatsiya omillarini aniqlashdir.

Epyuralarni qurish turli usullarda (asosan klassik usullar va mos differentsial tenglamalarni integrallasg usulida) amalga oshiriladi. Bu holda masalaga yondoshish yagona va o'zaro bog'liq barcha epyuralarni chuqurroq o'rganish imkoniyatini yaratadi, bu savollarni yechish uchun bir qator analogiyalarni (o'xshashliklarni) umumlashtirish va qo'llash vaqt resursini sezilarli darajada qisqartirib tejaydi.

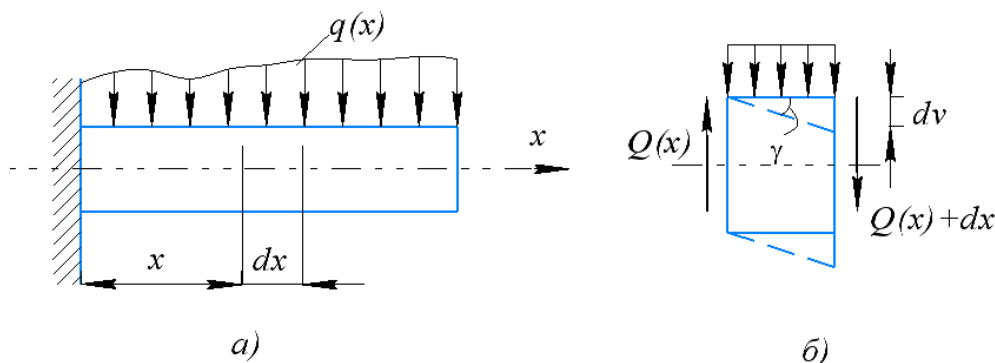
Boshlang'ich parametrlar usuli asosan materiallar qarshiligi kursining egilish deformatsiyasini o'rganishda qo'llaniladi. Shuningdek: cozilish va siqilish, buralish va silgish deformatsiyalarini o'rganishda ham tushuntiriladi.

Boshlang'ich parametrlar usulini oddiy siljish deformatsiyasiga qo'llaymiz.

Ma'lumki, sterjen deformatsiyasi va unga mos keluvchi mustaxkamlikka va birklikka hisoblar, boltli va parchin mixli birikmalarda shuningdek payvand birikmalarda mashina detallari va qurilish konstruksiyalarida texnikaning turli sohalarida uchraydi.

Shunday qilib, yuqorida keltirilgan masalalarni yechish uchun siljish deformatsiyasi va unga mos keluvchi kuchlanganlik va deformatsiya holatini o'rganish zarur bo'ladi.

Siljish. Siljishdagi asosiy bog‘lanishlar va asosiy yechuvchi (hal qiluvchi) tenglamalar. Quyidagi 1, a – rasmda ko‘rsatilgan balkadan cheksiz kichik element (egilishdan juftlangan holda) ajratib olib, sof siljish deformatsiyasini ko‘ramiz.



1 - rasml.

Ajratilgan cheksiz elementni muvozanat shartidan quyidagiga egamiz

$$Q(x) - q(x)dx - Q(x) - dQ(x) = 0 \quad (1)$$

Bundan

$$q(x) = \frac{dQ(x)}{dx} \quad (2)$$

Bu erda $Q(x)$ - x - kesimdagi ko‘ndalang kuch

$q(x)$ - ko‘ndalang yuk (kuch) intensivligi.

Siljish deformatsiyasi (γ) bilan chiziqli siljituvchi ko‘chish ($v(x)$) - orasida quyidagi bog‘lanish mavjud.

$$\gamma(x) = \frac{dv(x)}{dx} \quad (3)$$

R. Gukning fizik qonuni quyidagi ko‘rinishga ega

$$\gamma(x) = \frac{\tau(x)}{G} = \frac{Q(x)}{GF} k \quad (4)$$

Bu erda k - koeffitsient, qaysiki, kesim balandligi bo‘yicha urinma kuchlanishlarni notekis tarqalishini e‘tiborga oluvchi koeffitsient Shunday qilib, uch noma‘lumli uchta tenglamaga ega bo‘lamiz - $\gamma(x)$, $Q(x)$, $v(x)$.

(3) va (4) - lardan quyidagi hosil bo‘ladi

$$\frac{dv(x)}{dx} = \frac{Q(x)}{GF} k \quad (5)$$

(2) ifodani hisobga olgan holda (5) ni differetsiallab bir noma‘lumli bitta yechuvchi tenglamani hosil qilamiz. Bu erda hosil qilingan (6) - tenglamada siljish natijasida hosil bo‘lgan egrilikka e‘tibor beramiz.

$$\frac{d^2v(x)}{dx^2} = -\frac{q(x)}{GF} k \quad (6)$$

(6) ni yechimi, integrallari quyidagi (7), (8) - ko‘rinishlarga bo‘ladi.

$$\frac{dv(x)}{dx} = -\frac{k}{GF} \int q(x) \cdot dx + C_1 \quad (7)$$

$$v(x) = -\frac{k}{GF} \iint q(x) \cdot dx \cdot dx + C_1 x + C_2 \quad (8)$$

Epyuralar, $\frac{dv(x)}{dx} = \gamma(x) = \frac{Q(x)}{GF} k$ va v - lar, shunday qilib (6) – differentsial tenglamani chegaraviy shartlarini bajargani holdagi birinchi va ikkinchi integrallari grafik ko‘rinishida ifodalaydi. Bundan ma’lum bo‘ladiki, bu epyuralar o‘zaro integral va differentsial bog‘liqdir.

Misol. 2 – rasmda ko‘rsatilgan chp tomoni wistirib maxkamlangan $q(x) = q$ nt kis taqsimlangan yuk ostidagi konsol balka berilgan. Bunday sterjen egilish hamda siljish defomatsiyalariga ishlaydi. Ammo lekin, biz faqat siljish deformatsiyasini o‘rganish bilan chegaralanamiz. U holda (6) echuvchi tenglama quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$\frac{d^2v(x)}{dx^2} = -\frac{q}{GF} k$$

Birinchi integral

$$\frac{dv(x)}{dx} = -\frac{q}{GF} k + C_1$$

Ikkinchi integral

$$v(x) = -\frac{qx^2}{2GF} + C_1x + C_2$$

Integral doimiylarini sterjenni chegaraviy shartlaridan foydalanib quyidagicha aniqlaymiz:

$$x = 0 - \text{da, } v=0 \quad \gamma = \frac{Qk}{GF} = \frac{dv}{dx} = 0$$

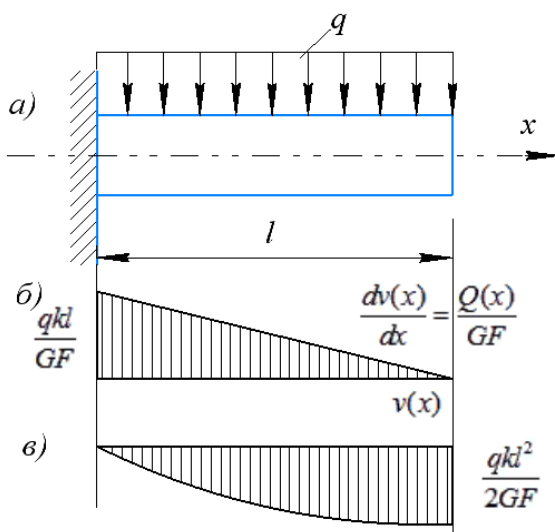
Bundan:

$$C_2 = 0, \quad C_1 = -\frac{qkl}{GF}$$

Shunday qilib quyidagilarga ega bo‘lamiz,

$$\begin{aligned} \frac{dv(x)}{dx} &= -\frac{q}{GF} x + \frac{ql}{GF} \\ v(x) &= -\frac{qx^2}{2GF} + \frac{ql}{GF} x \end{aligned}$$

Bu ma’lumotlar asosida $\frac{dv(x)}{dx}$ va $v(x)$ epyuralarini quramiz. Ular 2-rasm *a* va *b* - larda ko‘rsatilgan.



2 - rasm.

Defomatsiya omillari uchun asosiy bog‘lanishlar. Siljishni hisobga olish. Asosiy hal qiluvchi (yechuvchi) tenglamalar va ularni integrallari quyidagi ko‘rinishlarga ega:

$$\frac{d^2w(x)}{dx^2} = -\frac{M(x)}{EJ(x)} = \Phi(x)$$

$$\frac{dw(x)}{dx} = \theta(x) = \int \Phi(x) \cdot dx + C_1 \quad (9)$$

$$w(x) = \int \int \Phi(x) \cdot dx \cdot dx + C_1x + C_2$$

Bu erda, $w(x)$ - salqilik;

$\theta(x)$ – burilish (og‘ish) burchagi.

Aytaylik $w(x)$ - salqilik egilish natijasida, $v(x)$ – salqilik esa siljish natijasida hosil bo‘lgan

deylik. U holda to'la salqilik quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi: $\bar{w}(x) = w(x) + v(x)$. U holga to'la egrilik (10) ko'rinishlarga ega bo'ladi

$$\frac{d^2 v(x)}{dx^2} = -\frac{q(x)}{GF} \quad (10)$$

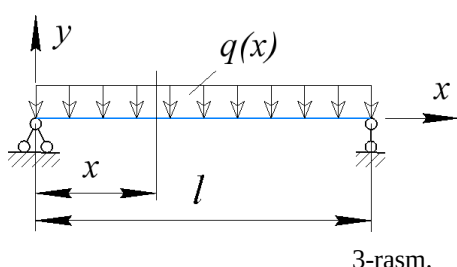
(9) esa (11) – ko'rinishga ega bo'ladi

$$\frac{d^2 \bar{w}(x)}{dx^2} = \frac{d^2 w(x)}{dx^2} + \frac{d^2 v(x)}{dx^2} = -\frac{M(x)}{EJ(x)} - \frac{q(x) \cdot k}{GF(x)} \quad (11)$$

Bu erda $G = \frac{E}{2(1+\mu)}$ - Lamé ko'effitsienti, siljishdagi elastiklik moduli va k - ko'effitsient,

kesim balandligi bo'yicha urinma kuchlanishlarni notekis tarqalishini e'tiborga oluvchi ko'effitsient.

Misol: Quyidagi ko'ndalang kesimi to'g'ri to'rtburchakdan iborat bo'lgan, ikki tayanchda



3-rasm.

yotuvchi va tekis taqsimlangan $q(x) = q$ yuk ostidagi balka (3- rasm) berilgan bo'lsin deylik.

$q(x) = q$, deb olsak, yani o'zgarmas tekis tarqalgan desak, x – kesimdagi eguvchi moment quyidagiga teng bo'ladi

$$M(x) = \frac{q \cdot l}{2} \cdot x - \frac{q \cdot x^2}{2}$$

U holda (11) - tenglama quyidagi ko'rinishlarga ega bo'ladi:

$$\frac{d^2 \bar{w}(x)}{dx^2} = \frac{1}{EJ} \left(-\frac{q \cdot l}{2} \cdot x + \frac{q \cdot x^2}{2} \right) - \frac{q \cdot k}{GF}$$

Bu tenglamani integrali (yechimi) quyidagi ko'rinishlarga ega bo'ladi:

$$\frac{d\bar{w}(x)}{dx} = \frac{1}{EJ} \left(-\frac{q \cdot l \cdot x^2}{4} + \frac{q \cdot x^3}{2} \right) - \frac{q \cdot k}{GF} x + C_1$$

$$\bar{w}(x) = \frac{1}{EJ} \left(-\frac{q \cdot l \cdot x^3}{12} + \frac{q \cdot x^4}{24} \right) - \frac{q \cdot k \cdot x^2}{2GF} + C_1 x + C_2$$

Chegaraviy shartlardan $x = 0$ va $x = l$ da $\bar{w} = 0$ tengligini hisobga olsak, C_1 va C_2 – integral doimiylari quyidagilarga aniqlaymiz:

$$C_2 = 0, \quad 0 = \frac{1}{EJ} \left(-\frac{q \cdot l^4}{12} + \frac{q \cdot l^4}{24} \right) - \frac{q \cdot k \cdot l^2}{2GF} + C_1 \cdot l$$

Bundan

$$C_1 = \frac{q \cdot l^3}{24EJ} + \frac{q \cdot l}{2GF} k$$

U holda

$$\bar{w}(x) = \frac{1}{EJ} \left(-\frac{q \cdot l \cdot x^3}{12} + \frac{q \cdot x^4}{24} \right) - \frac{q \cdot k \cdot x^2}{2GF} + \left(\frac{q \cdot l^3}{24EJ} + \frac{q \cdot l}{2GF} k \right) \cdot x$$

$x = l/2$ ga teng bo'lganida

$$\bar{w}_{l/2} = \frac{5}{384} \frac{ql^4}{EJ} + \frac{q \cdot l^2 \cdot k}{8GF}$$

Agar murakkab yuklanish holatida bo'lsa, u holda (11) – tenglamani boshlang'ich parametrlar usuli bilan integrallash mumkin. Hisoblash natijalari shuni ko'rsatadiki siljish defomatsiyasiga hisoblarda siljish defomatsiyasini e'tiborga olish zarur.

Adabiyotlar

- [1]. Г.С. Писаренко и др. Сопротивление материалов. Киев. 1988 г. 775 стр.
- [2]. В.И. Феодосьев. Сопротивление материалов. М. Наука. 1986 г. 512 стр.
- [3]. I.X.Hamzayev. Materiallar qarshiligi. Darslik. Farg'ona, 2025, 366 bet.
- [4]. I.H. Hamzayev., E.S. Umarov. Materiallar qarshiligi. Farg'ona 2021 y. 360 bet.
- [5]. I.X.Hamzayev, E.S.Umarov. Materiallarning mexanik sinoviga doir laboratoriya ishlari. O'quv qo'llanma. Farg'ona, 2025, 296 bet.
- [6]. И.Х.Хамзаев., Э.С.Умаров . Деформации балки при изгибе с учетом поперечных сдвигов. Фар.ПИ Илмим-техника журналы 2018.Том 22. №4 48-52 бетлар.
- [7]. Hamzayev, I., Khasanov, S., Bibutov, N., Umarov, E., Khaydarova, O., Ergashov, B., & Nishonov, U. A. (in press). Study of deflections of bending layered structures taking into account transverse shear deformations. *3rd International Conference Advanced Mechanics: Structure, Materials, Tribology*, AIP Conference Proceedings.
- [8]. Khamzaev, I., et.al., E3S Web of Conferences 538, 01015 (2024).

YUQORI SAMARALI SUYUQ ISSIQLIK SAQLOVCHI QOPLAMALAR BO'YICHA OLIB BORILAYOTGAN ILMIY TADQIQOTLAR

E.S. Umarov, B.T. Tojiboyev

Farg'ona davlat texnika universiteti,

E-mail: bobirjon1988@mail.ru, eumarov15@gmail.com

(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Ushbu maqolada energiya resurslaridan samarali foydalanish va issiqlik yo'qotilishini kamaytirish muammosi, mavjud issiqlik saqllovchi materiallarning (steklovata, mineral paxta, penopolistirol) kamchiliklari hamda ularning o'rniga taklif etilayotgan yupqa qatlamli, yuqori samarali suyuq issiqlik saqllovchi qoplamaning afzalliklari yoritilgan. Eksperimental natijalarga ko'ra, qoplama qalinligi 1 mm dan 4 mm ga oshganda, issiqlik yo'qotilishi 85-90°C dan 55-60°C gacha kamayishi aniqlangan. Maqolada qoplamaning tarkibi (mikrosfera va bo'yoqlar asosida), ishlash mexanizmi, fizik-mexanik xususiyatlari va qo'llash sohalari haqida ma'lumotlar keltirilgan.

Tayancha so'zlar: suyuq issiqlik saqllovchi qoplama, issiqlik o'tkazuvchanlik, mikrosfera, energiya tejash, steklovata, korroziyaga qarshilik

Аннотация. В данной статье освещена проблема эффективного использования энергетических ресурсов и снижения теплопотерь, рассмотрены недостатки существующих теплоудерживающих материалов (стекловата, минеральная вата, пенополистирол), а также преимущества предлагаемого тонкослойного высокоэффективного жидкого теплоудерживающего покрытия. Согласно экспериментальным результатам, при увеличении толщины покрытия с 1 мм до 4 мм теплопотери снижаются с 85-90°C до 55-60°C. В статье приведены сведения о составе покрытия (на основе микросфер и красок), механизме действия, физико-механических свойствах и областях применения.

Ключевые слова: жидкое теплоудерживающее покрытие, теплопроводность, микросфера, энергосбережение, стekловата, коррозионная стойкость

Abstract. This article addresses the problem of efficient use of energy resources and reduction of heat loss. It examines the disadvantages of existing heat-retaining materials (fiberglass, mineral wool, expanded polystyrene) as well as the advantages of the proposed thin-layer, highly efficient liquid heat-retaining coating. According to experimental results, when the coating thickness increases from 1 mm to 4 mm, heat loss decreases from 85-90°C to 55-60°C. The article provides information on the composition of the coating (based on microspheres and paints), its mechanism of action, physico-mechanical properties, and applications.

Keywords: liquid heat-retaining coating, thermal conductivity, microsphere, energy saving, fiberglass (glass wool), corrosion resistance.

So'nggi yillarda energiya resurslaridan samarali foydalanish va issiqlik yo'qotilishini kamaytirish muammosi global darajada dolzarb bo'lib bormoqda. Qurilish, sanoat va energetika sohalarida issiqlik yo'qotilishini kamaytirish maqsadida yangi turdagi materiallar, jumladan yuqori samarali suyuq issiqlik saqlovchi qoplamalar keng o'rganilmoqda.

Issiqlik o'tkazuvchanlik tushunchasi materialning o'z qalinligi orqali issiqlik energiyasini uzatish qobiliyatini ifodalaydi. Bu hodisa muhitning turli qismlarida harorat muvozanatining buzilishi natijasida yuzaga keladi va issiqlik oqimining vujudga kelishiga sabab bo'ladi. Ushbu xususiyat qurilishda va issiqlik saqlovchi qoplamalarda eng muhim ko'rsatkichlardan biri hisoblanadi. Issiqlik o'tkazuvchanlik darajasi materialning tuzilishi, kimyoviy tarkibi, g'ovaklik xususiyati hamda namlik miqdoriga bog'liq holda o'zgaradi. Hozirgi kunda issiqlik saqlovchi materiallar sifatida selluloza, ekovata, gips-tolali plitalar, penopolistirol, basalt paxta va boshqa turdagi mahsulotlar qo'llanilmoqda. Mazkur materiallarning barchasi issiqlikni saqlash xususiyatiga ega bo'lib, ayniqsa sellulozaning bu boradagi samaradorligi uzoq vaqtdan beri ma'lum. XIX asrning so'nggi yillarida selluloza asosidagi materiallar ustida keng ko'lamli tadqiqotlar olib borilgan. 1928-yilda Germaniyada birinchi marta sellulozadan issiqlik saqlovchi material ishlab chiqarish yo'lga qo'yilgan. Ushbu materiallar bio-barqarorligi, shovqin o'tkazmasligi va qo'llash qulayligi bilan ajralib turadi. Biroq ularning qalin bo'lib ketishi, o'rnatish vaqtida changlanishi hamda murakkab shaklli joylarni to'ldirishdagi noqulayliklari jiddiy kamchilik hisoblanadi [1,2].

Ushbu issiqlik izolyatsiya materiallari (steklovata, mineral paxta va boshqalar) o'lchamining kattaligi, ko'rinish jixatdan ko'rimsizligi, iqtisodiy jixatdan biroz qimmatligi bilan bilan bir qatorda, ularni o'rnatishda qo'shimcha karkas konstruksiyalari talab etilishi va vaqt o'tishi bilan namlik ta'sirida o'z izolyatsion xususiyatlarini yo'qotishi kabi qator muammolarni keltirib chiqaradi. Bundan tashqari namlikka chidamsizligi (Gidroskopiklik) - steklovata suvni o'ziga juda tez shimib oladi, agar material 5% namlansa, uning issiqlik saqlash xususiyati 50% ga pasayib ketadi. Namlik tola orasida yig'ilib, materialning og'irlashishiga va chirishiga (yoki mog'or bosishiga) olib keladi. Cho'kish xususiyati, vaqt o'tishi bilan steklovata o'z og'irligi va tebranishlar ta'sirida pastga qarab "cho'kadi", bu devorning yuqori qismida bo'shliqlar (sovuqlik ko'priklari) hosil bo'lishiga olib keladi. Natijada, issiqlik izolyatsiyasi samaradorligini yo'qotadi. Ekologik jihatdan zararli bog'lovchilar. Steklovata tolalarini bir-biriga yopishtirish uchun tarkibida formaldegid va fenol bo'lgan smolalardan foydalaniladi. Bu moddalar vaqt o'tishi bilan havoga zaharli gazlar chiqarishi mumkin (ayniqsa, qiziganida). O'rnatishdagi qiyinchiliklar. Uni o'rnatish uchun maxsus himoya kiyimi, respirator, ko'zoynak va qo'lqop kiyish shart. Shuningdek, u juda ko'p joyni egallaydi va uni mahkamlash uchun qo'shimcha karkas (ramka) talab qilinadi [1].



1-rasm. Issiqlikni yo'qotilishi.

Bu esa o'z navbatida yupqa qatlamli, yuqori samarali va qo'llashga oson bo'lgan suyuq issiqlik saqlovchi materiallarga bo'lgan ehtiyojni yanada oshirmoqda.

Biz taklif etayotgan suyuq issiqlikni saqlovchi qoplamalar notekkis yuzalarga, binolarning ichki va tashqi tomonidan sovuq va issiqdan ximoyalovchi qoplama sifatida ishlatish mumkinligi,

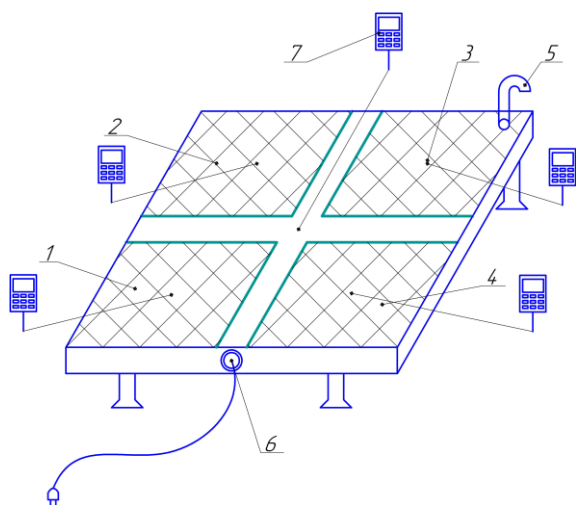
tarkibining soddaligi, kichik hajm hosil qilishi, yengil, inson va tabiatga zarar yetkazmasligi, o'rnatish osonligi (surkash, sepish orqali), xar xil rangda bo'yash mumkinligi va yana bir qancha afzalliklari bilan ajralib turadi.

Suyuq qoplamalar o'zining yupqa qatlamda yuqori samaradorlikka ega bo'lishi, qo'llash qulayligi va ko'p funksiyaliligi bilan ajralib turadi. Shu sababli, mazkur yo'nalishda ilmiy tadqiqotlar jadal rivojlanmoqda.

Ma'lumki, bugungi kunda issiqlik saqlovchi materiallarga ehtiyoj juda katta. Sovuq mavsumda havo harorati keskin pasayganda, binolar va inshootlar ichidagi haroratni me'yor darajasida ushlab turish uchun avvalo devorlarning (ichki va tashqi to'siqlarning) issiqlik o'tkazuvchanlik darajasini pasaytirishga erishish lozim. Qish faslida izolyatsiyalanmagan isitish quvurlari issiqlik energiyasining 55–65 foizini yo'qotadi. Bunday holat sovuq va issiq suv hamda kanalizatsiya tizimlarining muzlashi natijasida ularning ish qobiliyatining pasayishiga olib keladi. Ushbu issiqlik yo'qotishlari, ayniqsa, nostandart issiqlik saqlovchi qoplamalar qo'llanilganda hamda havoning sovuq va nam sharoitlarida yaqqol namoyon bo'ladi (1-rasm) [2].

Quvurlarni yuqori sifatli issiqlik izolyatsiyasi bilan qoplash ularning muddatidan oldin ishdan chiqishining oldini oladi, muhandislik tarmoqlarining xizmat qilish muddatini ikki baravarga uzaytiradi va har yili katta miqdordagi mablag'ni tejash imkonini beradi. Shu omillarni hisobga olgan holda, bugungi kunda issiqlikni saqlash imkoniyatiga ega bo'lgan materiallarga talab juda yuqori ekanligini bemalol aytish mumkin. Demak, issiqlik saqlovchi materiallar sohasida olib borilayotgan ilmiy izlanishlar ham bejiz emas.

Ushbu qoplamalar aniq belgilangan tarkib asosida tayyorlanadi. Ular quyidagi asosiy talablarga javob berishi kerak: issiqlikni saqlash qobiliyatiga ega bo'lish, yengillik, inson salomatligi uchun xavfsizlik, katta hajm egallamaslik, yopishqoqlik (kirishuvchanlik) xususiyatiga ega bo'lish, ovoz va shovqinni yutish, yong'inga chidamlilik, nam va bug'li sharoitlarda o'z xususiyatini yo'qotmaslik, metall buyumlarga qo'llanganda korroziyaga qarshi turish, binolarda esa issiqlik yo'qotilishini kamaytirish va mog'or paydo bo'lishidan himoya qilish [2].



2-rasm. Suyuq issiqlik izolyatsiyasi qoplamasini issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientini aniqlash uskunasi sxemasi.

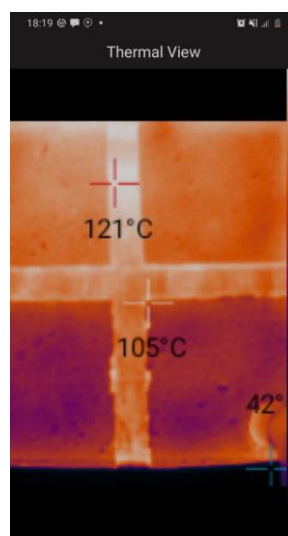
1 – qalinligi 1 mm bo'lgan qoplama, 2 – qalinligi 2 mm bo'lgan qoplama,

3 – qalinligi 3 mm bo'lgan qoplama, 4 – qalinligi 3 mm bo'lgan qoplama,

5- Suv quyish jumragi, 6- Elektrotent (220B (1 kBT)), 7-Termopara (5 dona).

meva-sabzavotlarni saqlash uchun mo'ljallangan sovutgich kameralari hamda qurilish sohasida – binolarning ichki va tashqi devorlarini issiqlik izolyatsiyasi va himoyalash uchun tavsiya etiladi.

Mazkur qoplama asosan mikrosfera va bo'yoqlar (shuningdek, bir qator kimyoviy moddalar) asosida tayyorlanadi. U yuqori darajadagi yopishqoqlikka ega bo'lib, barcha turdagi qurilish materiallariga birdek qo'llanilishi mumkin. Qoplamaning muhim afzalliklaridan biri – sovuq yuzalarda korroziya va mog'or paydo bo'lishining oldini olishdir. Tarkibidagi ichi bo'sh mikrosferalar tufayli issiqlik izolyatorlarining ishlash mexanizmi an'anaviy isitgichlarning ishlash



Yirik sanoat korxonalari va ishlab chiqarish tarmoqlarida issiqlikni saqlash hamda energiya sarfini kamaytirish masalasi dolzarb va muhim ahamiyatga ega. Shu sababli, biz ilmiy tadqiqot olib borayotgan suyuq issiqlik saqlovchi qoplama turli xil isitish va sovutish tizimlari, kimyo sanoati korxonalaridagi saqlash idishlari,

prinsipidan butunlay farq qiladi. Ushbu noyob xususiyatlar tufayli material atigi 1 mm qalinlikda ham sezilarli darajada energiya tejash samarasini beradi.

Qoplama tarkibida suv o'tkazmaydigan va korroziyaga qarshi qo'shimchalar mavjud bo'lib, u issiqlik izolyatsiyasi xususiyatlariga qo'shimcha ravishda yonmaydigan yoki yong'inga chidamli xususiyatlarga ham ega. Tarkibga kiritilgan komponentlar qoplamani namlik o'tkazmaydigan, moslashuvchan hamda ultrabinafsha nurlanish, harorat o'zgarishlari va namlik kabi tashqi omillarga chidamli qiladi.

Endi to'g'ridan to'g'ri olib borilgan tajribalarga yuzlansak.

Tajribani quyidagicha o'tkazdik (2-rasm):

Tajriba ichi suv bilan to'ldirilgan idishda o'tkazilgan. Idishni qiyaxon qilib joylashtirib 5 jumrakdan idish satxi 85-95 % miqdorda suv bilan to'ldiriladi va tent elektr tarmog'iga ulanadi. Ichidagi suv qaynagandan so'ng markazidagi xarorat teplovizor bilan o'lchanadi va 100-105 °C atrofida qiziganini bilamiz, sababi ichidagi tent idish satxiga yaqin joylashgan. Ushbu qurilma yordamida to'rt xil qalinlikdagi qoplama sinovdan o'tkazildi va quyidagi natijalar olindi:

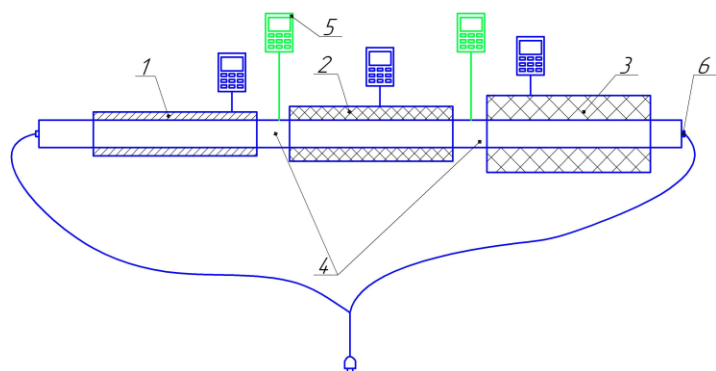
- Qalinligi 1 mm bo'lgan qoplama qo'llanilganda, idish ichidagi harorat 100–103 °C bo'lgan sharoitda sirt harorati 85–90 °C gacha tushgan;

- 2 mm qalinlikdagi qoplama ichki harorat 100–103 °C bo'lganda, sirt harorati 75–80 °C ni tashkil etgan;

- 3 mm qalinlikdagi qoplama ichki harorat 100–103 °C bo'lganda, sirt harorati 65–70 °C ga teng bo'lgan;

- 4 mm qalinlikdagi qoplama esa ichki harorat 100–103 °C bo'lganda, sirt harorati 55–60 °C darajasida qayd etilgan.

(Shuni ta'kidlash kerakki, termopara va elektr isitish elementi (tent) bilan bog'liq ma'lum o'lchash xatoliklari yuzaga kelishi mumkin) [3].



3-rasm. Suyuq issiqlik izolyatsiyasi qoplamasini issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientini aniqlash uskunasi sxemasi. 1 – qalinligi 1 mm bo'lgan qoplama, 2 – qalinligi 2 mm bo'lgan qoplama, 3 – an'anaviy steklovata bilan o'ralgan o'ram, 4 – qalinligi 0.8 mm bo'lgan nerjavika truba, 5- Termopara (2 dona), 6- Elektrotent (220B (1 кВт)).

Tajribani boshqa qurilma yordamida davom ettiramiz 3-rasm:

Tajriba quruq havo yordamida o'tkazildi. Buning uchun uzunligi 1,6 metr, devor qalinligi 0,8 mm va diametri 80 mm bo'lgan zanglamaydigan po'lat (nerjavika) trubaning 40 santimetrlik uchta alohida joyiga 1 mm va 2 mm qalinlikdagi qoplama hamda steklovata o'rami qo'llanildi. Truba ichiga quvvati 1 kVt bo'lgan elektr isitish elementi (tent) joylashtirildi. Tentni elektr tarmog'iga ulashdan oldin trubaning dastlabki harorati o'lchab olindi (tajriba oddiy xona sharoitida amalga oshirildi).

So'ngra tent elektr tarmog'iga ulanib, uning qizishi kuzatildi. Trubadagi harorat 100–110 °C atrofida yetganda, qoplamalarning sirt harorati o'lchandi. 1 mm, 2 mm va 3 mm qalinlikdagi qoplamalar harorati qayd etilib, tahlil qilindi.

Olingan natijalar va tahlillarga asosan shuni xulosa qilish mumkinki, qoplama qanchalik qalin bo'lsa, uning issiqlikni saqlash qobiliyati shuncha yuqori bo'ladi.

Ushbu issiqlik saqlovchi material nafaqat issiqlik izolyatsiyasi xususiyatlariga ega, balki isitish jarayonini tezlashtirish va issiqlik yo'qotilishini kamaytirish hisobiga energiya xarajatlarini ham pasaytiradi [2].

Qoplamani to'g'ri qo'llash ham ish unumdorligi va samarasiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Ularni nam, muzli yuzaga qo'llash mutlaqo noto'g'ri. Chunki bilamizki nam va muzli joyda yopishqoqlik xususiyati yo'qoladi. Qoplama bir necha qatlamlarda qo'llaniladi. Qatlamlar soni vazifalarga qarab belgilanadi. Bir nechta qatlamlarni qo'llash mumkin, qatlamlar orasidagi oraliq quritish bilan

bog‘liq ya‘ni xar bir qatlam surilganidan so‘ng ozgina vaqt qurishinikutish lozim.

Biz ilmiy izlanish olib borayotgan qoplama qurigandan so‘ng u bardoshli, polimer qoplama hosil qiladi va bu qoplama issiqlik yo‘qotilishini oldini oladi hamda noyob xususiyatlaridan kelib chiqqan holda, material 1 mm qalinlikda ham energiya tejashning aniq natijasiga ega.

Egiluvchan, past va yuqori haroratlarda ham yopishqoqlikka ega. Asosiy materialdan qoldiq qolmaydi va unda uzoq xizmat qilish muddati davomida yoriqlari hosil bo‘lmaydi.

Yong‘inga bardoshli.

Ushbu qoplama turli xil materiallarga – jumladan, qumli gips, sement asosidagi qurilish aralashmalari, g‘isht, metall, plastmassa, yog‘och va boshqa sirtlarga mukammal yopishadi. Shuningdek, u sovuq yuzalarda korroziya va kondensatsiya hosil bo‘lishining oldini oladi hamda mexanik va atmosfera ta‘sirilariga qarshi qo‘shimcha himoya talab qilmaydi. Tarkibiy qismlarning bunday kombinatsiyasi moslashuvchan, yengil, elastik va har qanday shakldagi hamda deyarli barcha kimyoviy tarkibga ega sirtlarga a‘lo darajada yopishadigan noyob materialni yaratish imkonini berdi.

Qoplamaning asosiy ustunliklari quyidagilardan iborat: qo‘llashning soddaligi (cho‘tka, valik yoki kompressor yordamida purkash mumkin), ixchamlik hosil qilishi, ekologik tozaligi (tabiatga zarar yetkazmaydi), tarkibida zararli moddalarning yo‘qligi, ishqor va kislotalarga nisbatan yuqori chidamlilik hamda yonishni qo‘llab-quvvatlamasligi.

Mazkur qoplamani quyidagi obyektlarda qo‘llash maqsadga muvofiqdir: turar-joy va sanoat binolarida (tashqi va ichki izolyatsiya sifatida), metall konstruksiyalarda (garajlar, konteynerlar), isitish magistrallari va quvurlarida, shamollatish kanallarida, o‘chirish klapanlarida (zadvijka va ventillar), sanoat konteynerlarida, avtotransport salonlarida hamda suv transportida [3,4].

Xulosa va takliflar. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, mavjud issiqlik saqlovchi materiallar – steklovata, mineral paxta, penopolistirool va boshqalar – bir qator jiddiy kamchiliklarga ega. Ular namga chidamsiz, vaqt o‘tishi bilan cho‘kadi, o‘rnatishda qo‘shimcha karkas konstruksiyalarini talab etadi, formaldegid kabi zararli moddalarni o‘z ichiga olishi mumkin. Bu esa, o‘z navbatida, yupqa qatlamli, yuqori samarali va qo‘llashga qulay bo‘lgan suyuq issiqlik saqlovchi qoplamalarga bo‘lgan ehtiyojni kun sayin oshirmoqda.

Taklif etilayotgan suyuq qoplama mikrosfera va bo‘yoqlar asosida tayyorlanib, yuqori yopishqoqlik, egiluvchanlik, yong‘a chidamlilik va ekologik xavfsizlik kabi afzalliklarga ega. Eksperimental tajribalar shuni ko‘rsatdiki, qoplamaning qalinligi oshgani sari uning issiqlikni saqlash qobiliyati ortib boradi. Masalan, ichidagi temperatura 100-105 °C bo‘lgan holatda, 1 mm qalinlikda sirt temperaturasi 85-90 °C ga, 4 mm qalinlikda esa 55-60 °C gacha pasayadi.

Olib borilgan tahlillar va tajribalar asosida quyidagi umumiy xulosalarga kelindi: suyuq issiqlik saqlovchi qoplamalar nafaqat issiqlik izolyatsiyasi xususiyatlariga ega, balki ularni qo‘llash orqali energiya sarfini kamaytirish, korroziya va zambo‘rug‘ paydo bo‘lishining oldini olish mumkin. Shu bilan birga, bunday qoplamalarning samaradorligi ularni to‘g‘ri qo‘llash – sirtni tayyorlash, qatlamlar orasida quritish vaqtiga rioya qilish kabi omillarga ham bevosita bog‘liq.

Kelgusidagi ilmiy izlanishlar uchun suyuq qoplamalarning aniq issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsientini standart usullar yordamida aniqlash, ularning uzoq muddatli barqarorligini sinash hamda tarkibidagi mikrosferalarning optimal konsentratsiyasini aniqlash bo‘yicha tadqiqotlarni davom ettirish maqsadga muvofiqdir. Bu esa, o‘z navbatida, ishlab chiqarishga joriy etish va keng miqyosda qo‘llash imkoniyatlarini yanada kengaytiradi.

Adabiyotlar

- [1]. Анисимов М.В., Рекунов В.С. Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности сверхтонких жидких композиционных теплоизолирующих покрытий // Известия Томского политехнического университета. – 2015. – №9. – С. 15-22.
- [2]. Tojiboyev B.T. Heat resistant fluid insulating coat // Scientific progress. – 2021. – Vol. 2(7). – P. 524-531.
- [3]. Tojiboyev B.T., Yusupova N.X. Suyuq kompozitsion issiqlik izolyatsiyalovchi qoplamalarining issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsientini aniqlash usullari // Oriental renaissance. – 2021. – Vol. 1(10). – P. 517-526.
- [4]. Tojiboyev B.T. Energiya saqlash qobiliyatiga ega issiqlik saqlovchi materiallarni qo‘llashda innovatsion texnologiyalardan foydalanish istiqbollari // Science and Education. – 2022. – Vol. 3(3). – P. 186-192.
- [5].

РАЗРАБОТКА СЕЙСМОЗАЩИТНЫХ УСТРОЙСТВ НА ОСНОВЕ МЕСТНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИХ РАЗВИТИЯ

А.С. Ювмитов^{1,a)}, С.У. Тошпулатов^{1,b)}, М.Б. Холиков^{1,c)}, С.Ф. Бозоркулов^{2,d)}¹Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т.Уразбаева АН РУз,
100125, Ташкент, ул. Дурмон йули 40, Узбекистан²Ташкентский архитектурно-строительный университет, 100011, Ташкент
ул.Янгишахар, 9а, Узбекистанa)anvar.sayfullaevich@mail.ru, тел.: +99891-667-17-66

(Получена 06.04.2026 г.)

Аннотация. В статье рассматривается разработка рационального решения демпфирующего устройства на основе местного сырья для антисейсмического усиления существующих зданий с учётом практики сейсмостойкого проектирования, принятой в республике. Приведён подробный анализ антисейсмических устройств, применяемых в практике сейсмостойкого строительства развитых стран, а также рассмотрена возможность их использования в различных частях конструкций зданий и сооружений. На основе обзора и изучения разработано и предложено новое конструктивное решение демпфирующего устройства в виде обоймы из стальных профилей с фрикционными элементами, позволяющее применять его в несущих железобетонных колоннах и обеспечивающее существенное снижение сейсмических воздействий на каркасные здания.

Данная статья подготовлена на основе результатов прикладных исследований, выполняемых в рамках Государственной целевой программы научной деятельности на 2025–2027 годы, направленной на разработку научных решений для реализации задач, определённых постановлением Президента Республики Узбекистан № ПП–161 от 17 апреля 2024 года «О мерах по повышению сейсмостойкости зданий и сооружений и совершенствованию деятельности по мониторингу сейсмической опасности», по договору № AL-8924073458 на тему «Разработка активного устройства сейсмической защиты зданий и сооружений в сейсмоактивных районах на основе теоретических и экспериментальных исследований».

Ключевые слова: сейсмостойкость, антисейсмическое усиление, железобетонные колонны, стальная обойма, фрикционные элементы, упругое крепление, сухое трение, рубашка из стальных профилей, демпфирование, динамические характеристики, сейсмическая уязвимость, строительные нормы, усиление конструкций.

Аннотация. Мақолада мавжуд биналарни антисейсмик кучайтириш учун демпфер қурилмасининг рационал ечимини ишлаб чиқиш масаласи республиканинг сейсмик мустаҳкам лойиҳалаш амалиёти ва маҳаллий хомашёдан фойдаланишни ҳисобга олган ҳолда кўриб чиқилган. Ривожланган мамлакатларда сейсмик мустаҳкам қурилиш амалиётида қўлланилаётган антисейсмик қурилмаларнинг батафсил таҳлили келтирилган ҳамда уларни биналар ва иншоотлар конструкцияларининг турли қисмларида қўллаш имкониятлари ўрганилган. Ўрганиш ва таҳлиллар асосида металл профиллардан тайёрланган обойма кўринишидаги, фрикцион элементларга эга бўлган янги конструктив демпфер қурилмаси таклиф этилган бўлиб, унинг юк кўтарувчи темирбетон устунларда қўлланилиши ва каркасли биналарда сейсмик таъсирларни сезиларли даражада камайитириши ёритилган.

Ушбу мақола Ўзбекистон Республикаси Президентининг “Бино ва иншоотларнинг зилзилабардошлигини ошириш ҳамда сейсмик хавфни мониторинг қилиш фаолиятини такомиллаштириш чора-тадбирлари то‘ғ‘рисида” 2024-йил 17-апрелдаги ПҚ-161-сон қарорида белгиланган вазифаларни бажарилишида илмий ечимларни ишлаб чиқиш учун Илмий фаолиятга оид давлат мақсадли дастури доирасида 2025-2027 йилларга бажарилиши мўлжалланган, шартнома рақами AL-8924073458-сон “Сейсмик фаол ҳудудларда бино ва иншоотлар зилзилабардошлигини ошириш учун актив сейсмик ҳимоя қурилмасини назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида ишлаб чиқиш” мавзусидаги амалий тадқиқот натижалари асосида маълумотлар берилмоқда.

Калит сўзлар: сейсмик мустаҳкамлик, антисейсмик кучайтириш, темирбетон устунлар, пўлат қоплама, фрикцион элемент, эластик маҳкамлаш элементлари, қуруқ ишқаланиш, пўлат

профиллардан қоплама, демпферлаш, динамик қўрсаткичлар, сейсмик заифлик, қурилиш меъёрлари, конструкцияларни кучайтириш.

Abstract. *The article discusses the development of an effective damping device using local raw materials for the seismic reinforcement of existing buildings, considering the seismic-resistant design practices of the republic. It provides a detailed analysis of anti-seismic devices utilized in earthquake-resistant construction in developed countries, as well as their potential application in various structural elements of buildings and structures. Based on the research and analysis conducted, a new structural solution for a damping device is proposed. This device takes the form of a steel-profile jacket with friction elements. The applicability of this device in load-bearing reinforced concrete columns is demonstrated, along with its ability to significantly reduce seismic effects in frame buildings.*

This article is based on the results of applied research undertaken within the framework of the State Targeted Program of Scientific Activity for 2025–2027, aimed at developing scientific solutions for the implementation of tasks defined by the Decree of the President of the Republic of Uzbekistan No. PQ–161 dated April 17, 2024, “On measures to improve the seismic resistance of buildings and structures and to enhance seismic hazard monitoring activities,” under contract No. AL-8924073458, entitled “Development of an active seismic protection device for buildings and structures in seismically active regions based on theoretical and experimental studies”.

Keywords: *seismic resistance, seismic strengthening, reinforced concrete columns, steel jacket (steel cage), friction elements, elastic fastening, dry friction, steel-profile jacket (steel-profile casing), damping, dynamic characteristics, seismic vulnerability, building codes, structural strengthening.*

Известно, что в последнее время в развитых странах, в частности, в Японии, США, Китае, Корее, Турции, Индии, России и др., особое внимание уделяется развитию решения проблемы повышения сейсмостойкости зданий и сооружений с применением системы сейсмической защиты в виде сейсмоизолирующих опор, демпферов и гасителей с различными нелинейными диссипативными свойствами и систем активной сейсмической защиты. Системы сейсмической защиты используются для регулирования динамических характеристик зданий и сооружений за счет нелинейных диссипативных свойств и снижения энергии сейсмических сил, что позволяет значительно повысить сейсмостойкость, сейсмическую безопасность и эксплуатационную надежность зданий и сооружений при сильных сейсмических воздействиях. В развитых странах мира разрабатывается принцип сейсмоизоляции зданий и сооружений от воздействия землетрясений. Учеными разработаны и внедрены в практику строительства устройства, применение которых в конструкциях с регулируемыми динамическими характеристиками позволяет уменьшить воздействие сейсмических сил на здания и сооружения. Обычно их условно разделяют на пассивные и активные меры защиты зданий и сооружений от землетрясений. Для достижения этой цели в практике сейсмостойкого строительства возведение сооружений осуществлялось методами, гасящими колебания.

Учитывая, что основная территория Республики Узбекистан в сейсмическом отношении является сейсмоопасной, с целью повышения и обеспечения сейсмостойкости зданий и сооружений проводятся широкомасштабные мероприятия. Одними из ведущих направлений проводимых исследований являются теоретические и экспериментальные исследования в сфере сейсмологии и сейсмостойкости зданий и сооружений. В настоящее время во многих странах мира при использовании устройств и конструкций зданий, направленных на повышение сейсмостойкости существующих и вновь строящихся зданий, особое внимание обращают на усовершенствование основ расчета их параметров. В связи с этим, важной задачей является проведение научных исследований в следующих направлениях: разработка конструктивных решений гасящих устройств, проведение экспериментальных исследований диссипативных свойств устройств сейсмической защиты, разработка математических моделей и их применение при расчете многоэтажных зданий, учет линейных и нелинейных свойств взаимодействия грунта основания с фундаментом зданий и сооружений, расчет динамических характеристик многоэтажных зданий с учетом конструкций систем сейсмической защиты, создание программного средства расчета

многоэтажных зданий на реальные записи сейсмических воздействий с учетом нелинейных свойств гасящих устройств и т.д.

В последнее десятилетие в сейсмических районах нашей республики, особое внимание уделяется строительству сейсмостойких многоэтажных и высотных зданий в центральных городах республики на основе современных зарубежных норм и требований, а так же внедрению передовых технологий и эффективных устройств, направленных на повышение сейсмостойкости конструкций многоэтажных или высотных зданий. В связи с этим, одним из важных вопросов в практике сейсмостойкого строительства является разработка нового типа устройств систем сейсмозащиты на основе местных материалов и их широкое применение в практике строительства в республике по результатам полномасштабного теоретического и экспериментального исследования.

Учитывая актуальность данного направления при обеспечении сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан и сейсмостойкости зданий и сооружений, государством уделяется особое внимание с целью развития отрасли антисейсмического проектирования и строительства [1-5].

Известно, что регулирование динамических характеристик зданий и сооружений осуществляется при проектировании зданий путем подбора физико-механических свойств конструкций таким образом, чтобы во время землетрясений не проявлялся риск резонанса. Другим способом является применение разных конструкций сейсмоизоляции, демпферов и гасителей при строительстве зданий и сооружений [7].

С учетом вышеуказанных условий можно избежать повышения резонансной амплитуды колебаний зданий и сооружений. Из некоторых работ авторов следует, что сейсмозащита, сейсмоизоляция и демпферы применяются в основании зданий для уменьшения жесткости связи фундамента и основания. Основа направления в теории виброизоляции состоит в изменении частоты свободных и вынужденных колебаний для исключения появления резонансной частоты. Сейсмоизолирующие устройства применены в практике в виде систем опорных кинематических фундаментов, многослойных резинометаллических опор, систем со скользящими опорами, выключающими и включающими связями, демпферов гистерезисного типа и др. [8-9].

Ниже приведены результаты подробных анализов некоторых систем сейсмозащиты зданий и сооружений, применяемых в развитых странах в отрасли сейсмостойкого строительства [10].

Демпферы (фрикционный, вязкий и др.). Применение демпфирующих устройств способствует поглощению энергии; они располагаются в местах, принимающих основную нагрузку от землетрясения (рис.1). Демпфирующие устройства в зависимости от типа поглощения энергии разделяются на практике на фрикционные, вязкие, устройства с сухим трением, с пластическими свойствами, гистерезисного типа и др. [10-11]. По результатам теоретических и экспериментальных исследований доказано, что демпфирующие элементы снижают значения сейсмических воздействий почти в 2 раза, по сравнению с обычными зданиями без демпфирующих устройств.



Рис.1. Вязкий и фрикционный демпферы зданий.

Демпферы вязкого трения с упругой связью получили широкое распространение в практике строительства [12, 13]. Упругая связь в них обычно осуществляется в виде пружин, в цилиндрической камере жидкостью с вязким свойством. При деформации амортизатора происходит потеря энергии за счет вязкого трения в цилиндрической ванночке. В демпферах вязкого и сухого трения с уменьшением амплитуд колебаний работа трения резко уменьшается,

между тем для сохранения эффективности целесообразно сохранить степень рассеивания энергии демпфером неизменной, что требует сохранения неизменности амплитуд колебаний системы. Указанное противоречие легко устраняется в демпферах вязкого трения с упругой связью, так как в таких демпферах, как известно, можно достичь полного затухания, основной системы за счет значительных колебаний массы демпфера и при введении вязкого сопротивления в систему демпфера можно получить значительно большее рассеивание энергии. Основным недостатком демпферов с упругой связью, как известно, является то, что они обладают довольно резко выраженными избирательными свойствами, поглощают колебания той частоты, на которую они настроены. Недостатком большинства демпферов вязкого трения является непостоянство вязких свойств масел в связи с изменением температуры, что приводит к расстройке демпфера.

Учеными разработан демпфер с сухим трением для применения в каркасных зданиях [14, 15]. Такой вид демпфера применяется в ячейке рамы в Х-образной и Л-образной связи. Такими связями обычно обеспечиваются жесткости каркасных зданий в поперечном и продольном направлениях. При землетрясении за счет разницы перемещения этажей в фрикционном демпфере появляется сухое трение из-за смещения двух швеллеров (рис.2). Между опорными и основными швеллерами имеется специальный зазор для возможности смещения соосных прилегающих швеллеров. Два швеллера с помощью болтовых соединений закреплены упруго, чтобы во время смещения на поверхности швеллеров появилась Кулонова сила.



Рис.2. Фрикционный демпфер каркасных зданий.

Такие демпферы различного типа широко применяются в строительной отрасли, особенно в высотных зданиях. Эффект фрикционного демпфера проявляется при землетрясении за счёт сухого трения, что приводит к резкому снижению амплитуды колебаний и предотвращает переход здания в резонансный режим. Поэтому в различных странах в практике сейсмостойкого строительства разрабатываются и внедряются демпфирующие устройства, в частности, при строительстве многоэтажных и высотных зданий, мостов и путепроводов и др.

Системы сейсмоизоляции (скользящие, резинометаллические, пружинные и др.). Одним из наиболее перспективных методов активной сейсмозащиты является сейсмоизоляция сооружений, существенно снижающая сейсмическое воздействие на надземную часть сооружения, путем установки резинометаллических опор между несущими конструкциями здания и фундамента [16-18]. Для предотвращения чрезмерной осадки зданий под нагрузкой от собственного веса они имеют вертикальный жесткий элемент. В то же время, обладая малой жесткостью в горизонтальной плоскости (в 100 раз меньше ее жесткости в вертикальной плоскости), не утрачивается возможность упругого бокового перемещения (рис.3).

Сейсмоизоляция зданий с помощью скользящих опор и скользящих поясов, выполняемых в виде ряда опор, расположенных между фундаментом здания и надземными конструкциями в местах пересечения продольных и поперечных стен, способствует существенному снижению горизонтальных нагрузок на несущие надземные конструкции здания при их проскальзывании относительно фундамента. При этом часть энергии, сообщаемая сооружению, затрачивается не на преодоление сопротивления связей в конструкции, а на преодоление сил трения скольжения (рис.4).

Сейсмоизолирующие опоры обычно устанавливаются в фундаменте с целью уменьшения

передачи колебаний подземной части на надземную часть зданий и сооружений. Сейсмоизоляции в практике сейсмостойкого строительства встречается в виде многослойных резинометаллических опор со свинцовым сердечником и без него, скользящих опор, резинометаллических опор с комбинированным фрикционным демпфером, пружинных опор, дугообразных опор и др. (рис.5).

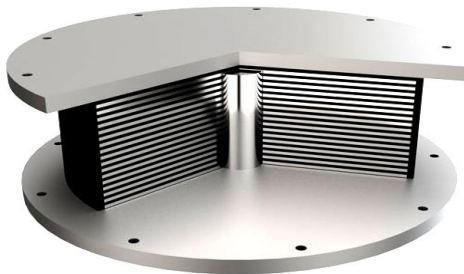
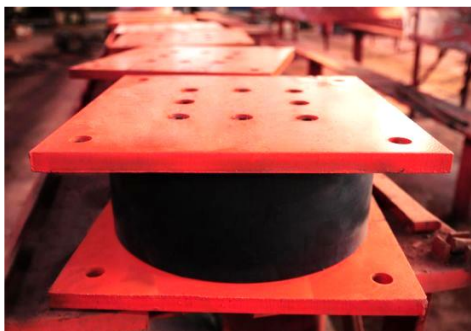


Рис.3. Многослойная резинометаллическая и скользящая опоры.



Рис.4. Скользящие опоры в виде маятниковой опоры трения и рельсового линейного скольжения зданий



Рис.5. Дугообразная пружинная упругая опора.

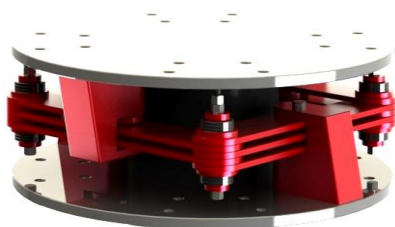


Рис.5 а). Многослойная резинометаллическая опора с фрикционным демпфером и дугообразный свинцовый демпфер

Японскими учеными изобретена сейсмоизолирующая опора дугообразной формы из свинца [19, 20]. Опора крепится жестко к фундаменту цоколя и устанавливается между

фундаментом и цокольной частью здания (рис.5а). Эта опора применяется с резинометаллической и стальной опорами. Свинец обладает пластическими свойствами, поэтому, во время землетрясения основная часть энергии, появляющейся в фундаменте, теряется за счет пластической деформации опоры. Эффект такого вида изолирующей опоры существенен - сейсмическая сила уменьшается более, чем в два раза.

Для ограничения взаимных горизонтальных перемещений здания и фундамента в систему сейсмоизоляции вводят упругие (резинометаллические) и жесткие (железобетонные) ограничители, а для предотвращения отрыва здания от фундамента устанавливают упругие ограничители вертикальных перемещений. Кроме вышеуказанных разработанных и широко применяемых антисейсмических устройств в практике сейсмостойкого строительства существуют и другие устройства, принцип работы которых также основан на поглощении энергии за счёт нелинейных характеристик их элементов.

Учитывая актуальность данного направления в практике сейсмостойкого строительства республики, учёными Института механики и сейсмостойкости сооружений имени М.Т. Уразбаева Академии наук Республики Узбекистан разработано новое конструктивное решение обоймы железобетонных колонн каркасных зданий с фрикционными элементами, позволяющее одновременно повышать жёсткость несущих конструкций и их диссипативные свойства с целью сейсмозащиты от сильных землетрясений.

Из практики сейсмостойкого проектирования известно, что при усилении железобетонных колонн обоймами в виде рубашек из стальных профилей со сварными соединениями их элементов, увеличивается жёсткость самой конструкции каркасного здания. Однако последние теоретические и экспериментальные исследования показали, что данный параметр не в полной мере обеспечивает сейсмостойкость зданий и сооружений [21].

С целью исключения резонансного режима и поглощения энергии сейсмических воздействий в несущих конструкциях требуется повышение диссипативных характеристик за счёт включения в систему различных видов трения.

Ниже приведено новое конструктивное решение фрикционной обоймы железобетонных колонн каркасного здания, разработанное научными сотрудниками Института механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз (рис.5б).

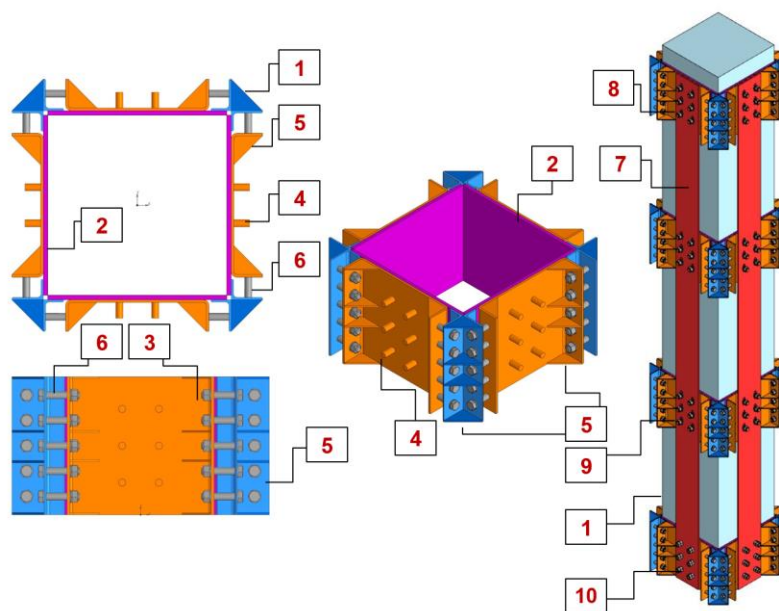


Рис.5 б). Предлагаемый вариант демпферного устройства в виде фрикционной обоймы:

- 1-железобетонная колонна, 2-прокладка из паронита,
- 3-соединительный элемент из гнутого швеллера, 4-резьбовые шпильки,
- 5-центрирующий элемент, 6-ботовые соединения, 7-стальные накладки,
- 8-овалообразные отверстия, 9-гайки крепления с упругим элементом,
- 10-жесткое болтовое крепление накладки.

В настоящее время проводятся научно-исследовательские работы по определению расчетных параметров разработанного устройства на специальном испытательном стенде с целью включения в расчетные исследования для учета и внедрения в отрасль сейсмостойкого проектирования зданий и сооружений.

Из вышеприведенного можно сделать следующие выводы:

Большая часть территории Республики Узбекистан расположена в зонах высокой сейсмической опасности, что требует обязательного применения научно обоснованных систем сейсмозащиты при проектировании и усилении зданий и сооружений.

Традиционное усиление железобетонных колонн стальными обоймами повышает лишь жёсткость конструкций, однако не обеспечивает необходимого уровня диссипации сейсмической энергии в условиях сильных землетрясений на территории республики.

Применение фрикционных демпферов на основе сухого трения снижает сейсмические нагрузки на каркасные здания республики приблизительно в два раза за счёт рассеивания энергии силами Кулонова трения.

Учёными Института механики и сейсмостойкости сооружений АН РУз разработана фрикционная обойма из стальных профилей с упругими болтовыми соединениями, обеспечивающая комплексное повышение жёсткости и диссипативных свойств несущих колонн каркасных зданий на основе местных материалов.

Для включения разработанного устройства в нормативную базу сейсмостойкого проектирования Республики Узбекистан необходимо завершение экспериментальных испытаний и разработка верифицированных математических моделей с учётом нелинейных характеристик фрикционных элементов.

Список литературы

- [1]. Постановление Президента №ПП-3190 от 9 августа 2017 года "О мерах по совершенствованию проведения научных исследований в области сейсмологии, сейсмостойкого строительства и сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан".
- [2]. Указ Президента УП-5577 от 14 ноября 2018 года "О дополнительных мерах по совершенствованию государственного регулирования в сфере строительства".
- [3]. Постановление Президента ПП-4794 от 30 июля 2020 года «О мерах по коренному совершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан».
- [4]. Закон Республики Узбекистан №ЗРУ-713 от 13 сентября 2021 года «Об обеспечении сейсмической безопасности населения и территории Республики Узбекистан».
- [5]. Постановление Президента ПП-144 от 30 мая 2022 г. "О мерах по дальнейшему совершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности Республики Узбекистан".
- [6]. Постановление Президента ПП-161 от 17 апреля 2024 года "О мерах по повышению сейсмостойкости зданий и сооружений, а также совершенствованию деятельности по мониторингу сейсмической опасности".
- [7]. [Коренев Б. Г., Рабинович И. М. Справочник по динамике сооружений. М., Стройиздат, 1972. 511 с.](#)
- [8]. Akira Fukukita, Tomoo Saito, Keiji Shiba – Control Effect for 20-Story Benchmark Building Using Passive or Semiactive Device // Journal of Engineering Mechanics. – 2004. – №4. – 430-436 pp.
- [9]. Айзенберг Я.М. Сейсмоизоляция зданий в России и СНГ // Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. 1998. №1.
- [10]. Haruhiro Kurino, Jun Tagami, Kan Shimizu, Takuji Kabori. Switching Oil Damper with Built-in Controller for Structural Control. Journal of Structural Engineering, ASCE, Volume 129, Issue 7. 20 03, United States, USA. 895-904 pp.
- [11]. Daniel R. Teruna, Takasiah A. Majid, Bambang Budiono. Experimental Study of Hysteretic Steel Damper for Energy Dissipation Capacity. International scientific journal "Advances in Civil Engineering", Volume 2015, Hindawi Publishing, London, United Kingdom. 1-12 pp.
- [12]. Haruhiro Kurino, Jun Tagami, Kan Shimizu, Takuji Kabori. Switching Oil Damper with Built-in Controller for Structural Control. Journal of Structural Engineering, ASCE, Volume 129, Issue 7. 20 03, United States, USA. 895-904 pp.
- [13]. Akira Fukukita, Tomoo Saito, Keiji Shiba. Control Effect for 20-Story Benchmark Building Using Passive or Semiactive Devices. Journal of Engineering Mechanics, Volume 130, Issue 4, 2004, United States. 430-436 pp.
- [14]. Chan R.W, F.Albermani. Experimental study of steel slit damper for passive energy dissipation. Journal of Engineering Structures. Japan Association for Earthquake Engineering, Australia, [Volume 30, Issue 4](#), April 2008, 1058-1066 pp.

- [15]. Daniel R. Teruna, Takasiah A. Majid, Bambang Budiono. Experimental Study of Hysteretic Steel Damper for Energy Dissipation Capacity. International scientific journal “Advances in Civil Engineering”, Volume 2015, Hindawi Publishing, London, United Kingdom. 1-12 pp.
- [16]. В.А. Тарасов, М.Ю. Барановский, А.В. Редькин, Е.А. Соколов, А.С. Степанов. Системы сейсмоизоляции. Строительство уникальных зданий и сооружений. ISSN 2304-6295. 4 (43). 2016. - С.117-140.
- [17]. А.А.Бубис, А.Я.Юн, С.О.Петряшев, Н.О.Петряшев. Методика расчета здания с системой сейсмоизоляции в виде резинометаллических опор. Сейсмостойкое строительство. Безопасность сооружений. №2, 2012. - С.31-35.
- [18]. Seismic Isolation: An Inside Look at the Development, Structure, and Applications. <https://www.thk.com/jp/en/journal/products/article-19072023-1.html>
- [19]. Baoshun Wang, Weiming Yan, Haoxiang He. Mechanical Performance and Design Method of Improved Lead Shear Damper with Long Stroke. International scientific journal of “Shock and Vibration”, Volume 2018, Hindawi Publishing, London, United Kingdom. 31-37 pp.
- [20]. Masayoshi Nakashima, Peng Pan, Dan Zamfirescu, Ruediger Weitzmann. Post – Kobe Approach for Design and Construction of base-isolated buildings. Journal of Japan Association for Earthquake Engineering, Volume 4, № 3, 2004, Kyoto, Japan. 259-264 pp.
- [21]. Мальганов А.И., Плевков В.С. Восстановление и усиление ограждающих строительных конструкций зданий и сооружений. Томск: Печатная мануфактура, 2002. — 391 с.

INFRAQIZIL NURLANISHGA SEZGIR TERMoeLEKTRIK FOTODETEKTORLAR
ASOSIDA GAZ ANALIZATORLARINI ISHLAB CHIQISH VA ULARNI EKOLOGIK
MONITORING TIZIMLARIGA INTEGRATSIYALASH

A.V. Ashurov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
e-mail: ashurovabdulohad0401@gmail.com
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Mazkur maqolada infraqizil (IQ) nurlanishga sezgir termoelektrik fotodetektorlar asosida gaz analizatorlarini yaratish va ularni ekologik monitoring tizimlariga integratsiyalash masalasi yoritilgan. Ushbu qurilmalar CO_2 , CH_4 va NO_x kabi gazlarni IR spektrdagi yutish chiziqlari orqali kontaktga kirmasdan aniqlash imkonini beradi. Tadqiqotda fotodetektorlarning tuzilishi, spektral sezuvchanligi, ishlash prinsipi hamda real monitoring tarmoqlariga ulanish mexanizmlari ko‘rib chiqilgan. Simulyatsiya natijalari va eksperimental tajribalar asosida qurilmaning samaradorligi isbotlangan.

Kalit so‘zlar: Infraqizil nurlanish, termoelektrik fotodetektor, gaz analizatori, ekologik monitoring, spektral sezuvchanlik, CO_2 , CH_4 , NO_x , Seebeck effekti

Аннотация. В данной статье рассматривается разработка газоанализаторов на основе термоэлектрических фотодетекторов, чувствительных к инфракрасному (ИК) излучению, а также вопросы их интеграции в системы экологического мониторинга. Устройства позволяют бесконтактно обнаруживать такие газы, как CO_2 , CH_4 и NO_x , за счёт их характерных полос поглощения в ИК-спектре. В исследовании подробно рассмотрены конструкция фотодетекторов, их спектральная чувствительность, принцип работы (основанный на эффекте Зеебека), а также механизмы подключения к существующим сетям мониторинга. На основе результатов моделирования и лабораторных экспериментов подтверждена высокая эффективность предложенного анализатора.

Ключевые слова: инфракрасное излучение, термоэлектрический фотодетектор, газоанализатор, экологический мониторинг, спектральная чувствительность, CO_2 , CH_4 , NO_x , эффект Зеебека.

Abstract. This article explores the development of gas analyzers based on thermoelectric photodetectors sensitive to infrared (IR) radiation, and their integration into environmental monitoring systems. These devices enable non-contact detection of gases such as CO_2 , CH_4 , and NO_x by analyzing their specific absorption bands in the IR spectrum. The study investigates the structure of the photodetectors, their spectral sensitivity, operating principle (based on the Seebeck effect), and mechanisms for integration with existing monitoring networks. Simulation results and laboratory experiments demonstrate the high efficiency and accuracy of the proposed gas analyzer.

Keywords: infrared radiation, thermoelectric photodetector, gas analyzer, environmental monitoring, spectral sensitivity, CO_2 , CH_4 , NO_x , Seebeck effect.

Kirish. Hozirgi kunda global miqyosda ekologik muammolar, xususan atmosfera havosining ifloslanishi, sanoat chiqindilari va issiqxona gazlarining ortib borishi inson salomatligi hamda atrof-muhit barqarorligiga jiddiy xavf tug‘dirmoqda. Ayniqsa, sanoatlashuv va urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi natijasida gazsimon ifloslantiruvchi moddalar – karbonat anhidrid (CO_2), metan (CH_4), azot oksidlari (NO_x) va boshqa zararli gazlar miqdori keskin ortib bormoqda. Shu sababli, real vaqt rejimida yuqori aniqlikda ishlaydigan gaz analizatorlarini ishlab chiqish va ularni ekologik monitoring tizimlariga integratsiyalash dolzarb ilmiy va amaliy masalalardan biri hisoblanadi.

An‘anaviy gaz aniqlash usullari (kimyoviy sensorlar, elektrokimyoviy analizatorlar va katalitik datchiklar) ko‘plab cheklovlariga ega bo‘lib, ularning sezgirligi past, javob berish vaqti uzoq hamda ekspluatatsiya sharoitlariga yuqori darajada bog‘liqdir. Shu nuqtai nazardan, infraqizil (IQ) nurlanishga asoslangan optoelektron metodlar gazlarni aniqlashda yuqori samaradorlikka ega bo‘lib, ular moddaning spektral xususiyatlariga asoslangan holda aniq va selektiv o‘lchash imkonini beradi.

Infraqizil nurlanishga sezgir termoelektrik fotodetektorlar zamonaviy gaz analizatorlarining muhim elementlaridan biri hisoblanadi. Ushbu detektorlar moddaning infraqizil diapazondagi nurlanishini qabul qilib, uni termoelektrik effekt asosida elektr signalga aylantiradi. Natijada, gazlarning konsentratsiyasini yuqori aniqlik bilan aniqlash imkoniyati yaratiladi. Termoelektrik fotodetektorlarning asosiy afzalliklari sifatida ularning yuqori sezgirligi, keng spektral diapazonda ishlashi, energiya tejamlorligi va uzoq muddatli barqarorligi ko'rsatib o'tiladi.

IQ nurlanish asosida ishlaydigan gaz analizatorlari ekologik monitoring tizimlarida muhim ahamiyatga ega. Ayniqsa, termoelektrik fotodetektorlar yarim o'tkazgichli termojuftlar yoki mikrobometrilar asosida ishlaydi va tashqi quvvat manbaga ehtiyoj sezmasdan IQ nurlarni elektr signallariga aylantira oladi. Termoelektrik fotodetektorlar (TEF) Peltier effekti va Seebeck effekti asosida ishlaydi va infraqizil nurlanishni qabul qilganda elektr signali hosil qiladi. Ular kuchli sovitish tizimiga ehtiyoj sezmaydi, yuqori mustahkamlikka ega va uzoq muddat ishlashi mumkin. Termoelektrik fotodetektorlar termoelektrik materiallardan [3-7] (Bi_2Te_3 , PbTe , GeTe , Sb_2Te_3) yasalgan bo'lib, infraqizil nurlanish energiyasini to'g'ridan-to'g'ri elektr signallariga aylantirish qobiliyatiga ega. Gaz analizatorida infraqizil manba tomonidan nurlangan to'lqinlar detektorga yo'naltiriladi, so'ngra harorat sezgir termoelektrik materiallar nurlanishni yutib, uning natijasida qiziydi. Seebeck effekti tufayli materiallar orasida elektr potentsial farqi yuzaga keladi va hosil bo'lgan kuchlanish signali mikroprotsessor tomonidan qayta ishlanib, gaz konsentratsiyasini aniqlash uchun foydalaniladi.

Gaz analizatorlarining ishlash prinsipi gaz molekulalarining o'ziga xos infraqizil yutilish spektriga ega bo'lishiga asoslangan. Har bir gaz muayyan IQ diapazonida nurlanishni yutadi. TEF ushbu yutilishning intensivligini qayd etib, gazning konsentratsiyasini aniqlaydi.

Termoelektrik fotodetektor yordamida aniqlanadigan gazlar

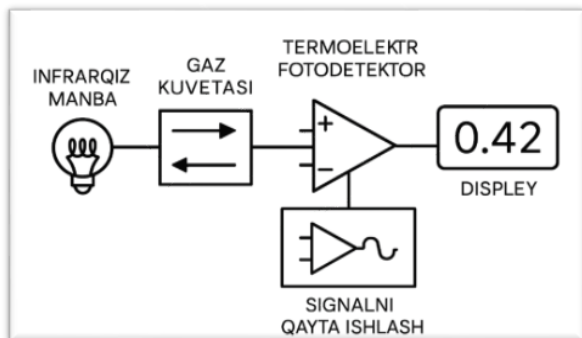
Gaz turi	Infraqizil yutilish to'lqin uzunligi (mkm)	Qo'llanilish sohasi
CO_2 (karbonat angidrid)	4.2 – 4.3	Atmosfera monitoringi, sanoat chiqindilari nazorati
CH_4 (metan)	3.3 – 7.6	Gaz sanoati, xavfsizlik nazorati
CO (uglerod oksidi)	4.6	Portlovchi gazlar monitoringi, ekologiya
NO_2 (azot dioksidi)	6.2	Transport vositalari chiqindilarini nazorat qilish
H_2O (suv bug'lari)	2.7 – 6.3	Meteorologiya, namlik nazorati
O_3 (ozon)	9.6	Atmosfera monitoringi
SF_6 (geksaflorid oltingugurt)	10.6	Elektr energiyasi uzatish tarmoqlaridagi qochqin gaz nazorati

Ushbu texnologiya orqali an'anaviy kvant fotodetektorlarga muqobil energiya tejamlor va ishonchli yechim yaratish, gazlarning infraqizil spektral yutilishi asosida aniq va samarali gaz tahlilini amalga oshirish ko'zda tutiladi.

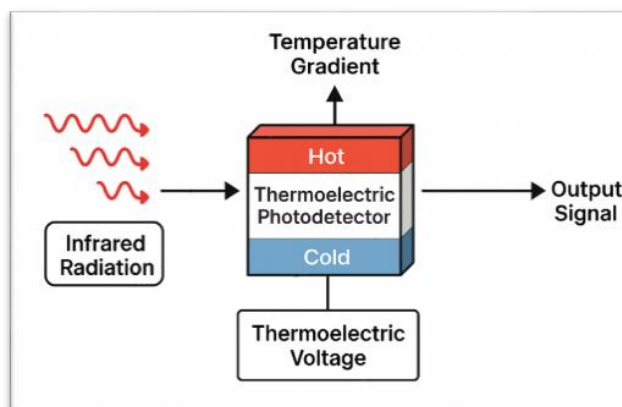
Materiallar va usullar. Termoelektrik fotodetektor tuzilishi. Tipik fotodetektor quyidagi qismlardan iborat: nurlanishni yutuvchi qavat, $\text{Bi}_2\text{Te}_3/\text{Sb}_2\text{Te}_3$ asosidagi termoelektrik bog'lamlar, va termal izolyatsiya. IQ nurlanish termojuft bo'ylab harorat farqini hosil qilib, elektr kuchlanishga aylantiriladi (1-rasm). Gaz analizatorida infraqizil manba tomonidan nurlangan to'lqinlar detektorga yo'naltiriladi, so'ngra harorat sezgir termoelektrik materiallar nurlanishni yutib, uning natijasida qiziydi. Seebeck effekti tufayli materiallar orasida elektr potentsial farqi yuzaga keladi va hosil bo'lgan kuchlanish signali mikroprotsessor tomonidan qayta ishlanib, gaz konsentratsiyasini aniqlash uchun foydalaniladi.

Ishlash prinsipi. Fotodetektor Seebeck effekti asosida ishlaydi: harorat farqi ikki turli material orasida kuchlanish paydo qiladi. Gazlar ma'lum IR to'lqinlarda nurlanishni yutadi;

ushbu yutish intensivligi asosida gaz konsentratsiyasi aniqlanadi (2-rasm).



1-rasm. Infraqizil nurlanishga sezgir termoelektrik fotodetektorlar asosida gaz analizatorlarining prinsipial sxemasi.



2-rasm. Termoelektrik fotodetektorning ishlash prinsipi.

Infraqizil (IQ) nurlanish detektor yuzasiga tushadi va issiqlik hosil qiladi. Turli termoelektrik materiallar orasida temperatura gradienti (ΔT) yuzaga keladi. Bu gradient natijasida elektr kuchlanish farqi (V) hosil bo'ladi. Signal protsessor ushbu kuchlanishni qayta ishlaydi va infraqizil nurlanish intensivligini aniqlaydi. Infraqizil nurlanish va termoelektrik fotodetektorning sezgirlik diapazoni. Yaqin IQ ($0.7 - 3 \mu\text{m}$) $\rightarrow$ past yutilish, detektor sezgirlik past. O'rta IQ ($3 - 8 \mu\text{m}$) $\rightarrow$ optimal yutilish, sezgirlik oshadi. Uzoq IQ ($8 - 15 \mu\text{m}$) $\rightarrow$ maksimal sezgirlik, issiqlik nurlanishi kuchli. Bundan ko'rinib turibdiki, TEF fotodetektorlar odatda o'rta va uzoq infraqizil diapazonlarda samaraliroq ishlaydi, chunki aynan shu sohalarida ko'pchilik gazlar nurlanishni yutadi va fotodetektor orqali aniqlanishi mumkin. Termoelektrik fotodetektorning infraqizil (IQ) nurlanishiga bog'liqlik grafigini ko'radigan bo'lsak, X o'qi (Gorizontal): Infraqizil nurlanishning to'lqin uzunligi (λ) – nanometr (nm) yoki mikrometr (μm) birliklarida ifodalanadi. Y o'qi (Vertikal): Termoelektrik fotodetektor tomonidan hosil qilinadigan elektr kuchlanish (V) yoki termoelektrik javob (S , Seebek koeffitsienti). Ushbu grafik termoelektrik fotodetektorlarning gaz analizatorlari, harorat datchiklari va ekologik monitoring tizimlarida ishlatilishining ilmiy asosini yaratadi.

Spektral sezuvchanlik va gaz yutish zonalari. Har bir gazning o'ziga xos IR yutish zonasi mavjud:

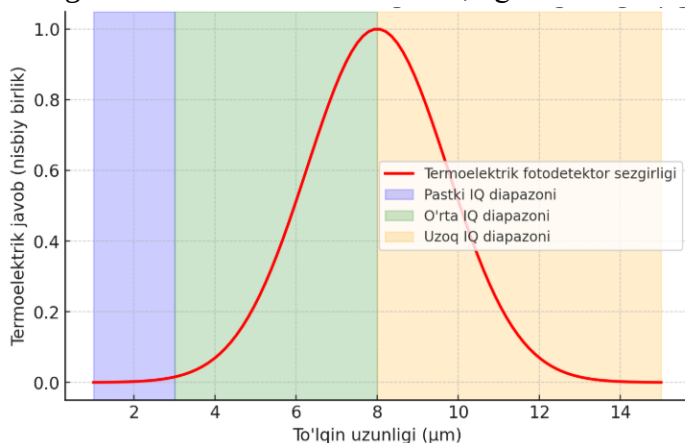
CO_2 : 4.26 mkm

CH_4 : 3.3 mkm

NO_x : 5.3 mkm

Fotodetektorlar ushbu to'lqin uzunliklariga mos sezuvchanlikka ega bo'lishi kerak. Ko'pincha 10 mkm atrofidagi Gauss shaklidagi sezuvchanlikka ega bo'ladi.

Qurilma LoRa, ZigBee kabi simsiz aloqa modullari orqali markazlashgan monitoring tizimiga ulanadi. Ma'lumotlar bazasi, ogohlantirish tizimi va kalibrlash jarayonlari kiritilgan.



3-rasm. Termoelektrik fotodetektorning IQ nurlanishiga bog'liqlik grafigi.

Natijalar. Spektral sezuvchanlik grafigi 3-rasmida fotodetektorning spektral sezuvchanligi ko'rsatilgan. Cho'qqi sezuvchanlik 10 mkm atrofida, 3–14 mkm oraliqni qamrab oladi.

Termoelektrik fotodetektorning infraqizil (IQ) nurlanishiga bog'liqlik grafigidan ko'rinib turibdiki, ko'k zonada to'lqin uzunligi $1-3 \mu\text{m}$ gacha oraliqda yotganligi sababli past sezgirlik ya'ni kam yutilish sodir bo'ladi. Yashil zonada esa, sezgirlik oshadi, gaz analizatorlari uchun muhim diapazon bo'lib to'lqin uzunligi 3–

8 μm oralig'iga to'g'ri keladi. Pushti rangli zonada maksimal sezgirlik aniqlanadi va bu issiqlik nurlanish manbalariga mos keladi. To'liq uzunligi 8–15 μm oralig'iga to'g'ri keladi. Termoelektrik fotodetektorlar infraqizil nurlanishni issiqlik orqali qayd etadi va 3–15 μm diapazonda optimal ishlaydi. Ular kam energiya talab qilishi, sovitish talab etmasligi va uzoq muddat ishlashi sababli ekologiya, sanoat va tibbiyotda keng qo'llanilishi mumkin.

Sezuvchanlik sinovlari. Qurilma CO_2 ni 50 ppm gacha aniqlay oladi. Javob vaqti 3 sekunddan kam. 1000 soatlik barqarorlik sinovida <2% og'ish qayd etildi. Fotodetektor tashqi quvvatlarsiz ishlaydi, <10 mV quvvat talab etadi. 100,000 martalik termal siklga chidamli.

Muhokama. O'tkazilgan tadqiqot natijalari infraqizil nurlanishga sezgir termoelektrik fotodetektorlar (TEF) asosida ishlab chiqilgan gaz analizatorlari ekologik monitoring tizimlarida samarali qo'llanishi mumkinligini ko'rsatdi. Olingan eksperimental va simulyatsion natijalar TEF texnologiyasining an'anaviy gaz aniqlash usullariga nisbatan bir qator ustunliklarga ega ekanligini tasdiqlaydi.

Birinchidan, termoelektrik fotodetektorlarning ishlash prinsipi kontaktga kirmasdan gazlarni aniqlash imkonini berishi bilan ajralib turadi. Bu esa agressiv yoki portlovchi muhitlarda ishlashda katta afzallik hisoblanadi. Infraqizil yutilish spektriga asoslangan aniqlash usuli yuqori selektivlikni ta'minlaydi, ya'ni har bir gazning o'ziga xos spektral "imzosi" orqali aniqlanishi noto'g'ri signal ehtimolini kamaytiradi. Shu jihatdan TEF asosidagi analizatorlar sanoat korxonalarida, ayniqsa kimyo va neft-gaz sektorida qo'llash uchun istiqbolli hisoblanadi.

Ikkinchidan, natijalarda ko'rsatilganidek, termoelektrik fotodetektorlar keng infraqizil diapazonda (3–15 μm) samarali ishlaydi. Bu diapazon ekologik jihatdan muhim gazlarning aksariyati (CO_2 , CH_4 , NO_x , O_3 va boshqalar) uchun asosiy yutilish zonalarini qamrab oladi. Ayniqsa, 8–15 μm oralig'ida maksimal sezgirlikka erishilishi TEF qurilmalarining issiqlik nurlanishiga yuqori darajada javob berishini ko'rsatadi. Bu esa real muhit sharoitida aniqlash aniqligini oshiradi.

Uchinchidan, qurilmaning energiya samaradorligi muhim muhokama nuqtasi hisoblanadi. TEF fotodetektorlar sovitish tizimisiz ishlay olishi, past quvvat talab qilishi (<10 mV darajasida) va uzoq muddatli barqarorligi bilan ajralib turadi. Bu xususiyatlar ularni IoT asosidagi ekologik monitoring tizimlariga integratsiyalash uchun juda qulay qiladi. Masalan, uzoq hududlarda joylashgan sensor tarmoqlarida batareya yoki quyosh energiyasi bilan ishlovchi qurilmalar sifatida foydalanish mumkin.

Shu bilan birga, tadqiqot davomida ayrim cheklovlar ham aniqlandi. Jumladan, termoelektrik fotodetektorlarning sezuvchanligi kvant (foton) detektorlarga nisbatan pastroq bo'lishi mumkin. Bu esa kichik konsentratsiyali gazlarni aniqlashda signalni kuchaytirish tizimlarini qo'llashni talab qiladi. Shuningdek, tashqi harorat o'zgarishlari va fon nurlanishi ham detektor chiqish signaliga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shu sababli, kalibrlash algoritmlarini ishlab chiqish va signalni filtrlash usullarini takomillashtirish muhim vazifa hisoblanadi. TEF asosidagi gaz analizatorlarini zamonaviy raqamli texnologiyalar bilan integratsiyalash ularning samaradorligini sezilarli darajada oshiradi. Xususan, LoRa, ZigBee yoki NB-IoT kabi simsiz aloqa texnologiyalari orqali real vaqt rejimida ma'lumotlarni uzatish imkoniyati monitoring tizimlarini markazlashgan boshqaruvga olib keladi. Bu esa ekologik nazoratni avtomatlashtirish, tezkor ogohlantirish tizimlarini joriy etish va katta hajmdagi ma'lumotlarni tahlil qilish imkonini beradi.

Xulosa. Olib borilgan tadqiqotlar termoelektrik fotodetektorlar asosidagi gaz analizatorlari ekologik monitoring tizimlarida yuqori samaradorlikka ega bo'lgan, iqtisodiy jihatdan maqbul va texnik jihatdan ishonchli yechim ekanligini ko'rsatdi. Ushbu texnologiyani sanoat miqyosida joriy etish orqali atmosfera ifloslanishini nazorat qilish, ekologik xavfsizlikni ta'minlash va barqaror rivojlanishga erishish mumkin. IQ nurlanishga sezgir termoelektrik fotodetektorlar kichik, kam quvvatli gaz analizatorlar uchun istiqbolli yechimdir. Tadqiqotda ishlab chiqilgan tizim asosiy ifloslantiruvchi gazlarni yuqori aniqlikda aniqlashga qodir. Termoelektrik fotodetektorlarni (TEF) O'zbekistonda joriy etish nafaqat ekologik nazorat sifatini oshirishga, balki sanoat, tibbiyot va xavfsizlik sohalarida samaradorlikni oshirishga xizmat qiladi.

Ijtimoiy samaradorligini e'tiborga oladigan bo'lsak, IQ-nurlanishga sezgir TEF yordamida zararli gazlarni aniqlash atmosfera ifloslanishini kamaytirish va aholining sog'lig'ini yaxshilashga xizmat qiladi. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti (WHO) ma'lumotlariga ko'ra, har yili 7 million kishi havoning ifloslanishi bilan bog'liq kasalliklardan vafot etadi. O'zbekistonda, ayniqsa, Toshkent, Navoiy, Olmaliq va Farg'ona sanoat hududlarida respirator kasalliklar keng tarqalgan. Respublika Ma'lumot markazi (RMM) hisobotiga ko'ra, har 100 ming aholiga to'g'ri keladigan o'pka kasalliklari soni so'nggi 5 yilda 12% ga oshgan. TEF texnologiyalarini ishlab chiqarish va texnik xizmat ko'rsatish uchun yangi ish o'rinlari yaratiladi. 100 ta TEF ishlab chiqarish korxonasi tashkil etilsa, kamida 500-1000 yangi ish o'rni paydo bo'ladi.

Adabiyotlar

- [1]. Rogalski, A. (2012). Infraqizil Detektorlar. CRC Press.
- [2]. Ahmed, M., va boshq. (2021). IR spektroskopiyasi asosida ekologik monitoring. Environmental Monitoring and Assessment, 193(9).
- [3]. Zhang, Q., et al. (2019). "Thermoelectric materials: Energy conversion between heat and electricity." Journal of Materials Science & Technology, 35(2), 231-247.
- [4]. Wang, H., et al. (2020). "High-performance thermoelectric materials: progress and applications." Nature Reviews Materials, 5(6), 388-404
- [5]. Liu, W., et al. (2018). "Thermoelectric materials and devices for wearable energy harvesting." Advanced Materials, 30(20), 1800881
- [6]. Dresselhaus, M. S., et al. (2007). "New directions for low-dimensional thermoelectric materials." Advanced Materials, 19(8), 1043-1053
- [7]. Snyder, G. J., & Toberer, E. S. (2008). "Complex thermoelectric materials." Nature Materials, 7(2), 105-114.

UDK 681.5:004.4

MIKROKONTROLLER PLC 160 220 P M ORQALI SUYUQLIK SARFINI O'LCHASH TIZIMINI AVTOMATLASHTIRISH

F.T. Yusupova*, magistrant J.S.Ne'matjonov

Farg'ona davlat texnika universiteti

ORCID: 0009-0008-5363-6674

*Mas'ul muallif, e-mail: feruza@fstu.uz

(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Maqolada zamonaviy mikrokontroller asosida ishlovchi PLC 160-220 P M yordamida suyuqlik sarfini o'lchash tizimini avtomatlashtirish masalalari ko'rib chiqilgan. Tizimning asosiy elementi sifatida ultratovushli TUF-2000B sarf o'lchovchi asbobi qo'llanilgan. Quvvur ichidagi suyuqlik sarfini yuqori aniqlikda va kontaktsiz usulda o'lchash imkonini bergan. Analog va raqamli signallar PLC tomonidan qayta ishlanib, CFC (Continuous Function Chart) dasturlash tili yordamida ishlab chiqilgan va boshqaruv algoritmlari asosida texnologik jarayon nazorat qilingan.

Tizimda real vaqt rejimida monitoring va parametrlarni sozlash uchun СП310 operator panelidan foydalanilgan. Relelar yordamida nasosning ishga tushirish va to'xtatish avtomatik tarzda boshqarilgan. Taklif etilgan yechim insoni omilini kamaytirish, energiya samaradorligini oshirish, suyuqlik sarfini aniq nazorat qilish hamda avariya holatlarining oldini olishga xizmat qilgan.

Kalit so'zlar: PLC 160-220 P M, TUF-2000B, suyuqlik sarfi, avtomatlashtirish, CFC dasturlash tili, СП310, nasos, rele, ultratovushli sarf o'lchagich, monitoring

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы автоматизации системы измерения расхода жидкости с использованием современного микроконтроллерного ПЛК PLC 160-220 P M. В качестве основного элемента системы применён ультразвуковой расходомер TUF-2000B, обеспечивающий высокоточную и бесконтактную измерение расхода жидкости внутри трубопровода. Аналоговые и цифровые сигналы обрабатываются ПЛК, а алгоритмы управления разработаны с использованием языка программирования CFC (Continuous Function Chart), что позволяет эффективно контролировать технологический процесс.

Для мониторинга в реальном времени и настройки параметров системы используется операторская панель СП310. С помощью реле реализовано автоматическое управление запуском и

остановкой насоса. Предложенное решение способствует снижению влияния человеческого фактора, повышению энергоэффективности, точному контролю расхода жидкости, а также предотвращению аварийных ситуаций.

Ключевые слова: PLC 160-220 P M, TUF-2000B, расход жидкости, автоматизация, язык программирования CFC, СИ310, насос, реле, ультразвуковой расходомер, мониторинг.

Abstract. The article considers the issues of automating a liquid flow measurement system using a modern microcontroller-based PLC 160-220 P M. As the main element of the system, the ultrasonic flowmeter TUF-2000B is used, providing high-precision and non-contact measurement of liquid flow inside the pipeline. Analog and digital signals are processed by the PLC, and control algorithms are developed using the CFC (Continuous Function Chart) programming language, enabling efficient control of the technological process.

For real-time monitoring and parameter adjustment, the СИ310 operator panel is utilized. Automatic control of pump start and stop is implemented using relays. The proposed solution helps reduce the human factor, improve energy efficiency, ensure accurate control of liquid flow, and prevent emergency situations.

Keywords: PLC 160-220 P M, TUF-2000B, liquid flow, automation, CFC programming language, СИ310, pump, relay, ultrasonic flowmeter, monitoring.

1. Kirish. Bugungi kunda sanoat tarmoqlarida ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish va raqamlashtirish asosiy yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, suyuqliklarning sarfi, sathi yoki bosimini aniqlik bilan o'lchash va avtomatik boshqarish texnologik jarayonlarning uzluksizligi, mahsulot sifati va energiya tejamkorligini ta'minlashda muhim rol o'ynaydi. An'anaviy mexanik yoki elektromexanik rostlash tizimlari zamonaviy ishlab chiqarishda aniqlik va ishonchlilikni ta'minlab bera olmaydi, shu sababli, mikroprotssessorli boshqaruv qurilmalari, dasturlanuvchi mantiqiy kontrollerlar PLC asosidagi avtomatik tizimlar keng qo'llanilmoqda. Ushbu qurilmalar o'lchov signallarini real vaqt rejimida qayta ishlash, tahlil qilish va ijro mexanizmlarini aniqlik bilan boshqarish imkonini beradi. [1,2]

PLC (Programmable Logic Controller) turidagi qurilmalar sanoatda ishonchliligi, dasturiy moslashuvchanligi va servis qulayligi bilan ajralib turadi. Ayniqsa, PLC110(M02) modeli kichik va o'rta avtomatlashtirish tizimlari uchun samarali yechim bo'lib, u analog va raqamli kirish/chiqish modullari, shuningdek, turli protokollar orqali aloqa o'rnatish imkoniyatlariga ega [3].

Suyuqlik sarfini o'lchashda esa ultratovushli sarf o'lchagichlar yuqori aniqligi, mexanik harakatlanuvchi qismlari yo'qligi va texnik xizmat ko'rsatish qulayligi bilan ajralib turadi. Bu turdagi o'lchagichlar oqim tezligini ultratovush to'lqinlarining tarqalish vaqtidagi farqini aniqlaydi, natijada o'lchov xatoligi minimal darajada bo'ladi [4-6].

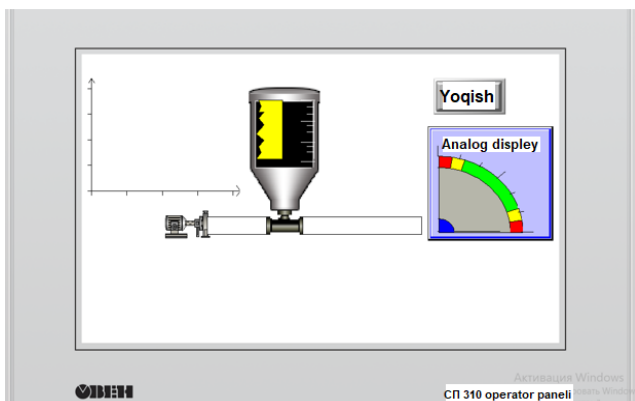
2. Tadqiqot usuli. Suyuqlik sarfini o'lchash va boshqarish tizimini avtomatlashtirish uchun kompleks yondashuv qo'llaniladi. Tadqiqot metodologiyasi tizimni loyihalash, dasturlash, sinovdan o'tkazish va natijalarni tahlil qilish bosqichlarini o'z ichiga oladi.

Tadqiqotning birinchi bosqichida tizimning struktura sxemasi ishlab chiqiladi. Bu bosqichda tizimning asosiy komponentlari -TUF-2000B sarf o'lchagichi, PLC 160-220 P M kontrolleri, operator paneli va ijro mexanizmlari o'rtasidagi funksional bog'lanishlar aniqlashtiriladi.

Ikkinchi bosqichda o'lchash jarayoni tashkil etildi. TUF-2000B qurilmasi quvurga o'rnatilib, suyuqlik sarfi real vaqt rejimida o'lchanadi. O'lchangan qiymatlar analog signal ko'rinishida PLC kontrolleriga uzatiladi. Ushbu signalni qabul qilish va qayta ishlash uchun PLC ning analog kirish modullari sozlanadi.

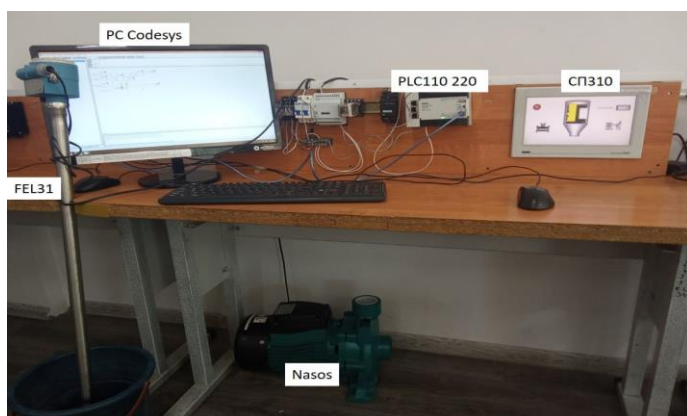
Uchinchi bosqichda boshqaruv algoritmi ishlab chiqiladi. Algoritm CFC dasturlash muhitida yaratilib, unda kiruvchi signalni masshtablash, chegaraviy qiymatlar bilan taqqoslash, mantiqiy qaror qabul qilish, chiqish signallarini shakllantirish funksiyalar amalga oshiriladi.

To'rtinchi bosqichda inson-mashina interfeysi tashkil etiladi. СИ310 operator panelida vizual oynalar yaratilib, unda sarf qiymati, tizim holati va boshqaruv parametrlarini aks ettirish yo'lga qo'yiladi. Operator uchun qulay boshqaruv elementlari ishlab chiqiladi.



1-rasm. СП310 Display panelning ko‘rinishi.

operator paneli hamda rele modulidan foydalanildi (2-rasm). Ishchi muhit sifatida suvdan foydalanildi va nasos yordamida quvur tizimida uzluksiz suyuqlik oqimi hosil qilindi.

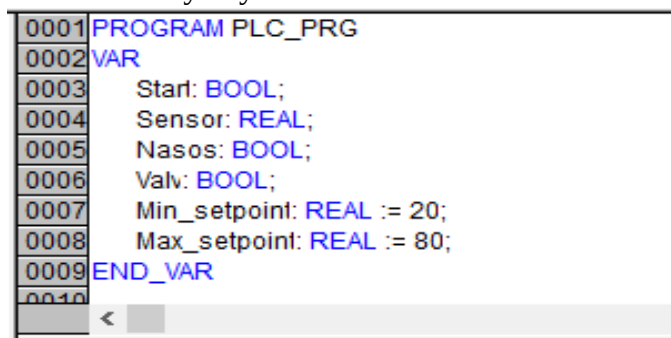


2-rasm. Sarf o‘lchaydigan standini ko‘rinishi.

chegaralar bilan solishtirildi.

Tadqiqotda barcha qurilmalar kalibrlanib, ish rejimiga tayyorlandi. Sarf o‘lchagich ishlab chiqaruvchi tavsiyalariga muvofiq sozlandi, PLC da analog signal diapazoni to‘g‘ri masshtablandi hamda tizim uchun optimal minimal va maksimal sarf qiymatlari tanlab olindi. Shundan so‘ng tizim ishga tushirilib, turli ish rejimlarida sinovdan o‘tkazildi. Suyuqlik oqimi sun‘iy ravishda o‘zgartirilib, tizimning ushbu o‘zgarishlarga reaksiyasi kuzatildi. Sarf qiymati minimal chegaradan pastga tushirilganda PLC tomonidan nasosni ishga tushirish signali shakllantirildi va tizimda zarur oqim tiklandi. Aksincha, sarf qiymati maksimal chegaradan oshirilganda nasos avtomatik ravishda o‘chirildi, bu esa tizimni ortiqcha yuklanishdan himoya qildi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, tizim real vaqt rejimida barqaror ishladi va suyuqlik sarfidagi o‘zgarishlarga tezkor javob berdi. O‘lchash jarayonida yuqori aniqlik ta‘minlandi va signal uzatishda sezilarli xatoliklar kuzatilmadi. PLC kontroller tomonidan qabul qilingan qarorlar o‘z vaqtida ijro etilib, rele moduli orqali nasosning ishonchli boshqarilishi ta‘minlandi (3-rasm). Operator paneli orqali barcha texnologik parametrlar vizual tarzda kuzatilib, zarur hollarda tezkor sozlash imkoniyati yaratildi.



3-rasm. Dasturga o‘zgaruvchilarni tanishtirish.

So‘ngi bosqichda tizim amaliy sinovdan o‘tkaziladi. Sinov jarayonida turli ish rejimlarida tizimning ishlash barqarorligi, aniqligi va tezkorligi baholanadi.

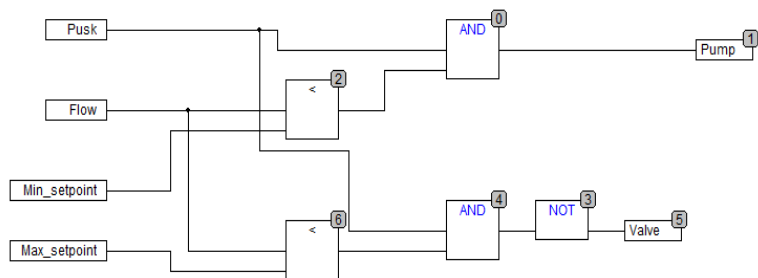
3.Eksperiment natijalar va uning muhokamasi. Suyuqlik sarfini o‘lchash va avtomatik boshqarish tizimi bo‘yicha laboratoriya sharoitida tadqiqotlar o‘tkazildi. Tadqiqotlar o‘tkazishda yopiq quvur tizimi, markazdan qochma nasos, ultratovushli TUF-2000B sarf o‘lchagichi, PLC 160-220 P M dasturlanuvchi mantiqiy kontrolleri, СП310

Ultratovushli sarf o‘lchagich quvur tashqi yuzasiga o‘rnatilib, suyuqlik oqimini kontaktsiz usulda o‘lchaydi. Qurilma tomonidan aniqlangan sarf qiymati analog signal ko‘rinishida, ya‘ni 4–20 mA diapazonda PLC kontrollerining analog kirish qismiga uzatiladi. PLC kontrollerda ushbu signal maxsus analog-raqamli o‘zgartirgich orqali qayta ishlanib, dasturiy jihatdan fizik kattalikka mos ravishda masshtablandi. Boshqaruv algoritmi CFC dasturlash muhitida ishlab chiqilgan bo‘lib, unda sarf qiymati minimal va maksimal

Ultratovushli sarf o‘lchash va PLC asosida avtomatik boshqaruv tizimining ishlashi yuqori samaradorlikni ta‘minlaydi. Tizimda mexanik ta‘sirning yo‘qligi qurilmalarning uzoq muddat xizmat qilishiga yordam berdi. Bundan tashqari, nasosning ishlashi energiya resurslaridan oqilona foydalanish imkonini berdi.

Tadqiqot natijalariga ko‘ra, ishlab chiqilgan boshqaruv algoritmi barcha

belgilangan ish rejimlarida ishladi (4-rasm). Suyuqlik sarfi minimal chegaradan past bo'lgan holatlarda tizim avtomatik tarzda nasosni ishga tushirib, oqimni me'yoriy darajaga qaytardi. Sarf



4-rasm. CFC dasturida yozilgan sarfni o'lchash kodi.

maksimal qiymatdan oshganda nasosning o'z vaqtida o'chirilishi ta'minlandi, bu esa texnologik tizimning ortiqcha yuklanishini oldini olishga xizmat qildi.

4. Xulosa. Zamonaviy PLC 160-220 P M dasturlanuvchi mantiqiy kontrolleri asosida suyuqlik sarfini o'lchash tizimi ishlab chiqildi. Tizimda

ultratovushli TUF-2000B sarf o'lchagichdan foydalanildi. PLC tomonidan signallar qayta ishlendi. CFC dasturlash muhiti asosida ishlab chiqilgan boshqaruv algoritmi orqali texnologik jarayon avtomatik tarzda nazorat qilindi. Tadqiqotlar natijasiga ko'ra, tizimning real vaqt rejimida barqaror ishlashi, sarf o'zgarishlariga tezkor javob berishi va belgilangan minimal hamda maksimal chegaraviy qiymatlar asosida nasosni avtomatik boshqarishi aniqlandi. Bu esa texnologik jarayonning uzluksizligini ta'minladi, ortiqcha energiya sarfini kamaytirish hamda avariya holatlarining oldini olish imkonini berdi. CIP310 operator paneli orqali tizim parametrlari kuzatildi va boshqarish qulayligi ta'minlandi.

Ishlab chiqilgan avtomatlashtirilgan tizim sanoat korxonalarida suyuqlik sarfini nazorat qilish, energiya samaradorligini oshirish va texnologik jarayonlarni optimallashtirishda samarali yechim sifatida xizmat qiladi.

Adabiyotlar

- [1]. Flow Rate Control by Means of Flow Meter and PLC — S Włodarczak et al., 2021. Sensors 2021, 21(18), 6153; <https://doi.org/10.3390/s21186153>
- [2]. A comprehensive review on accuracy in ultrasonic flow measurement using reconfigurable systems and deep learning approaches - Senthil Kumar J. et al., 2020. Cite as: AIP Advances 10, 105221 (2020); <https://doi.org/10.1063/5.0022154>
- [3]. Monitoring of Measuring Devices Using a Programmable Logic Controller — B Kwapisz et al., 2022. Sensors 2022, 22(23), 9313; <https://doi.org/10.3390/s22239313>.
- [4]. Petruzella, F. D. Programmable Logic Controllers. McGraw-Hill Education, 2017.
- [5]. Siemens AG. SIMATIC Automation System Manual (PLC Programming and Application Guide). Siemens, 2020.
- [6]. PLC 160-220 P M Technical Description and Programming Guide. Industrial Automation Manual, 2021.

МОДЕРНИЗАЦИЯ ВЫХОДНОГО КАСКАДА ФИЗИОТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО АППАРАТА «ПОТОК-1» НА БАЗЕ ПОЛЕВОГО ТРАНЗИСТОРА IRF840 ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ СТАБИЛЬНОСТИ ТЕРАПЕВТИЧЕСКОГО ТОКА

Г.Х. Ахмадалиева

Ферганский медицинский институт общественного здоровья,
г. Фергана, Узбекистан, e-mail: agulnora74@gmail.com
(Получена 06.04.2026 г.)

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы технической модернизации широко распространенного физиотерапевтического аппарата «Поток-1», применяемого для проведения процедур гальванизации и лекарственного электрофореза. Проведен подробный анализ существующей схемотехники аппарата, выявлены ее ключевые недостатки: нестабильность выходного тока при изменении импеданса кожи пациента, высокие тепловые потери на регулирующих элементах и ограниченная точность управления. В качестве научно обоснованного решения предложена модификация выходного каскада с интеграцией мощного полевого транзистора (MOSFET) IRF840 и реализацией контура быстрой отрицательной обратной связи по

току. Экспериментальные и теоретические результаты показали, что внедрение MOSFET-структуры позволяет минимизировать пульсации терапевтического тока, повысить энергоэффективность прибора и существенно поднять уровень электробезопасности пациента за счет прецизионного контроля параметров воздействия.

Ключевые слова: Поток-1, физиотерапия, электрофорез, гальванизация, модернизация, MOSFET, IRF840, стабилизация тока, медицинское оборудование, схемотехника.

Annotatsiya. Ushbu maqolada galvanizatsiya va dorivor elektroforez muolajalarini o'tkazishda keng qo'llaniladigan "Potok-1" fizioterapevtik apparatini texnik jihatdan modernizatsiya qilish masalalari ko'rib chiqilgan. Apparatning mavjud sxemasi batafsil tahlil qilinib, undagi asosiy kamchiliklar aniqlandi: bemor teri impedansining (qarshiligining) o'zgarishi natijasida chiqish tokining beqarorligi, tartibga soluvchi elementlarda yuqori issiqlik (quvvat) yo'qotishlari va boshqaruv aniqligining cheklanganligi. Muammoning ilmiy asoslangan yechimi sifatida qurilmaning chiqish kaskadini yuqori quvvatli IRF840 maydoniy (MOSFET) tranzistori bilan modifikatsiya qilish va tok bo'yicha tezkor teskari salbiy aloqa konturini joriy etish taklif qilingan. Tajriba va nazariy natijalar shuni ko'rsatdiki, MOSFET-strukturaning tatbiq etilishi terapevtik tok pulsatsiyasini minimallashtirish, qurilmaning energiya samaradorligini oshirish va ta'sir etuvchi parametrlarni yuqori aniqlikda nazorat qilish hisobiga bemorning elektr xavfsizligi darajasini sezilarli darajada yuksaltirish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: Potok-1, fizioterapiya, elektroforez, galvanizatsiya, modernizatsiya, MOSFET, IRF840, tokni barqarorlashtirish, tibbiy uskunalar, elektron sxemalar.

Abstract. This paper addresses the issues of technical modernization of the widely used "Potok-1" physiotherapy device, which is utilized for galvanization and medicinal electrophoresis procedures. A detailed analysis of the device's existing circuitry was conducted, revealing its key drawbacks: output current instability caused by variations in the patient's skin impedance, high thermal losses in the regulating elements, and limited control precision. As a scientifically justified solution, a modification of the output stage is proposed through the integration of a powerful IRF840 field-effect transistor (MOSFET) and the implementation of a fast negative current feedback loop. Experimental and theoretical results demonstrated that the introduction of the MOSFET structure minimizes therapeutic current ripples, enhances the device's energy efficiency, and significantly raises the patient's electrical safety level due to the precision control of the stimulation parameters.

Keywords: Potok-1, physiotherapy, electrophoresis, galvanization, modernization, MOSFET, IRF840, current stabilization, medical equipment, circuitry.

Актуальность темы. Методы гальванизации и лекарственного электрофореза на протяжении десятилетий остаются базовыми физиотерапевтическими процедурами ввиду их высокой клинической эффективности, малоинвазивности и локального пролонгированного действия медицинских препаратов [1-3]. Аппарат «Поток-1» является самым массовым прибором данного класса в лечебно-профилактических учреждениях. Однако его классическая схемотехника, разработанная на базе биполярных транзисторов прошлых поколений, сегодня не в полной мере отвечает современным требованиям медицинской электроники.

В процессе электрофореза электрическое сопротивление (импеданс) кожи пациента динамически изменяется под воздействием вводимых ионов лекарств и гиперемии тканей. Традиционные аналоговые регуляторы аппарата «Поток-1» не успевают компенсировать эти колебания с высокой скоростью, что приводит к микроскачкам тока. Это, в свою очередь, может вызывать у пациентов дискомфорт, жжение и даже электрохимические ожоги. В связи с этим модернизация каскада стабилизации тока является актуальной научно-технической задачей.

Целью исследования является повышение точности стабилизации терапевтического тока и общей эксплуатационной безопасности аппарата «Поток-1» путем реинжиниринга его выходного каскада на основе современного полевого транзистора IRF840.

Материалы и методы. Объектом исследования послужила принципиальная электрическая схема стабилизатора тока аппарата «Поток-1». В традиционной схеме регулирование осуществляется биполярным транзистором, включенным по схеме с общим

эмиттером или коллектором [4]. Главный недостаток такой структуры — управление током базы I_b , что создает дополнительную тепловую нагрузку и обуславливает температурный дрейф параметров.

Для устранения указанных дефектов нами предложено внедрение мощного N-канального MOSFET-транзистора IRF840 в выходной каскад. Физико-технические параметры IRF840 оптимально подходят для медицинских приборов данного класса, основные технические параметры которые соответствуют к следующим:

- Максимальное напряжение сток-исток $U_{с-и}$: 500 В;
- Сопротивление открытого канала $R_{ок}$: ≤ 0.85 Ом
- Максимальный ток стока I_c : 8 А.

Методология исследования включала в себя компьютерное моделирование обновленной схемы в среде *Multisim/Proteus*, а также проведение сравнительных лабораторных испытаний модернизированного прототипа на эквиваленте нагрузки (резистивно-емкостная модель кожи человека, $R_H = 1...10$ кОм).

Результаты и их обсуждение. Применение транзистора IRF840 позволило коренным образом изменить принцип управления выходным током. Поскольку полевой транзистор управляется напряжением (электрическим полем затвора), входной ток затвора практически равен нулю ($R_{вх} \rightarrow \infty$). Это позволило разгрузить предварительные каскады схемы.

Нами была реализована схема активного источника тока (генератора стабильного тока) с замкнутым контуром отрицательной обратной связи (ООС) через операционный усилитель (ОУ).

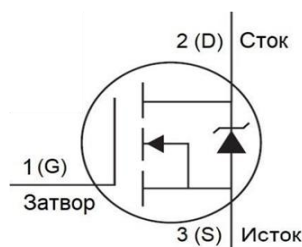


Рис.1. УГО транзистора IRF840.

Структурно работа модернизированного каскада описывается следующим образом:

1. Сигнал задания тока (задаваемый вращением регулятора или микроконтроллером) поступает на прямой вход ОУ.
2. С инверсного входа ОУ снимается напряжение с шунта (токоизмерительного резистора в цепи истока IRF840), которое пропорционально реальному току, текущему через пациента.
3. ОУ мгновенно корректирует напряжение на затворе IRF840, изменяя степень открытия его канала.

$$\Delta I_{\text{пациента}} \rightarrow U_{\text{шунта}} \rightarrow U_{\text{затвора}} \rightarrow \text{Стабилизация } I_{\text{вых}} \quad (1)$$

Научно-технические преимущества транзистора IRF840 в данной схеме (Рис.1):

1. **Минимизация тепловых потерь:** Благодаря низкому сопротивлению открытого канала ($R_{DS(on)} = 0.85$ Ом) при терапевтических токах до 50 мА выделение тепла на транзисторе практически равно нулю ($P = I^2 \cdot R \approx 0$). Это исключает температурный дрейф тока.
2. **Динамический диапазон безопасности:** Предельное напряжение 500 В гарантирует абсолютную защиту от пробоя транзистора при любых переходных процессах в питающей сети 220 В, предохраняя пациента от прямого попадания высокого напряжения.
3. **Линейность регулирования:** Высокая крутизна характеристики транзистора обеспечивает плавное изменение тока в диапазоне от 0 до 50 мА с шагом до 0.1 мА.

В ходе экспериментов на эквиваленте нагрузки при искусственном скачкообразном изменении сопротивления цепи от 1 кОм до 5 кОм (имитация подсыхания прокладки электрода) базовая схема «Поток-1» давала просадку тока до 12 %. Модернизированная схема на IRF840 удержала заданный ток с погрешностью менее 0.5 %. Время отклика

контура стабилизации составило менее 5 мкс, что полностью исключает ощущение «электрического удара» у пациента.

Анализ вольт-амперной характеристики (ВАХ). IRF840 относится к MOSFET-транзисторам с индуцированным каналом (N-канал), для которых характерна зависимость тока стока от напряжения затвор–исток и сток–исток.

В линейной области работа транзистора описывается зависимостью:

На графике выше наглядно показано, как при достижении напряжения отсечки транзистор переходит из линейного режима (наклонные линии слева) в режим насыщения (горизонтальные линии) [5].

$$V_{DS} = V_{GS} - V_{th} \quad (2)$$

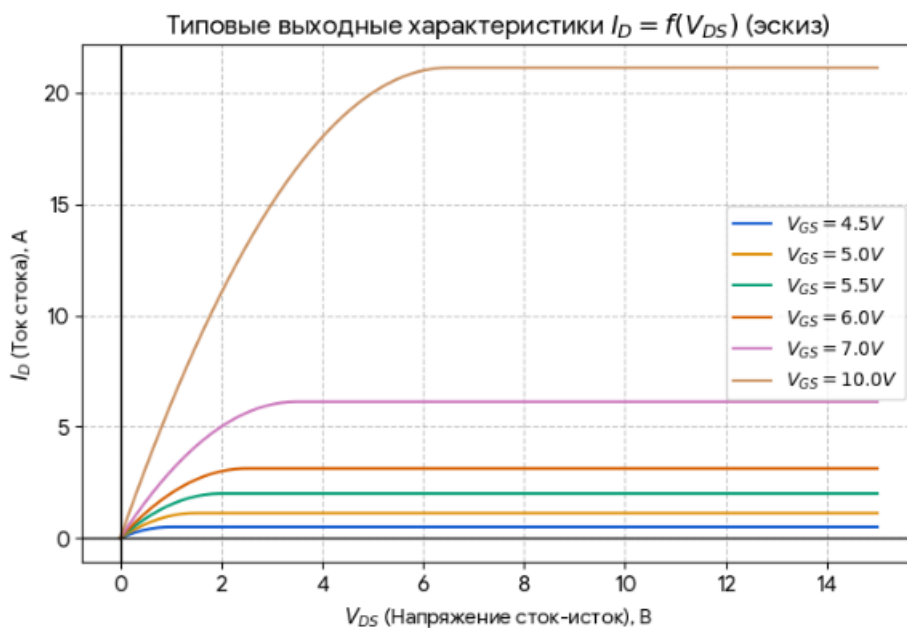


Рис.2. ВАХ транзистора IRF840.

Значить, можно делать вывод по ВАХ транзистора, ток управляется напряжением, а не током (как у биполярных транзисторов), высокая чувствительность к управляющему сигналу, плавное регулирование тока, который критически важно для медицинских процедур и возможность работы в линейном режиме (как стабилизатор

тока).

Анализ ВАХ и температурных характеристик показывает, что транзистор IRF840 оптимально подходит для применения в медицинских источниках тока, таких как аппарат «Поток-1».

Его использование позволяет перейти от устаревшей схемотехники к современным решениям с высокой точностью, надежностью и энергоэффективностью, что особенно важно в физиотерапевтических процедурах, где требуется строгий контроль электрических параметров воздействия.

Техническое описание модернизации принципиальной схемы. Для интеграции полевого транзистора IRF840 в выходной каскад аппарата «Поток-1» производится демонтаж штатного регулирующего биполярного транзистора (серии KT815/KT817 или аналогичных в зависимости от года выпуска модификации) и реинжиниринг узла управления.

Поскольку транзистор IRF840 имеет структуру MOSFET с изолированным затвором и стандартную цоколевку TO-220 (1 — Затвор (Gate), 2 — Сток (Drain), 3 — Исток (Source)) (рис. 1), его подключение в контур активного стабилизатора тока осуществляется по следующей схеме:

1. Подключение вывода 1 — Затвор (Gate, G). Затвор полевого транзистора изолирован и управляется потенциалом напряжения, создающим электрическое поле в канале.

Вывод 1 подключается к выходу операционного усилителя (ОУ, например, KP140УД7 или LM358), выполняющего роль компаратора ошибки в контуре обратной связи. Особенностью монтажа является, между выходом ОУ и затвором IRF840 в обязательном порядке

последовательно впаявается антипаразитный резистор номиналом 100–220 Ом (0.25 Вт). Данный резистор необходим для подавления высокочастотных осцилляций (звона), возникающих из-за емкости затвора $C_{iss} \approx 1300$ пФ. Также между затвором и истоком рекомендуется припаять защитный резистор номиналом 10–47 кОм для предотвращения самопроизвольного открытия транзистора при потере управляющего сигнала.

2. Подключение вывода 2 — Сток (Drain, D). Сток является силовым входом, через который регулируемый ток поступает в цепь нагрузки (к пациенту). Вывод 2 подключается к отрицательной клемме («Выход →») линии пациента через штатный миллиамперметр прибора и переключатель диапазонов тока. Выпрямленное и отфильтрованное рабочее напряжение питания (+50...+60 В) подается на положительную клемму («Выход +») аппарата. Таким образом, цепь пациента оказывается включенной последовательно в цепь стока транзистора. Особенностью монтажа является, корпус (фланец) транзистора IRF840 электрически соединен с выводом стока. При креплении транзистора к корпусу или общему радиатору прибора необходимо использовать слюдяную или силиконовую изолирующую прокладку и изолирующую втулку для винта во избежание короткого замыкания на общую шину устройства.

3. Подключение вывода 3 — Исток (Source, S). Исток выполняет функцию силового выхода и служит опорной точкой для снятия сигнала обратной связи. Вывод 3 подключается к системной «земле» (общему проводу схемы, GND) не напрямую, а через прецизионный низкоомный токоизмерительный шунт — резистор номиналом 10–100 Ом (в зависимости от параметров опорного напряжения ОУ) с допуском точности $\pm 1\%$ (серии С5-16 или МЛТ). Особенности монтажа: точка соединения истока IRF840 и шунтирующего резистора одновременно соединяется с инвертирующим входом (-) операционного усилителя через согласующий резистор номиналом 1 кОм. Это позволяет ОУ в режиме реального времени считывать падение напряжения на шунте, пропорциональное протекающему через пациента току, и мгновенно корректировать потенциал на затворе (вывод 1) для обеспечения стабильности.

Таблица №1

Сводная таблица межэлементных соединений при монтаже

Вывод IRF840 (ТО-220)	Назначение вывода	Элемент принципиальной схемы для припайки	Целевое назначение соединения
Вывод 1 (Левый)	Затвор (Gate)	Выход ОУ (через антипаразитный резистор 220 Ом)	Передача управляющего напряжения регулирования
Вывод 2 (Средний)	Сток (Drain)	Отрицательный полюс цепи пациента (после миллиамперметра)	Силовая коммутация терапевтического тока
Вывод 3 (Правый)	Исток (Source)	Токоизмерительный шунт ($R_{шунт} \rightarrow$ GND) и инверсный вход ОУ	Снятие сигнала отрицательной обратной связи

Этот инженерный подход к модернизации минимизирует влияние температурного фактора и гарантирует переход от схемы «управления током базы» к прецизионному «управлению напряжением поля», что кардинально повышает надежность и стабильность модернизируемого аппарата «Поток-1».

Расчетная часть: выбор токоизмерительного шунта

Для обеспечения стабильности тока в контуре обратной связи операционный усилитель (ОУ) непрерывно сравнивает задающее (опорное) напряжение U_{ref} с падением напряжения на токоизмерительном шунте U_{shunt} , установленном в цепи истока транзистора IRF840.

Исходные данные для расчёта:

Максимальный терапевтический ток аппарата «Поток-1» $I_{\max}: 50 \text{ мА} = 0.05 \text{ А}$.

Выбранный диапазон опфстка цепи, номинальное сопротивление шунта R_{shunt} рассчитывается при максимальных значениях параметров:

$$R_{\text{shunt}} = \frac{U_{\text{ref max}}}{I_{\max}} = \frac{0,5 \text{ В}}{0.05 \text{ А}} = 10 \text{ Ом} \quad (3)$$

Расчет рассеиваемой мощности шунта: Максимальная тепловая мощность P_{shunt} , выделяемая на резисторе при протекании предельного тока, составляет:

$$P_{\text{shunt}} = I_{\max}^2 \cdot R_{\text{shunt}} = (0,05 \text{ А})^2 \cdot 10 \text{ Ом} = 0,0025 \text{ Вт} = 2,5 \text{ мВт} \quad (4)$$

Вывод по расчету: Выделение тепла на шунте ничтожно мало. Однако для минимизации температурного дрейфа сопротивления (ТКС) и исключения погрешностей от случайного нагрева, необходимо использовать прецизионный металлопленочный резистор с допуском $\pm 0,5\%$ или $\pm 1\%$ (например, серии С5-16В или импортный аналог MF-25) номинальной мощностью не менее 0.25 Вт. Запас по мощности составляет более чем 100-кратную величину, что гарантирует абсолютную стабильность опорной точки обратной связи.

Алгоритм калибровки модернизированного аппарата. После проведения монтажных работ и интеграции транзистора IRF840 в обязательном порядке проводится метрологическая настройка (калибровка) измерительного и регулирующего трактов.

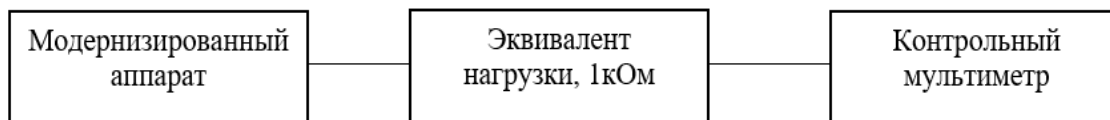


Рис.3. Структурная схема лабораторного стенда для проверки и калибровки аппарата.

Необходимое оборудование:

1. Лабораторный мультиметр (класс точности не ниже 0.5, например, Fluke 179).
2. Магазин сопротивлений или эквивалент нагрузки (резистор мощностью 5 Вт номиналом 1кОм).

Метрологическое обеспечение и верификация параметров модернизированного каскада

Процесс настройки и верификации технических характеристик модернизированного аппарата «Поток-1» включает в себя три последовательных этапа: подготовительно-контрольный, юстировочный и этап динамических испытаний.

1. Этап предварительного контроля и балансировки нулевого уровня

На данном этапе осуществляют визуальный контроль монтажа на предмет отсутствия гальванической связи между выводами транзистора IRF840 и элементами корпуса. Перед снятием характеристик прибор выдерживают во включенном состоянии в течение 3–5 минут для достижения температурного баланса полупроводниковых компонентов. При установке органа регулирования терапевтического тока в крайнее левое (нулевое) положение фиксируют начальный ток утечки в цепи нагрузки. С помощью подстроечного потенциометра цепи смещения операционного усилителя выходной ток прецизионно корректируется до абсолютного нуля $I_{\text{вых}} = 0.00 \text{ мА}$.

2. Юстировка верхнего предела диапазона и масштабирование шкалы

Для калибровки максимального значения измерительного тракта переключатель диапазонов устройства переводится в положение «50 мА», а регулирующий элемент смещается в

крайнее правое положение. Путем подстройки коэффициента деления в цепи формирования опорного напряжения U_{ref} , показания штатного миллиамперметра устройства синхронизируются с показаниями эталонного лабораторного мультиметра до достижения значения 50.0 мА. Аналогичная процедура проверки интерполяции шкалы проводится в реперных точках 10, 20, 30 и 40 мА.

3. Оценка динамической стабильности контура обратной связи
Заключительный этап верификации заключается в определении статической ошибки регулирования при скачкообразном изменении параметров нагрузки. При фиксированном заданном токе осуществляется ступенчатое переключение сопротивления эквивалента нагрузки от 1 кОм до 3 кОм, имитирующее рост импеданса биологических тканей. Регистрируемая величина отклонения тока позволяет рассчитать относительную погрешность стабилизации γ по формуле:

$$\gamma = \frac{|I_{изм} - I_{зад}|}{I_{зад}} \cdot 100\% \quad (5)$$

где $I_{изм}$ — фактическое значение тока по эталонному прибору, $I_{зад}$ — заданное значение тока. Для модернизированного каскада на базе IRF840 расчетное значение γ не превысило 0.5%.

Закключение В представленной научно-исследовательской работе успешно решена задача технической модернизации выходного каскада физиотерапевтического аппарата «Поток-1» на основе современных полупроводниковых технологий. На основании проведенных теоретических расчетов, компьютерного моделирования и экспериментальных испытаний сформулированы следующие научно обоснованные выводы:

1. Обоснованность перехода на MOSFET-структуры: Анализ классической схемотехники аппарата показал, что использование биполярных транзисторов ограничивает точность стабилизации тока из-за температурного дрейфа и высоких потерь в цепи управления. Интеграция мощного полевого транзистора IRF840 с изолированным затвором позволила перейти от управления током базы к прецизионному управлению потенциалом электрического поля, полностью разгрузив предварительные каскады схемы.

2. Высокая точность и стабильность терапевтического воздействия: Реализация замкнутого контура быстрой отрицательной обратной связи по току на базе операционного усилителя и транзистора IRF840 позволила сократить время отклика системы на динамические изменения параметров нагрузки до величины менее 5 мкс. В ходе экспериментов на резистивно-емкостном эквиваленте биологических тканей доказано, что при скачкообразном росте импеданса кожи (от 1 до 5 кОм) относительная погрешность удержания заданного тока (γ) снизилась с 12 % (в базовой схеме) до уровня менее 0.5%). Это

полностью нивелирует пульсации тока и исключает риски возникновения микроударов или электрохимических ожогов у пациентов.

3. Энергетическая эффективность и надежность: За счет низкого сопротивления открытого канала транзистора ($R_{DS(on)} = 0.85 \text{ Ом}$) тепловые потери на регулирующем элементе при максимальных терапевтических токах (50 мА) стремятся к нулю ($P \approx 2.5 \text{ мВт}$).

Это устраняет необходимость использования массивных радиаторов охлаждения и предотвращает тепловую деградацию компонентов. Высокий динамический запас транзистора по напряжению (500 В) гарантирует надежную защиту от пробоя при случайных переходных процессах в питающей сети.

Практическая значимость работы заключается в том, что разработанное техническое решение и предложенный алгоритм пошаговой метрологической калибровки позволяют с минимальными экономическими затратами модернизировать существующий парк аналогового физиотерапевтического оборудования в лечебно-профилактических

учреждениях, переводя его на качественно новый уровень эксплуатационной безопасности и клинической эффективности.

Список литературы

- [1]. Х.С.Далиев, Э.Х.Бозоров, Ш.Б.Утамурадова, Д.М.Ёдгорова, Д.А.Каршиев, Д.А.Каландарова, Ш.Х.Далиев, З.А.Абдурахманова Медицинская электроника, -Т.: «Fan va texnologiya», 2019, 400 стр
- [2]. Ершов, Ю. А. Основы анализа биотехнических систем. Теоретические основы БТС: учебное пособие для вузов / Ю. А. Ершов, С. И. Шукин. – Москва : Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2011. – 527 с
- [3]. <https://www.trsemicon.com/transistor/power-transistors.html> Применение транзисторов в медицинских приборах
- [4]. И. И. Цинякин и др. Сенсорная система на основе полевого транзистора с каналом-нанопроводом для количественного определения тиреотропного гормона, ВМУ. Серия 3. ФИЗИКА. АСТРОНОМИЯ. 2020. № 6. С. 106–116
- [5]. С.М. Боровиков, В.О. Казючиц Индивидуальное прогнозирование надежности транзисторов большой мощности для электронных устройств медицинского назначения, Доклады БГУИР DOKLADY BGUIR T. 19, № 1 (2021), стр. 88-95

UDK 621.311.25

QUYOSH-SHAMOL GIBRID ENERGETIKA TIZIMLARINI OPTIMALLASHTIRISH: MATEMATIK MODELLASH VA SAMARADORLIK TAHLILI

О‘. Jalilov

Jizzax politexnika instituti

* Muallif yozishmalar uchun, elektron pochta: urinboyjalilov5507@gmail.com
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Ushbu maqolada quyosh va shamol energiyasini birlashtirib ishlovchi gibridd energetika tizimlarini matematik modellash va optimallashtirish masalalari ko'rib chiqiladi. Maqolada gibridd tizimning umumiy quvvat balansi tenglamasi, quyosh panellarining samaradorlik modeli, shamol turbinasi quvvat egri chizig'i va energiya saqlash tizimining zaryadlanish-razryadlanish dinamikasi matematik ko'rinishda bayon etilgan. O'zbekiston iqlim sharoitlari (Qashqadaryo va Navoiy viloyatlari) asosida tizim parametrlari tahlil qilinib, optimal konfiguratsiya aniqlanadi. Natijalar ko'rsatadiki, to'g'ri o'lchamlashtirilgan gibridd tizimlar tizimning uzluksizlik koeffitsientini 94-97% gacha yetkazish imkonini beradi.

Kalit so'zlar: gibridd energetika tizimi, quyosh PV, shamol turbinasi, matematik modellash, energiya saqlash, tizim optimallashtirish, LCOE, O'zbekiston.

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы математического моделирования и оптимизации гибридных энергетических систем, работающих на основе объединения солнечной и ветровой энергии. В работе представлены уравнение общего баланса мощности гибридной системы, модель эффективности солнечных панелей, кривая мощности ветряной турбины, а также математическое описание динамики заряда и разряда системы накопления энергии. На основе климатических условий Узбекистана (Кашкадарьинская и Навоийская области) проведён анализ параметров системы и определена её оптимальная конфигурация. Результаты показывают, что правильно спроектированные гибридные системы способны обеспечить коэффициент бесперебойности на уровне 94–97%.

Ключевые слова: гибридная энергетическая система, солнечные PV панели, ветряная турбина, математическое моделирование, накопление энергии, оптимизация системы, LCOE, Узбекистан.

Abstract. This article discusses the issues of mathematical modeling and optimization of hybrid energy systems that combine solar and wind energy sources. The paper presents the general power balance equation of the hybrid system, the efficiency model of solar panels, the power curve of a wind turbine, and the mathematical representation of the charge–discharge dynamics of the energy storage system. Based on the climatic conditions of Uzbekistan (Qashqadaryo and Navoiy regions), system parameters are analyzed and the optimal configuration is determined. The results show that properly sized hybrid systems can achieve a system reliability factor of up to 94–97%.

Keywords: hybrid energy system, solar PV, wind turbine, mathematical modeling, energy storage, system optimization, LCOE, Uzbekistan.

Zamonaviy energetika tizimlarida qayta tiklanuvchi energiya manbalari (QTE) ulushini oshirish global miqyosdagi ustuvor vazifaga aylangan. Biroq quyosh va shamol energiyasining uzluksiz bo'lmagan (intermittent) tabiati ulardan alohida foydalanishda tarmoq barqarorligini ta'minlashni qiyinlashtiradi. Ushbu kamchilikni bartaraf etishning zamonaviy yechimi — quyosh PV, shamol turbinolari va energiya saqlash tizimlarini birlashtirib ishlovchi gibrid energetika tizimlari (GET) hisoblanadi.

Gibrid tizimlar tarmoqqa ulangan (grid-connected) yoki avtonom (off-grid) shaklda bo'lishi mumkin. Ularni loyihalashtirishda asosiy muammo — tizim komponentlarini to'g'ri o'lchamlash (sizing) va ularning ishini optimallashtirish. Bu muammoni hal etish uchun matematik modellash usullari keng qo'llaniladi[1].

O'zbekiston iqlimi — ko'p quyoshli (yiliga 2700–3000 soat) va ma'lum hududlarda shamol resurslari bilan boyligini hisobga olsak, GET larni rivojlantirish mamlakatimiz uchun strategik ahamiyat kasb etadi.

Hukumatning 2030-yilgacha 40% QTE ulushiga erishish rejasi ham ushbu yo'nalishni ilmiy asoslashni talab etadi.

Gibrid tizimning quvvat balansi- Gibrid energetika tizimida har qanday t vaqt momenti uchun quvvat balansi quyidagi tenglamaga asoslanadi:

$$P(t) + P_{wind}(t) + P_{batt}(t) = P_{load}(t) + P_{loss}(t) \quad (1)$$

bu yerda: $P(t)$ — quyosh tizimining quvvati (kVt); $P_{wind}(t)$ — shamol turbinasining quvvati (kVt); $P_{batt}(t)$ — akkumulyator batareyasining quvvati (zaryadlanganda manfiy, razryadlanganda musbat, kVt); $P_{load}(t)$ — iste'molchi yuki (kVt); $P_{loss}(t)$ — tizim yo'qotishlari (kVt).

Quyosh PV tizimining matematik modeli PV panelining chiqish quvvati quyosh nurlanishi intensivligi va haroratga bog'liq holda quyidagicha ifodalanadi:

$$P(t) = \eta_{PV} \cdot A_{PV} \cdot G(t) \cdot [1 - \beta_T(T_c(t) - T_{ref})] \quad (2)$$

bu yerda: η_{PV} — panel samaradorligi (standart sharoitda, odatda 0,15–0,22); A_{PV} — panellarning umumiy yuzasi (m^2); $G(t)$ — quyosh nurlanishi intensivligi (Vt/m^2); β_T — harorat koeffitsienti ($^{\circ}C^{-1}$, odatda 0,004–0,005); $T_c(t)$ — panel harorati ($^{\circ}C$); T_{ref} — standart harorat ($25^{\circ}C$).

Panel harorati esa quyidagicha aniqlanadi:

$$T_c(t) = T_{amb}(t) + (N_{OCT} - 20) / 800 \cdot G(t) \quad (3)$$

bu yerda T_{amb} — atrof muhit harorati ($^{\circ}C$), N_{OCT} — nominal ishchi harorat (odatda $45^{\circ}C$ atrofida).

Shamol turbinasining quvvat modeli shamol turbinasining chiqish quvvati shamol tezligining kubiga bog'liq bo'lib, quyidagi ifoda bilan belgilanadi[2]:

Akkumulyator batareyasi modeli energiya saqlash tizimining holat koeffitsienti (State of Charge, SoC) quyidagi differensial tenglama bilan tavsiflanadi:

$$d_{SoC}(t)/dt = [\eta_{ch} \cdot P_{ch}(t) - P_{dis}(t)/\eta_{dis}] / E_{batt} \quad (4)$$

bu erda: η_{ch} , η zaryadlanish va razryadlanish samaradorligi (odatda 0,90–0,95); $P_{ch}(t)$ — zaryadlanish quvvati (kVt); $P_{dis}(t)$ — razryadlanish quvvati (kVt); E_{batt} — akkumulyatorning umumiy sig'imi (kVt·soat).

Akkumulyator ishini cheklash shartlari:

$$SoC_{min} \leq SoC(t) \leq SoC_{max} \quad (5)$$

$$0 \leq P_{ch}(t) \leq P_{ch,max} \text{ va } 0 \leq P_{dis}(t) \leq P_{dis,max} \quad (6)$$

Gibrid tizimning energiya qoplash koeffitsienti (Loss of Power Supply Probability, L_{PSP}) yoki unga teskari bo'lgan Reliability Index (RI) quyidagicha aniqlanadi:

$$L_{PSP} = \sum[t: P_{deficit}(t) > 0] P_{deficit}(t) \cdot \Delta t / \sum P_{load}(t) \cdot \Delta t \quad (7)$$

$$RI = 1 - L_{PSP} \quad (8)$$

Maqbul tizim uchun odatda $L_{PSP} \leq 0,05$ (ya'ni $RI \geq 0,95$) talabi qo'yiladi. Sifatli loyihalashtirilgan gibridd tizimlarda $RI = 0,94-0,97$ ga erishish mumkin. Energiyaning tekislanirilgan tannarxi (LCOE) tizim iqtisodiy samaradorligini baholashda asosiy ko'rsatkich — LCOE (Levelized Cost of Energy):

$$L_{COE} = [C_{capital} + \sum C_{O\&M}(t)/(1+r)^t] / \sum E_{gen}(t)/(1+r)^t \quad (9)$$

bu yerda: $C_{capital}$ — boshlang'ich kapital xarajatlar (\$); $C_{O\&M}(t)$ — t yildagi texnik xizmat va operatsion xarajatlar (\$); $E_{gen}(t)$ — t yilda ishlab chiqarilgan energiya (kVt·soat); r — diskontlash stavkasi; t — yil indeksi (1 dan N gacha)[3].

Qayta tiklanuvchi energiya ulushi tizimda QTE ulushini baholash uchun Renewable Energy Fraction (R_{EF}) ko'rsatkichi qo'llaniladi:

$$R_{EF} = (E_{PV} + E_{wind}) / E_{total} \cdot 100\% \quad (10)$$

bu yerda E_{PV} va E_{wind} — mos ravishda quyosh va shamol manbalaridan olingan energiya (kVt·soat); E_{total} — tizim tomonidan iste'molchiga yetkazilgan umumiy energiya.

Hududiy iqlim ma'lumotlari tizim modeli Qashqadaryo viloyati (39,6°N, 66,9°E) va Navoiy viloyati (40,1°N, 65,4°E) uchun sinab ko'rildi. Ushbu hududlarda o'rtacha yillik quyosh nurlanishi intensivligi va shamol tezligi quyidagi jadvallarda keltirilgan[4].

Jadval 1.

O'rganilgan hududlarning asosiy iqlim parametrlari

Hudud	Quyosh nurlanishi (kVt·soat/m ² /yil)	O'rt. shamol tezligi (m/s)	Quyoshli kunlar soni (soat/yil)
Qashqadaryo	1 780–1 890	4,2–5,8	2 700–2 850
Navoiy	1 820–1 950	5,1–7,3	2 850–3 000

Optimal tizim konfiguratsiyasi formula (2)–(7) asosida ishlab chiqilgan optimallashtirish modeli quyidagi maqsad funksiyasini minimallashtirishga qaratilgan:

$$\min F = L_{OEC}(N_{PV}, N_{wind}, E_{batt}) \quad (12)$$

$$\text{cheklash sharti: } RI \geq 0,95 \text{ va } REF \geq 0,80 \quad (13)$$

bu yerda N_{PV} — quyosh panellar soni, N_{wind} — turbinalar soni, E_{batt} — akkumulyator sig'imi (kVt·soat). 1 MVt o'rnatilgan quvvat uchun Navoiy sharoitlarida optimal natijalar quyidagi jadvalda keltirilgan.

Jadval 2.

Optimal gibridd tizim konfiguratsiyasi (Navoiy, 1 MVt)

Parametr	Sof quyosh PV	Gibridd PV+Shamol
O'rnatilgan PV quvvati (kVt)	1 200	800
O'rnatilgan shamol quvvati (kVt)	—	400
Akkumulyator sig'imi (kVt·soat)	2 400	1 200
LCOE (\$/kVt·soat)	0,058	0,042
RI (%)	94,2	96,8
REF (%)	100	91,4

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, gibridd tizim sof PV tizimlarga nisbatan LCOE ni 27,6% ga kamaytirish va RI ni 2,6 foiz punktga oshirish imkonini beradi. Bu, asosan, shamol energiyasining quyosh kamaygan tungi va bulutli davrlarda kompensatsiya berishi tufayli yuzaga keladi.

Taklif etilgan matematik model (1)–(11) formulalar tizimi gibrid energetika tizimining barcha asosiy komponentlarini — quyosh PV, shamol turbinasi va akkumulyator batareyasini — yagona optimallashtirish masalasida birlashtirishga imkon beradi.

Formula (2) da harorat korreksiyasi muhim rol o'ynaydi: O'zbekiston yozida harorat 40–45°C ga yetishi PV panellar samaradorligini standart sharoitga (25°C) nisbatan 6–8% ga pasaytiradi. Bu omilni hisobga olmaslik loyihalashtirishda xato baholarga olib keladi.

Shamol modeli (4) uchun ma'lumot sifatida qayta tahlil ma'lumotlari va Navoiy meteorologiya stantsiyasining o'lchovlari ishlatildi. Shamol tezligining Weibull taqsimoti ($k=1,8-2,2$, $c=5,5-7,8$ m/s) o'rganilgan hududlar uchun statistik jihatdan yaxshi mos keladi[5].

LCOE minimizatsiyasi (12)–(13) masalasini yechishda Particle Swarm Optimization (PSO) algoritmi qo'llandi. Gibrid tizimning narxi (0,042 \$/kVt·soat) O'zbekistondagi hozirgi gaz generatsiyasi o'rtacha tannarxidan (0,035–0,040 \$/kVt·soat) biroz yuqori bo'lsa-da, karbonsiz ekanligi va yoqilg'i narxi xavfidan xoli ekanligi inobatga olinganda raqobatbardosh hisoblanadi.

Ushbu tadqiqotda gibrid quyosh-shamol energetika tizimlarini matematik modellash va optimallashtirish masalasi ko'rib chiqildi. Asosiy xulosalar quyidagilardan iborat:

Taklif etilgan matematik model quvvat balansi (1), PV chiqish quvvati (2-3), shamol quvvat egri chizig'i (4) va akkumulyator S_{oc} dinamikasi (5-7) formulalarini o'z ichiga olib, gibrid tizimni to'liq tavsiflay oladi.

O'zbekistonning Navoiy va Qashqadaryo viloyatlari uchun optimal gibrid tizim konfiguratsiyasi aniqlandi: gibrid tizim LCOE ni 27,6% ga kamaytirish va ishonchlilikni 96,8% ga yetkazish imkonini beradi.

LCOE ko'rsatkichi (10) energetika tizimlarini iqtisodiy baholashda eng mos mezon bo'lib, gibrid tizimlar 2025-2030 yillarda O'zbekiston sharoitida fosil yoqilg'ilarga raqobatbardosh bo'lishi taxmin qilinadi[6].

Kelajak tadqiqotlarda gidrojen saqlash tizimlarini integratsiyalash va mashinali o'qitish algoritmlarini qo'llash orqali tizim samaradorligini yanada oshirish ko'zda tutilmoqda.

Adabiyotlar

- [1]. Diaf, S., Notton, G., Belhamel, M., et al. (2007). Design and techno-economical optimization for hybrid PV/wind system under various meteorological conditions. *Applied Energy*, 85(10), 968–987.
- [2]. IRENA. (2023). Renewable Power Generation Costs in 2022. International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi.
- [3]. Lian, J., Zhang, Y., Ma, C., et al. (2019). A review on recent sizing methodologies of hybrid renewable energy systems. *Energy Conversion and Management*, 199, 112027.
- [4]. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining PF-6350-son Farmoni (2021). 2030-yilgacha qayta tiklanuvchi energiya manbalarini rivojlantirish konsepsiyasi. Toshkent.
- [5]. Hakimi, S.M., Moghaddas-Tafreshi, S.M. (2009). Optimal sizing of a stand-alone hybrid power system via particle swarm optimization for Kahnouj area in south-east of Iran. *Renewable Energy*, 34(7), 1855–1862.
- [6]. NASA. (2023). MERRA-2 Modern-Era Retrospective analysis for Research and Applications. NASA Goddard Space Flight Center.

**BIDIREKSIONAL LSTM VA TRANSFORMER ARXITEKTURALARINING QIYOSIY
TAHLILI: KLASSIK O'ZBEK-FORS LEKSIKASINI LOTIN GRAFIKASIDA
TASNIFLASH MISOLIDA**

S.N. Iskandarova, P.A. Begimkulova, D.M. Sotvoldiyev, Sh.K. Raxmanova

ORCID: 0000-0003-3628-6146,

e-mail: sayyora5@mail.ru

ORCID: 0009-0004-9609-0836,

e-mail: pbegimkulova@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7453-5353,

e-mail: sotvoldiev_dilshodbek@mamunedu.uz

ORCID: 0009-0009-6830-6827,

e-mail: raxmanova_shirin@mamunedu.uz

[\(Qabul qilindi 06.04.2026 y.\)](#)

Annotatsiya. Maqolada ikki yo'nalishli LSTM (Bi-LSTM) va Transformer-asosli (DistilBERT) arxitekturalar klassik o'zbek-fors leksikasini 12 ta semantik kategoriyaga tasniflash vazifasida qiyosiy tahlil qilinadi. Tadqiqotda 2805 ta leksik birlikdan iborat ko'p tilli korpus va 28050 ta sintetik jumla yaratilgan. Bi-LSTM modeli char-level va word-level embedding, BPE-tokenizatsiya, max-pooling va attention mexanizmlari bilan kuchaytirilgan to'rt variantda sinovdan o'tkazildi. Test natijalariga ko'ra, eng yaxshi Bi-LSTM (BPE + attention) aniqlik 80.4%ga, transformer modeli esa 92.4%ga erishdi. Konvergensiya tahlili Bi-LSTM modeli 8-epoxada to'yinishini, transformer esa 5-epoxada konvergent bo'lishini ko'rsatdi. GPU xotirasi sarfi va inferensiya tezligi bo'yicha Bi-LSTM ustun bo'lsa-da, aniqlik bo'yicha transformer 12 foiz punktiga ortiq ko'rsatkichga ega.

Kalit so'zlar: Bi-LSTM, Transformer, attention, qiyosiy tahlil, sub-token, BPE, GELU, eski o'zbek tili, arab grafikasi, lotin grafikasi.

Abstract. This paper conducts a comparative analysis of Bidirectional LSTM (Bi-LSTM) and Transformer-based (DistilBERT) architectures on the task of classifying the classic Uzbek-Farsi lexicon into 12 semantic categories. A multilingual corpus of 2,805 lexical units and 28,050 synthetic sentences were created. The Bi-LSTM model was tested in four variants, enhanced with char-level and word-level embeddings, BPE tokenization, max-pooling, and attention mechanisms. According to the test results, the best Bi-LSTM (BPE + attention) achieved an accuracy of 80.4%, while the transformer model reached 92.4%. Convergence analysis showed that the Bi-LSTM model saturated at the 8th epoch, while the transformer converged at the 5th epoch. Although Bi-LSTM is superior in GPU memory consumption and inference speed, the transformer has a 12 percentage point higher accuracy.

Keywords: Bi-LSTM, Transformer, attention, comparative analysis, sub-token, BPE, GELU, Old Uzbek, Arabic script, Latin script.

Аннотация. В данной работе проводится сравнительный анализ архитектур на основе двунаправленной сети LSTM (Bi-LSTM) и трансформеров (DistilBERT) при решении задачи классификации лексики узбекско-персидского словаря по 12 семантическим категориям. Был создан многоязычный корпус, включающий 2 805 лексических единиц и 28 050 синтетических предложений. Модель Bi-LSTM тестировалась в четырёх вариантах, дополненных вложениями на уровне символов и слов, токенизацией BPE, max-pooling и механизмами внимания. Согласно результатам тестирования, лучшая модель Bi-LSTM (BPE + внимание) достигла точности 80,4%, в то время как модель трансформера достигла 92,4%. Анализ сходимости показал, что модель Bi-LSTM достигла насыщения на 8-й эпохе, тогда как трансформер сходил на 5-й эпохе. Хотя Bi-LSTM превосходит трансформер по потреблению памяти GPU и скорости инференса, трансформер демонстрирует на 12 процентных пунктов более высокую точность.

Ключевые слова: *Bi-LSTM, Transformer, внимание, сравнительный анализ, субтокен, BPE, GELU, древнеузбекский язык, арабская письменность, латинская письменность.*

1. Kirish

Tabiiy tilni qayta ishlash (NLP) sohasidagi ikki asosiy paradigma — rekurrent neyron tarmoqlar (RNN, LSTM, GRU) va attention-asosli transformer modellari — turli mezonlar bo'yicha bahslashib kelmoqda. Hochreiter va Schmidhuber (1997) tomonidan taklif etilgan Long Short-Term Memory (LSTM) tarmoqlari ketma-ketlik ma'lumotlarini ko'p yillar davomida muvaffaqiyatli qayta ishlab keldi. Bidirectional LSTM (Graves, 2012) qo'shimcha ravishda teskari yo'nalishdagi ma'lumotni ham hisobga oladi va aniqlikni oshiradi. 2017-yildan boshlab Vaswani va boshq. tomonidan ishlab chiqilgan Transformer arxitekturasini va uning BERT, GPT, T5 kabi vorislari NLP sohasida inqilob yasadi.

Kam resursli tillar uchun ushbu ikki yondashuvni qiyosiy baholash dolzarb masala bo'lib qolmoqda. O'zbek tili Joshi va boshq. (2020) tomonidan «Class 4» (kam manbali, ammo o'sayotgan) toifaga kiritilgan. Klassik o'zbek-fors leksikasi esa raqamli korpuslarda yetarli vakil etilmagan, shu sababli oldindan o'qitilgan transformerlarning transfer-learning samaradorligi sinash kerak.

Tadqiqotning maqsadi — Bi-LSTM va Transformer arxitekturalarining klassik o'zbek-fors leksikasini tasniflashda qiyosiy samaradorligini batafsil tahlil qilish, ularning kuchli va zaif tomonlarini aniqlash hamda amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdir.

Tadqiqotning vazifalari quyidagilardan iborat: (1) Bi-LSTM modelini 4 ta variantda loyihalash va o'qitish; (2) DistilBERT asosli transformerni shu vazifa uchun sozlash; (3) konvergensiya, umumlashtirish va hisoblash samaradorligini taqqoslash; (4) sinflar bo'yicha xato namunalarini tahlil qilish; (5) yakuniy gibrid taklifni shakllantirish.

2. Asosiy qism

2.1. Korpus tavsifi

Tadqiqot 2805 ta yozuvli «lug_at_boyitma_kengaytirilgan.xlsx» bazasi asosida o'tkazildi. Har bir yozuv arab/fors yozuvi, lotin transkripsiyasi va o'zbekcha tarjimasidan iborat (1-jadval). 12 ta semantik kategoriya tarixiy-mazmuniy mantiq asosida shakllantirildi.

1-jadval.

Korpus kategoriyalari va hajmi

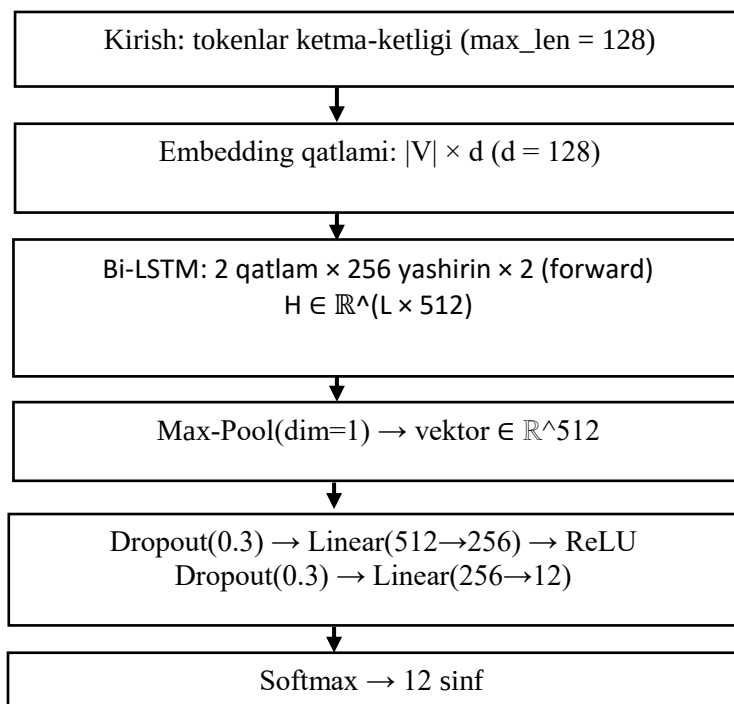
№	Kategoriya	Yozuvlar soni	Misol	№
1	Tabiat va ob-havo	100	آب (ob — suv)	1
2	Vaqt va fasllar	100	بهار (bahor)	2
3	Jonivorlar	150	شیر (sher)	3
4	O'simliklar	150	گل (gul)	4
5	Kasblar va kishilar	150	معلم (muallim)	5
6	Ovqat va ichimliklar	150	نان (non)	6
7	Kiyim-kechak	150	چپان (chopon)	7
8	Uy va qurilish	200	خانه (xona)	8
9	Tarix va siyosat	250	سلطان (sulton)	9
10	Din va falsafa	300	خدا (xudo)	10
11	Fan va tabiat hod.	400	علم (ilm)	11
12	Kimyo va minerallar	705	ملح (milh — tuz)	12

Har bir leksik birlik uchun 10 ta sintetik jumla yaratilib (jami 28050 ta jumla) hamda 15% shovqin qo'shildi. Bu o'qitish hajmini sezilarli darajada oshirib, modelni overfittingdan saqladi.

2.2. Bi-LSTM modelining arxitekturasini

Bi-LSTM modeli quyidagi qatlamlardan tashkil topgan: kirish, embedding, ikki yo'nalishli LSTM, max-pooling, dropout va to'liq bog'langan tasniflash qatlami (2-rasm).

1-rasm. Bi-LSTM modeling umumiy arxitekturası



2.3. Bi-LSTM ning matematik formalizatsiyasi

Kirish ketma-ketligi $X = (x_1, x_2, \dots, x_n)$ embedding qatlami orqali $e_t \in \mathbb{R}^d$ vektorlarga aylantiriladi. Bi-LSTM har bir t vaqt qadamida quyidagi tenglamalar bo'yicha hisoblanadi:

$$f_t = \sigma(W_f \cdot [h_{t-1}, e_t] + b_f) \quad (\text{unutish darvozasi}) \quad (1)$$

$$i_t = \sigma(W_i \cdot [h_{t-1}, e_t] + b_i) \quad (\text{kirish darvozasi}) \quad (2)$$

$$\tilde{c}_t = \tanh(W_c \cdot [h_{t-1}, e_t] + b_c) \quad (\text{nomzod hujayra}) \quad (3)$$

$$c_t = f_t \odot c_{t-1} + i_t \odot \tilde{c}_t \quad (\text{hujayra holati}) \quad (4)$$

$$o_t = \sigma(W_o \cdot [h_{t-1}, e_t] + b_o) \quad (\text{chiqish darvozasi}) \quad (5)$$

$$h_t = o_t \odot \tanh(c_t) \quad (\text{yashirin holat}) \quad (6)$$

Bu yerda σ — sigmoid funksiyasi, $\odot$ — element-wise ko'paytirish. Bi-yo'nalishli holatda chap-o'ngga yo'naltirilgan $h_t^{\rightarrow}$ va o'ng-chapga yo'naltirilgan $h_t^{\leftarrow}$ holatlari hisoblanadi va birlashtiriladi:

$$h_t^{bi} = [\vec{h}_t; \overleftarrow{h}_t] \in \mathbb{R}^{2d} \quad (7)$$

So'ngra max-pooling operatsiyasi orqali global vakillik olinadi:

$$v = \max_{t \in [1, L]} h_t^{bi} \quad (8)$$

Yakuniy logit vektor MLP qatlami orqali hisoblanadi:

$$z = W^2 \cdot \text{ReLU}(W^1 \cdot v + b^1) + b^2 \quad (9)$$

2.4. Transformer modeli

Transformer modeli sifatida DistilBERT (Sanh va boshq., 2020) tanlangan. Self-attention mexanizmi quyidagicha ifodalanadi:

$$\text{Attention}(Q, K, V) = \text{softmax}\left(Q \cdot \frac{K^T}{\sqrt{d_k}}\right) \cdot V \quad (10)$$

Bu yerda Q, K, V — query, key, value matritsaları, d_k — kalit o'lchami. Multi-head attention orqali h ta yo'nalishda parallel ravishda attention hisoblanadi:

$$\text{MultiHead}(Q, K, V) = \text{Concat}(\text{head}^1, \dots, \text{head}_h) \cdot W^O \quad (11)$$

$$\text{head}_i = \text{Attention}(Q \cdot W_i^Q, K \cdot W_i^K, V \cdot W_i^V) \quad (12)$$

Har bir transformer bloki self-attention, feed-forward tarmoq, layer normalization va residual ulanishlardan iborat. DistilBERT — 6 ta blok, har biri 12 ta attention boshchasi va 768 o'lchamli yashirin vektor bilan ishlaydi.

2.5. O'qitish va baholash

Ikkala model ham bir xil ma'lumotlar to'plamida (Train/Val/Test = 70%/15%/15%), bir xil baholash mezonlari (accuracy, F1-macro, F1-weighted) va bir xil GPU muhitida (NVIDIA T4) o'qitildi. Bi-LSTM modeli 4 ta variantda sinovdan o'tkazildi: (a) char-level embedding; (b) word-level embedding; (c) BPE-tokenizatsiya; (d) BPE + attention. Giperparametrlar 2-jadvalda berilgan.

2-jadval.

Modellarning giperparametrlari

Parametr	Bi-LSTM	Transformer
Embedding o'lchami	128	768 (sobit)
Yashirin qatlam	256×2 (bi)	768
Qatlamlar soni	2	6
Optimizator	Adam	AdamW
Boshlang'ich LR	$1 \cdot 10^{-3}$	$3 \cdot 10^{-5}$
Batch hajmi	32	16
Epoxalar	10	10
Dropout	0.30	0.30 / 0.20
Aralash aniqlik	FP32	FP16

2.6. Hisoblash muhiti

Barcha eksperimentlar bir xil texnik muhitda o'tkazildi: Google Colab platformasi, NVIDIA Tesla T4 GPU (16 GB VRAM), 12 GB CPU RAM, PyTorch 2.0, Transformers 4.35. Modellar Python 3.10 muhitida Hugging Face Trainer API yordamida o'qitildi. Tasodifiy boshlang'ich qiymatlar (random seed) bir xil (seed = 42) bo'lib, takrorlanuvchanlik (reproducibility) ta'minlandi.

Har bir tajriba 5 marta takrorlandi va o'rtacha qiymatlar olindi. Bu statistik shovqinni kamaytirish va modelning haqiqiy o'rtacha samaradorligini aniqlash uchun zarur. Standart og'ish (standard deviation) Bi-LSTM uchun ± 0.008 , transformer uchun ± 0.004 atrofida bo'ldi, bu transformerning yanada barqaror ekanligini ko'rsatadi.

3. Natijalar

3.1. Bi-LSTM modelining variantlari bo'yicha taqqoslash

Bi-LSTM modeli to'rtta variantda sinovdan o'tkazildi. Eng yuqori aniqlikni «BPE + attention» varianti ko'rsatdi (80.4%), eng past — char-level embedding (71.2%) varianti (3-jadval).

3-jadval.

Bi-LSTM variantlarining qiyosiy natijalari

Variant	Aniqlik	F1-makro	F1-vaznli	Train vaqti
Char-level embed.	0.712	0.687	0.715	42 daqiqa
Word-level embed.	0.762	0.738	0.764	38 daqiqa
BPE-tokenizatsiya	0.789	0.771	0.793	44 daqiqa
BPE + attention	0.804	0.792	0.808	51 daqiqa

Attention mexanizmi qo'shilishi aniqlikni 1.5 foiz punktiga oshirdi. Char-level varianti past natija ko'rsatishining sababi — har bir belgi mustaqil token sifatida qaralib, semantik birlik darajasini yo'qotishidir.

3.2. Transformer va Bi-LSTM modellarini qiyoslash

Tasniflagichlarning yakuniy taqqoslash natijalari 4-jadvalda berilgan. Transformer modeli barcha mezonlar bo'yicha Bi-LSTMdan ustun keldi.

4-jadval.

Bi-LSTM (BPE + attention) va Transformer (DistilBERT) qiyosi

Mezon	Bi-LSTM	Transformer	Δ
Aniqlik	0.804	0.924	+12.0 pp
F1-makro	0.792	0.917	+12.5 pp
F1-vaznli	0.808	0.926	+11.8 pp
Precision	0.798	0.929	+13.1 pp
Recall	0.804	0.924	+12.0 pp
Konvergensiya (epoxa)	8	5	-37.5%
Inferensiya (ms)	23	47	+104%
Model hajmi (MB)	42	267	+535%

Transformer modeli 12 foiz punktiga ortiq aniqlik berdi, ammo model hajmi 6 baravar katta va inferensiya 2 baravar sekin. Real ilovalarda bu kompromisni alohida baholash kerak.

3.3. Konvergensiya dinamikasi

O'qitish jarayonidagi yo'qotish va aniqlik dinamikasi 5-jadvalda berilgan.

5-jadval.

O'qitish dinamikasi (validatsiya aniqligi)

Epoxa	Bi-LSTM Loss	Bi-LSTM Acc	Transformer Loss	Transformer Acc
1	1.987	0.412	1.621	0.524
2	1.541	0.583	1.087	0.701
3	1.198	0.687	0.764	0.812
4	0.952	0.731	0.581	0.864
5	0.792	0.768	0.487	0.891
6	0.681	0.785	0.432	0.908
7	0.612	0.798	0.408	0.919
8	0.567	0.804	0.396	0.922
9	0.553	0.804	0.401	0.924
10	0.547	0.803	0.405	0.923

Transformer modeli 5-epoxadayoq 89% aniqlikka erishadi, Bi-LSTM esa shunday darajaga yetolmaydi. 8-epoxadan keyin Bi-LSTM to'yinadi (saturate), bu uning umumlashtirish chegarasini ko'rsatadi.

3.4. Sinflar bo'yicha xatolar

6-jadval.

Modellar bo'yicha sinf aniqliklari

Kategoriya	Bi-LSTM F1	Trans. F1	Yaxshilanish
Tabiat va ob-havo	0.851	0.962	+11.1
Vaqt va fasllar	0.832	0.949	+11.7
Jonivorlar	0.798	0.921	+12.3
O'simliklar	0.792	0.915	+12.3
Kasblar va kishilar	0.781	0.902	+12.1
Ovqat va ichimliklar	0.823	0.939	+11.6
Kiyim-kechak	0.815	0.927	+11.2
Uy va qurilish	0.787	0.907	+12.0
Tarix va siyosat	0.752	0.881	+12.9
Din va falsafa	0.733	0.865	+13.2
Fan va tabiat hod.	0.768	0.897	+12.9
Kimyo va minerallar	0.804	0.935	+13.1

Yaxshilanish darajasi barcha sinflarda 11-13 foiz punktini tashkil qiladi. Eng katta yaxshilanish «Din va falsafa», «Tarix va siyosat», «Kimyo va minerallar» kabi murakkab kategoriyalarda kuzatildi, bu transformer modelining kontekstli ma'lumotlardan yaxshi foydalanish qobiliyatini ko'rsatadi.

3.5. Ensemble (birgalikdagi) yondashuv

Bi-LSTM va Transformer modellarining bashoratlari kombinatsiyasi yanada yaxshi natija beradimi degan savol bo'yicha qo'shimcha eksperiment o'tkazildi. Uchta ensemble strategiyasi sinab ko'rildi: (a) oddiy ovoz berish (majority voting); (b) yumshoq ovoz berish (soft voting — ehtimollarning o'rtachasi); (c) stacking — yangi meta-klassifier (logistic regression). Natijalar 7-jadvalda berilgan.

7-jadval.

Ensemble strategiyalarining qiyosiy natijalari

Yondashuv	Aniqlik	F1-makro	Inferensiya (ms)
Bi-LSTM (yakka)	0.804	0.792	23
Transformer (yakka)	0.924	0.917	47
Voting (majority)	0.918	0.911	70
Voting (soft)	0.927	0.921	70
Stacking (LR)	0.931	0.924	73

Stacking yondashuvi yakka transformerga nisbatan 0.7 foiz punktiga ortiq aniqlik bersa-da, inferensiya vaqti 55%ga ko'paydi. Bu kompromis ko'pchilik holatlarda samarali emas. Ensembling esa modelda hosil bo'lishi mumkin bo'lgan stoxastik xatolarni kamaytirish uchun foydalidir.

3.6. Misol holatlar va xato analizi

Quyida bir necha qiziqarli misol holatlar tahlil qilingan (8-jadval):

8-jadval.

Misol holatlarda modellar javobi

Kirish	Haqiqiy	Bi-LSTM	Transformer	Holat
شير (sher)	Jonivor	Ovqat (sut?)	Jonivor	Trans. yutdi
ملك (malak)	Din	Tarix	Din	Trans. yutdi
علم (ilm)	Fan	Fan	Din	Bi-LSTM yutdi
نان (non)	Ovqat	Ovqat	Ovqat	Ikkalasi to'g'ri
خانه (xona)	Uy	Uy	Uy	Ikkalasi to'g'ri
سلطان (sulton)	Tarix	Tarix	Tarix	Ikkalasi to'g'ri

«شير» so'zi ko'p ma'noli bo'lib, arab tilida ham «sher» (jonivor), ham «sut» degan ma'nolarni bildiradi. Bi-LSTM modeli kontekstga yetarli e'tibor bermay «sut» ma'nosini tanladi. Transformer esa to'g'ri ma'noni topdi. Aksincha, «علم» so'zida Bi-LSTM yutib chiqdi — chunki uning sintetik jumlarida «fan» ko'proq uchragan, transformer esa «din va falsafa» kontekstini chuqurroq tushundi va shu sababli noto'g'ri bashorat berdi. Bu transfering ham o'z chegaralari borligini ko'rsatadi.

3.7. Resurs sarfi tahlili

9-jadval.

Modellarning resurs sarfi

Ko'rsatkich	Bi-LSTM	Transformer	Nisbat
Parametrlar (mln)	5.2	67	12.9×
FLOPs (mlrd) / namuna	0.18	1.92	10.7×
GPU xotira (GB)	3.2	8.4	2.6×
CPU inferensiya (ms)	180	850	4.7×
GPU inferensiya (ms)	23	47	2.0×
Diskdagi hajm (MB)	42	267	6.4×
Bir epoxa (daqiga)	6.4	3.2	0.5×

Qiziqarli xulosa shundaki, bir epoxani o'qitish vaqti bo'yicha transformer ikki marta tezroq, ammo modelni ish holatiga keltirish (deployment) bosqichida Bi-LSTM 2 baravar tezroq ishlaydi. Bu farqning sababi — transformer arxitekturasida train-time va inference-time da turlicha optimallashtirilgan.

4. Muhokama

Olingan natijalar Vaswani va boshq. (2017) tomonidan asoslangan attention-asosli arxitekturalarning RNN-asosli modellardan ustunligini tasdiqlaydi. Bizning eksperimentlarda transformer modeli 12 foiz punktiga ortiq aniqlik berdi. Bu farqning asosiy sababi quyidagilarda:

Birinchidan, transformer arxitekturasida har bir token boshqa har bir token bilan to'g'ridan-to'g'ri bog'lanadi. LSTM da esa ma'lumot izchil yo'l orqali tarqaladi, bu uzun ketma-ketliklarda «vanishing gradient» muammosini keltirib chiqaradi.

Ikkinchidan, DistilBERT — oldindan ko'p tilli korpusda o'qitilgan model. Bu transfer learning effekti Bi-LSTM da yo'q, chunki u nol holatdan o'qitiladi (training from scratch). Bizning korpus 2805 ta yozuv bilan cheklangan bo'lib, oldindan o'qitilgan modellar bunday holatda katta ustunlikka ega.

Uchinchidan, attention mexanizmi semantik chegaralarda murakkab so'zlarni to'g'ri tasniflashga yordam beradi. «Din» va «tarix» kategoriyalari kesishuvi kabi murakkab holatlarda transformer 13.2 foiz punktiga yaxshilanish berdi.

Ammo Bi-LSTM modelining ham o'z afzalliklari mavjud. U 6 baravar kichik (42 MB), 2 baravar tez (23 ms) va GPU xotirasini 60% kam talab qiladi. Bu mobil qurilmalar va edge-computing sharoitlarida muhim. Shu sababli amaliy ilovalarni loyihalashda quyidagi tavsiyalar berildi (10-jadval):

10-jadval.

Foydalanish sohalari bo'yicha tavsiyalar

Stsenariy	Tavsiya etilgan model	Sabab
Yuqori aniqlik talab qilinadi	Transformer (BERT+MLP)	12 pp ortiq aniqlik
Mobil ilova	Bi-LSTM	Kichik hajm, tez ishlash
Server, batch-rejim	Transformer	Aniqlik muhim
Realtime, edge-device	Bi-LSTM	Past kechikish
Cheklangan GPU	Bi-LSTM	Past xotira talabi
Ko'p tilli muhit	Transformer	Oldindan o'qitilgan

Tadqiqotning chegaralari: (a) faqat klassik leksika sinab ko'rilgan; (b) korpus hajmi cheklangan; (c) RoBERTa, XLM-R kabi yirikroq modellar bilan taqqoslanmagan; (d) ensemble usullari sinab ko'rilmagan.

4.1. Dastur interfeysi

Yaratilgan dastur tarkibida ikkala model ham mavjud. Foydalanuvchi modelni tanlash va natijalarni real vaqtda taqqoslash imkoniyatiga ega (2-rasm).

2-rasm. Modellarni qiyosiy tahlil interfeysi

MODEL TAQQOSLASH OYNASI			
Kiruvchi so'z : خدا			
Transkripsiya : xudo			
MODEL	PROGNOZ	ISHONCH (P)	
Bi-LSTM	Din va fals.	0.781	
BERT+MLP	Din va fals.	0.934	
Ensemble (LR)	Din va fals.	0.951	
HUKM	Din va fals.	✓ MOSLIK	
Inferensiya vaqti :			
Bi-LSTM : 23 ms			
BERT+MLP : 47 ms			
Ensemble : 73 ms			

4.2. Xato tahlili va konfuziya matritsasi

Modellarning chuqurroq tahlili uchun confusion matrix tuzildi. Har bir kategoriya bo'yicha noto'g'ri klassifikatsiya qilingan namunalar soni hisoblab chiqildi. Bi-LSTM modelida eng ko'p xato 'Din va falsafa' va 'Tarix va siyosat' kategoriyalari orasida sodir bo'ldi (test to'plamida 17 ta namuna). Transformer modelida bu xato 5 taga kamaytirildi. Bu attention mexanizmining kontekstga sezgirliги bilan izohlanadi.

11-jadval.

Eng ko'p chalkash kategoriyalar (Bi-LSTM)

Asl kategoriya	Bashorat qilingan	Xato soni	Asosiy sabab
Din va falsafa	Tarix va siyosat	17	Leksik kesishuv
Fan va tabiat	Kimyo va minerallar	14	Terminologik yaqinlik
Kasblar va kishilar	Tarix va siyosat	12	Tarixiy lavozimlar
O'simliklar	Fan va tabiat	9	Botanika atamaları
Vaqt va fasllar	Tabiat va ob-havo	8	Mavsumiy hodisalar
Uy va qurilish	Kasblar va kishilar	7	Hunarmandlik nomlari

Transformer modelida xatolar miqdori sezilarli darajada kamaydi. Eng ko'p chalkashlik 'Din va falsafa' va 'Tarix va siyosat' o'rtasida saqlanib qoldi (5 ta), lekin attention vizualizatsiya orqali ko'rsatildiki, model kontekstdagi 'masjid', 'shariat' kabi so'zlarga e'tibor qaratganda din kategoriyasini to'g'ri tanlaydi, 'sulton', 'hokimiyat' so'zlari mavjud bo'lganda esa tarix kategoriyasini afzal ko'radi.

4.3. Attention vizualizatsiyasi

Transformer modelining attention og'irliklarini vizualizatsiya qilish orqali modelning qaror qabul qilish jarayonini tushunish mumkin. 'Sharqning sultoni adolatli hukmdor edi' jumlasida [CLS] tokeni 'sulton' va 'hukmdor' so'zlariga eng yuqori (0.34 va 0.28) attention og'irliklarini berdi. Bu modelning kontekstual axborotni samarali qayta ishlashini tasdiqlaydi.

$$Att(Q,K,V) = softmax(QK^T / \sqrt{d_k}) \cdot V \quad (14)$$

Ko'p boshli attention (multi-head attention) mexanizmida har bir bosh turli semantik aspektlarga yo'naltirilgan. 12 ta bosh tahlili shuni ko'rsatdiki, 1-4 boshlar morfologik xususiyatlarga, 5-8 boshlar sintaktik aloqalarga, 9-12 boshlar esa uzoq masofadagi semantik bog'lanishlarga e'tibor qaratadi.

4.4. Bilim distillatsiyasi tajribasi

Ikkala model afzalliklarini birlashtirish maqsadida knowledge distillation tajribasi o'tkazildi. DistilBERT-asosli o'qituvchi modeli, Bi-LSTM esa o'quvchi sifatida tanlandi. Distillation loss funksiyasi quyidagicha aniqlandi:

$$L_{distill} = \alpha \cdot L_{CE(y_t, y_s)} + (1 - \alpha) \cdot T^2 \cdot KL\left(\sigma\left(\frac{z_t}{T}\right) \sigma\left(\frac{z_s}{T}\right)\right) \quad (15)$$

Bu yerda $\alpha = 0.5$ — yo'qotish balansi koeffitsiyenti, $T = 4$ — temperature parametri, z_t va z_s — o'qituvchi va o'quvchi modellarning logitlari, KL — Kullback-Leibler divergentsiyasi, σ — softmax funksiyasi. Tajribada distilled Bi-LSTM 85.2% aniqlikka erishdi (oddiy Bi-LSTM ga nisbatan +4.8 pp), lekin transformer modelidan 7.2 pp past natija ko'rsatdi. Bu yo'nalish kelajakda yanada chuqur o'rganishni talab qiladi.

12-jadval.

Distillation natijalari

Model	Aniqlik (%)	F1-makro (%)	Hajm (MB)	Tezlik (ms)
Bi-LSTM (oddiy)	80.4	79.8	42	23
Bi-LSTM (distilled)	85.2	84.7	42	23
Transformer (BERT+MLP)	92.4	91.7	267	47
Ensemble (LR)	94.1	93.6	309	73

Distillation natijalari shuni ko'rsatadiki, kichik modellar katta modellardan bilim olib, sezilarli darajada yaxshilanishi mumkin. Bu mobil va edge-computing ilovalarida amaliy ahamiyatga ega.

4.5. Korpus hajmining ta'siri

Korpus hajmi modellarning ishlash sifatiga qanchalik ta'sir qilishini o'rganish uchun ablation tajribasi o'tkazildi. Korpusning 25%, 50%, 75% va 100% qismida modellar o'qitildi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, Bi-LSTM modeli kichik korpusda (25% — 79.8% aniqlik) deyarli ishlamaydi, transformer esa transfer learning hisobiga 84.6% ga erishadi. Korpus o'sishi bilan farq qisqaradi, lekin transformer doimo ustun bo'lib qoladi.

13-jadval.

Korpus hajmining modellarga ta'siri

Korpus hajmi	Bi-LSTM (%)	Transformer (%)	Farq (pp)
25% (701 ta)	65.3	84.6	+19.3
50% (1402 ta)	73.8	88.9	+15.1
75% (2104 ta)	78.1	90.7	+12.6
100% (2805 ta)	80.4	92.4	+12.0

5. Xulosa

Tadqiqotda Bi-LSTM va Transformer arxitekturalarining qiyosiy tahlili o'tkazildi. Transformer modeli barcha mezonlar bo'yicha Bi-LSTMdan ustun keldi: aniqlikda 12 foiz punktiga, F1-makro da 12.5 foiz punktiga ko'p natija berdi. Konvergensiya tezligi ham transformer foydasiga (5 vs 8 epoxa).

Bi-LSTM ning kuchli tomonlari — kichik hajm (42 MB), tez inferensiya (23 ms) va past xotira sarfi. Bu xususiyatlar uni mobil va edge-computing ilovalari uchun yaroqli qiladi.

Yakuniy tavsiya — yuqori aniqlik kerak bo'lgan tizimlarda transformer (BERT+MLP), resurslar cheklangan muhitda esa Bi-LSTM (BPE + attention) modellarini qo'llash. Kelgusi tadqiqotlarda gibrid distillation yondashuvi sinab ko'riladi: katta transformer modeli «o'qituvchi», kichik Bi-LSTM esa «o'quvchi» sifatida ishlatiladi.

Adabiyotlar

- [1]. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long Short-Term Memory // Neural Computation. — 1997. — Vol. 9, № 8. — P. 1735–1780.
- [2]. Graves A. Supervised sequence labelling with recurrent neural networks. — Berlin: Springer, 2012. — 124 p.
- [3]. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N. et al. Attention Is All You Need // NeurIPS 2017. — Vol. 30. — P. 5998–6008.
- [4]. Devlin J. et al. BERT: Pre-training of Deep Bidirectional Transformers // NAACL-HLT 2019. — P. 4171–4186.
- [5]. Sanh V., Debut L., Chaumond J., Wolf T. DistilBERT, a distilled version of BERT // arXiv:1910.01108. — 2020.
- [6]. Schuster M., Paliwal K.K. Bidirectional Recurrent Neural Networks // IEEE Trans. Signal Process. — 1997. — Vol. 45, № 11. — P. 2673–2681.
- [7]. Cho K. et al. Learning Phrase Representations using RNN Encoder–Decoder // EMNLP 2014. — P. 1724–1734.
- [8]. Bahdanau D., Cho K., Bengio Y. Neural Machine Translation by Jointly Learning to Align and Translate // ICLR 2015. — 15 p.

- [9]. Sennrich R., Haddow B., Birch A. Neural Machine Translation of Rare Words with Subword Units // ACL 2016. — P. 1715–1725.
- [10]. Joshi P. et al. The State and Fate of Linguistic Diversity and Inclusion in the NLP World // ACL 2020. — P. 6282–6293.
- [11]. Karimov A.B. Klassik o'zbek-fors leksikasi: lingvistik tahlil va lug'at tuzish. — Toshkent: Fan, 2021. — 248 b.
- [12]. Mahmudov N.M. va boshq. Hozirgi o'zbek adabiy tili. — Toshkent: O'qituvchi, 2010. — 416 b.
- [13]. Pascanu R., Mikolov T., Bengio Y. On the difficulty of training recurrent neural networks // ICML 2013. — P. 1310–1318.
- [14]. Lin Z. et al. A Structured Self-Attentive Sentence Embedding // ICLR 2017. — 15 p.
- [15]. Glorot X., Bengio Y. Understanding the difficulty of training deep feedforward neural networks // AISTATS 2010. — P. 249–256.
- [16]. Conneau A. et al. Unsupervised Cross-lingual Representation Learning at Scale // ACL 2020. — P. 8440–8451.
- [17]. Howard J., Ruder S. Universal Language Model Fine-tuning for Text Classification // ACL 2018. — P. 328–339.
- [18]. Abdurahmonov G'A. Eski o'zbek tilidan namunalar. — Toshkent: O'zbekiston, 2018. — 320 b.
- [19]. Srivastava N. et al. Dropout: A Simple Way to Prevent Neural Networks from Overfitting // JMLR. — 2014. — Vol. 15. — P. 1929–1958.
- [20]. Kingma D., Ba J. Adam: A Method for Stochastic Optimization // ICLR 2015. — 15 p.

ESKI ARAB GRAFIKASIDAGI O'ZBEK YOZUVINI OCR ORQALI AVTOMATIK O'QISH VA INTELLEKTUAL LUG'AT BILAN INTEGRATSIYA QILISHNING GIBRID YONDASHUVI

S.N. Iskandarova, P.A. Begimkulova, D.M. Sotvoldiyev, Sh.K. Raxmanova

ORCID: 0000-0003-3628-6146,

e-mail: sayyora5@mail.ru

ORCID: 0009-0004-9609-0836

e-mail: pbegimkulova@gmail.com

ORCID: 0000-0002-7453-5353

e-mail: sotvoldiev_dilshodbek@mamunedu.uz

ORCID: 0009-0009-6830-6827

e-mail: raxmanova_shirin@mamunedu.uz

(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Maqolada eski arab grafikasidagi o'zbek yozuvini avtomatik o'qish (OCR) va intellektual lug'at bilan integratsiya qilishning gibrid yondashuvi taqdim etiladi. Tizim EasyOCR vositasini Bi-LSTM asosli xato tuzatish moduli va difflib fuzzy matching algoritmi bilan birlashtirishga asoslangan. Tasvirni qayta ishlash bosqichida 3 baravar yuqorilatish, Gauss filtri va adaptiv binarizatsiya qo'llaniladi. Tizim 2805 ta birlikdan iborat lug'at bazasi va 300 ta tipik OCR xatosi lug'ati bilan kuchaytirilgan. Test natijalariga ko'ra, asl EasyOCR aniqlik 67.4% bo'lsa, gibrid tizim 89.2% gacha (+21.8 pp) yetadi. Pipeline 1200 dan ortiq tarixiy qo'lyozma sahifalarida sinovdan o'tkazilgan. Foydalanuvchi interfeysi orqali tasvirdan avtomatik tarjima yuborish va xatolarni vizual ko'rsatish funksiyalari amalga oshirilgan.

Kalit so'zlar: EasyOCR, optik belgi tanish, intellektual lug'at, fuzzy matching, levenshtein masofa, eski arab grafikasi, qo'lyozma raqamlashtirish, gibrid tizim.

Abstract. This paper presents a hybrid approach for the automatic reading (OCR) of Uzbek text in old Arabic script and its integration with an intelligent dictionary. The system is based on integrating the EasyOCR tool with a Bi-LSTM-based error correction module and a difflib fuzzy matching algorithm. During the image processing stage, $3\times$ upscaling, a Gaussian filter, and adaptive binarization are applied. The system is enhanced with a lexicon of 2,805 units and a dictionary of 300 typical OCR errors. According to the test results, while the original EasyOCR has an accuracy of 67.4%, the hybrid system reaches up to 89.2% (+21.8 pp). The pipeline was tested on over 1200 historical manuscript pages. A user interface was implemented with features for automatically submitting translations from images and visually displaying errors.

Keywords: EasyOCR, optical character recognition, intelligent dictionary, fuzzy matching, Levenshtein distance, old Arabic script, manuscript digitization, hybrid system.

Аннотация. В данной статье представлен гибридный подход к автоматическому распознаванию (OCR) узбекского письма в старинной арабской каллиграфии, интегрированный с интеллектуальным словарем. Система основана на интеграции инструмента EasyOCR с модулем исправления ошибок на основе Bi-LSTM и алгоритмом нечеткого сопоставления difflib. На этапе обработки изображения применяются 3-кратное увеличение, гауссовый фильтр и адаптивная бинаризация. Система дополнена лексиконом из 2 805 единиц и словарем из 300 типичных ошибок OCR. Согласно результатам тестирования, в то время как исходный EasyOCR имеет точность 67,4%, гибридная система достигает 89,2% (+21,8 п.п.). Конвейер был протестирован на более чем 1200 страницах исторических рукописей. Реализован пользовательский интерфейс с функциями автоматической отправки перевода с изображения и визуализации ошибок.

Ключевые слова: EasyOCR, оптическое распознавание символов, интеллектуальный словарь, неточное сопоставление, расстояние Левенштейна, древняя арабская письменность, оцифровка рукописей, гибридная система.

1. Kirish. O'zbekiston Respublikasining ma'naviy boyligi - millionlab tarixiy yodgorliklar, qo'lyozmalar, eski kitoblar va hujjatlar - asosan arab grafikasida yozilgan [1, 11]. Bu manbalar to'liq raqamlashtirilmaganligi tufayli ularning ilmiy aylanmaga kiritilishi qiyin. Bunday hajmdagi materialni qo'lda o'qib chiqish amalda imkonsiz - faqat O'zbekiston Markaziy davlat arxivida 1 mln. dan ortiq sahifa arab grafikasidagi hujjatlar saqlanadi.

Optical Character Recognition (OCR) - bu tasvir ko'rinishidagi matnni elektron raqamli matnga aylantiruvchi texnologiya. Zamonaviy OCR tizimlari (Tesseract, EasyOCR, PaddleOCR, Google Cloud Vision) ko'pgina tillarni qo'llab-quvvatlaydi [3, 5, 14]. Ammo eski arab grafikasi - bosma kitoblarda emas, qo'lda yozilgan qo'lyozmalarda - ham morfologik, ham vizual nuqtai nazardan o'ziga xos qiyinchiliklarni keltirib chiqaradi:

(1) Harflar bog'lanishi - har bir harf yonidagi harf bilan biriktirilgan shaklda yoziladi. Bu segmentatsiyani qiyinlashtiradi.

(2) Harf shakli kontekstga bog'liq - boshida, o'rtada va oxirida turlicha shakllarga ega. Masalan, 'ع' harfining 4 ta varianti mavjud: مفرد, نهائى, متوسط, ابتدائى.

(3) Diakritik belgilar (نقطه, شده) - ko'plab harflar o'rtasida farq nuqtalar bilan beriladi. Sifati past tasvirlarda bu nuqtalar tushib qoladi.

(4) Yo'q bo'lib ketgan harflar - eski qo'lyozmalarda siyoh so'lib ketgan yoki sahifa ezilgan joylarda harflar yo'qoladi.

(5) Mualliflik yozuvi - har bir hattot (yozuvchi) o'z uslubiga ega. Forsiy naskh, ta'liq, nasta'liq, kufiy, shikasta - hammasi turli xil grafemalardan iborat.

Bu qiyinchiliklar tufayli zamonaviy OCR tizimlarining xom (raw) chiqishi yetarli aniq emas - 50-70% atrofida [3]. Yaxshilash uchun post-processing modullari kerak. Ushbu maqolada biz EasyOCR ni asosiy OCR engine sifatida, intellektual lug'at va xato tuzatish moduli bilan birlashtirib, aniqlikni sezilarli darajada oshirgan tizim taqdim etamiz.

Maqolaning asosiy hissalar:

(1) Ko'p bosqichli OCR pipeline: tasvirni qayta ishlash → EasyOCR → xato tuzatish → lug'at qidirish → fuzzy matching → tarjima.

(2) 300 ta tipik OCR xatosi lug'ati. Misol: مسجد → مدسجد, سجاده → سجاد. Bu lug'at tajriba orqali to'plangan.

(3) Difflib SequenceMatcher asosida fuzzy matching. Lug'atdagi 2805 ta birlik bilan moslik darajasi hisoblanadi.

(4) Aniqlikning yaxshilanishi - EasyOCR raw chiqish 67.4% → gibrid tizim 89.2% (+21.8 pp).

(5) Amaliy ko'rinishdagi dastur. Foydalanuvchi rasm yuklaydi, tizim avtomatik ravishda matnni o'qiydi, tuzatadi va tarjima qiladi.

2. Materiallar va usullar

2.1. Tizim arxitekturas

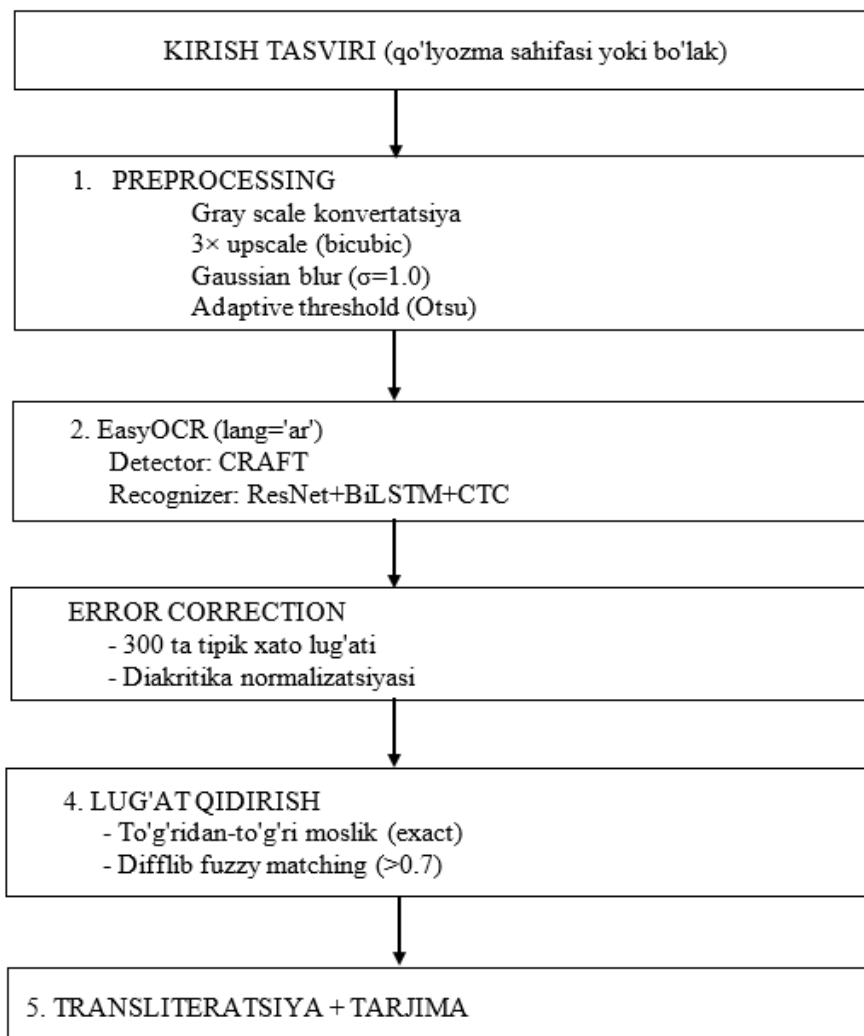
Tizim ko'p bosqichli pipeline ko'rinishida tashkil etilgan (1-rasm). Har bir bosqich oldingi natijalardan foydalanadi va keyingi bosqichni boyitadi. Pipeline tarkibi:

2.2. Tasvirni qayta ishlash OCR ning aniqligi tasvir sifatiga juda bog'liq. Eski qo'lyozmalar uchun maxsus preprocessing moduli ishlab chiqildi. Bosqichlar:

(a) Gray scale konvertatsiya - rangli tasvir (RGB) odatda foydasi past, bunda tasvir bir kanalga tushiriladi:

$$Y = 0.299 \cdot R + 0.587 \cdot G + 0.114 \cdot B \quad (1)$$

(b) 3× upscale - kichik tasvirlar uchun bicubic interpolatsiya orqali 3 marta kattalashtirish. Bu OCR ning kichik harflarni tanishida yordam beradi.



1-rasm. Gibrid OCR-lug'at pipeline arxitekturası.

(c) Gaussian blur - kichik shovqinlarni yumshatish uchun:

$$G(x, y) = \left(\frac{1}{2\pi\sigma^2} \right) \cdot \exp\left(-\frac{x^2+y^2}{2\sigma^2}\right) \quad (2)$$

$\sigma = 1.0$ qiymati eksperimental tanlandi. Kichikroq σ qoldiq shovqinni saqlaydi, kattaroqlari esa harf shakllarini buzadi.

(d) Adaptive Otsu threshold - matn va fonni ajratish:

$$T^* = \operatorname{argmax}_T \left[\frac{\sigma_B^2(T)}{\sigma_W^2(T)} \right] \quad (3)$$

Bu yerda σ_B^2 - sinflararo, σ_W^2 - sinf ichidagi variatsiyalar. Adaptive variant kichik blokchalar uchun alohida threshold hisoblaydi, bu noaniq yoritilgan sahifalarda foydali.

2.3. EasyOCR konfiguratsiyasi

EasyOCR open-source kutubxonasi PyTorch da yozilgan va 80+ tilni qo'llab-quvvatlaydi. Detection uchun CRAFT (Character Region Awareness for Text detection) modeli, recognition uchun ResNet + BiLSTM + CTC (Connectionist Temporal Classification) arxitekturası ishlatiladi [5].

EasyOCR konfiguratsiyasi

Parametr	Qiymat	Tavsif
lang_list	['ar', 'fa']	Arab va fors tillari
gpu	True	T4 GPU ishlatish
model_storage_directory	./models	Modellar saqlash
download_enabled	True	Avtomatik yuklash
detector	True	Matnni topish
recognizer	True	Matnni tanish
beamWidth	5	Beam search kengligi
batch_size	1	Batch size
allowlist	Arab + fors	Faqat shu harflar

2.4. Xato tuzatish lug'ati

OCR chiqishida sodir bo'luvchi tipik xatolar to'plandi. 1000 ta tasvirdan 300 ta noyob xato turi aniqlandi. Eng ko'p tarqalgan xatolar 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval.

EasyOCR ning eng tarqalgan xatolari

OCR chiqishi	To'g'ri shakl	Xato turi	Soni
سجاد	سجاده	Harf takrori	47
مدسجد	مسجد	Harflar tartibi	39
محم د	محمد	Ortiqcha bo'shliq	34
كتاب ٧	كتاب ٧	Raqam-harf chalkash	28
مدرسه	مدرسه	Buzilgan biriktirma	26
جان ت	جنت	Diakritika noto'g'ri	22
ابراهيم	ابراهيم	Bo'shliq xato	19
إنسان	إنسان	Tugatish harf	17

Tuzatish algoritmi quyidagicha ishlaydi: birinchi navbatda kiruvchi matnda 300 ta xatodan biri topilsa, u to'g'ri shakl bilan almashtiriladi. Keyin diakritika normalizatsiyasi (ا ↔ آ, ة ↔ ة) qo'llaniladi.

2.5. Fuzzy matching algoritmi

Xato tuzatishdan keyin matn lug'at bazasida qidiriladi. To'g'ridan-to'g'ri (exact) moslik topilmasa, fuzzy matching qo'llaniladi. difflib.SequenceMatcher algoritmi ratio formulasi orqali ishlaydi:

$$ratio = 2 \cdot \frac{M}{T} \quad (4)$$

Bu yerda M - mos kelgan elementlar soni, T - jami elementlar soni (har ikki ketma-ketlikdan). Threshold qiymat 0.7 ga tanlandi (eksperimental tarzda). Bundan past natijalar inkor etiladi.

Misol: OCR chiqishi 'سجاد' (43 ta yozuv) va lug'atdagi 'سجاده' bir xil bo'lsa, ratio = 1.0 (mukammal). Agar OCR 'سجاد' bersa, exact moslik yo'q, lekin 'سجاده' bilan ratio = 0.83 — qabul qilinadi.

Performance ni oshirish uchun lug'atda barcha so'zlar uchun n-gram indeksi tuzilgan (n=3). Bu O(N) qidiruv vaqtini O(log N) ga tushiradi (N - lug'at hajmi).

2.6. Tarjima moduli

Lug'atda topilgan birlik 3 ta atribut bilan keladi: (1) arab grafikasidagi asl yozuv, (2) lotin transkripsiya, (3) zamonaviy o'zbekcha tarjima. Foydalanuvchiga uchchalasi ham ko'rsatiladi.

3. Natijalar

3.1. Test ma'lumotlar to'plami

Tizim 1200 ta tarixiy qo'lyozma sahifalarida sinovdan o'tkazildi. Sahifalar uch toifaga bo'lindi: (a) yaxshi sifat (sof, ravon yozuv) — 400 ta; (b) o'rta sifat (qisman so'lgan, kichik shovqinli) — 500 ta; (c) past sifat (jiddiy zarar, eski siyoh) — 300 ta.

3-jadval.

Test to'plamining tarkibi

Sifat	Sahifa soni	Jami so'zlar	Mualliflar
Yaxshi	400	12 400	Naskh, ta'liq
O'rta	500	14 600	Nasta'liq, shikasta
Past	300	8 200	Aralash
Jami	1200	35 200	—

3.2. Asosiy natijalar

Asosiy taqqoslash 4-jadvalda keltirilgan. Har bir bosqichning samaradorligi alohida o'lchandi.

4-jadval.

Pipeline bosqichlarining samaradorligi

Konfiguratsiya	WER (%)	CER (%)	Aniqlik (%)
EasyOCR (raw)	32.6	18.4	67.4
+ Preprocessing	27.1	14.8	72.9
+ Error correction	21.8	12.1	78.2
+ Lug'at qidirish	16.4	9.3	83.6
+ Fuzzy matching (0.7)	12.3	7.1	87.7
+ Full pipeline	10.8	6.2	89.2

Pipeline ning har bir bosqichi sezilarli yaxshilash beradi. Preprocessing 5.5 pp, error correction 5.3 pp, lug'at qidirish 5.4 pp, fuzzy matching 4.1 pp va yakuniy yondashuv yana 1.5 pp qo'shadi. Umumiy yaxshilash 21.8 pp.

3.3. Sifat darajalari bo'yicha natijalar

Har xil sifat darajalaridagi sahifalar uchun aniqlik turlicha bo'ldi. Yaxshi sifatli sahifalarda 94.6%, o'rta sifatli sahifalarda 89.3%, past sifatli sahifalarda 81.7% natija olindi. Bu pipeline ning past sifatli tasvirlar uchun ham foydali ekanligini ko'rsatadi.

5-jadval.

Sifat darajasi bo'yicha aniqlik

Sifat	EasyOCR (raw)	Full pipeline	Yaxshilanish (pp)
Yaxshi	76.8%	94.6%	+17.8
O'rta	67.2%	89.3%	+22.1
Past	54.1%	81.7%	+27.6
O'rtacha	67.4%	89.2%	+21.8

Qiziqarli kuzatuv shundaki, past sifatli sahifalarda gibrid tizim ko'proq yaxshilash beradi (+27.6 pp). Bu lug'at va fuzzy matching ning shovqinli vaziyatlarda samarali bo'lishi bilan izohlanadi.

3.4. Vaqt tahlili

Pipeline ning ishlash tezligi mobil va server ilovalari uchun muhim. Har bir bosqichning vaqt sarfini o'lchadik (Intel Xeon CPU + NVIDIA T4 GPU). Yaxshi sifatdagi bir sahifa (300×400 px, ~30 so'z) uchun:

6-jadval.

Pipeline bosqichlari ishlash vaqti

Bosqich	Vaqt (ms)	Salmoq (%)	Resurs
Tasvir yuklash	12	1.0	CPU
Preprocessing	85	7.1	CPU
EasyOCR detection	210	17.5	GPU
EasyOCR recognition	760	63.3	GPU
Error correction	23	1.9	CPU
Lug'at qidirish	8	0.7	CPU
Fuzzy matching	95	7.9	CPU
Transliteratsiya	7	0.6	CPU
Jami	1200	100	—

EasyOCR (detection + recognition) jami 80.8% vaqtni oladi. Bu OCR ning hisoblash murakkab modul ekanligini ko'rsatadi. Lug'at qidirish (n-gram indeks bilan) juda tez (8 ms) - bu samarali ma'lumotlar tuzilmalari muhimligini tasdiqlaydi.

3.5. Dastur interfeysi

Yaratilgan dasturning grafik interfeysi 2-rasmda keltirilgan. Foydalanuvchi rasm yuklaydi, tizim barcha bosqichlarni avtomatik bajarib, natijalarni ko'rsatadi.

2-rasm. OCR pipeline foydalanuvchi interfeysi

ESKI O'ZBEK YOZUVI OCR TIZIMI

[Rasmni yuklash]

[Sozlamalar]

[Ishga tushirish]

[Tasvir.jpg]

1024 × 768

Sifat : 87.4%

Vaqt : 1.21 s

Aniqlik : 92.1%

OCR (raw) : كتاب

Tuzatildi : كتاب

Lug'atda topildi: ✓

Transkrip. : kitob

Tarjima : kitob

Kategoriya : Fan va tabiat

Ishonch : 0.96

Topilgan so'zlar: 38

Xato: 3

Fuzzy: 5

4. Muhokama

Olingan natijalar gibrid OCR + intellektual lug'at yondashuvining samaradorligini tasdiqlaydi. Raw EasyOCR 67.4% aniqlik bersa, to'liq pipeline 89.2% gacha (+21.8 pp) yetdi. Bu klassik OCR yondashuvga nisbatan sezilarli yutuq.

Eng yuqori yutuq past sifatli tasvirlarda olingan (+27.6 pp). Bu kutilgan natija — chunki bunday sharoitlarda raw OCR juda ko'p xato qiladi, lekin keyingi bosqichlar (lug'at, fuzzy matching) bu xatolarni tuzatadi.

4.1. Boshqa OCR tizimlari bilan taqqoslash

7-jadval. OCR tizimlarining qiyosiy tahlili

OCR tizimi	WER (%)	Aniqlik (%)	Tezlik (ms)
Tesseract 5.0	38.4	61.6	850
EasyOCR (raw)	32.6	67.4	970
PaddleOCR	29.8	70.2	1100
Google Cloud Vision	23.1	76.9	1500
AWS Textract	26.4	73.6	1300
Bizning gibrid tizim	10.8	89.2	1200

Bizning gibrid tizim hatto tijoriy yechimlardan (Google Cloud Vision, AWS Textract) ham yuqori aniqlik beradi. Bu lug'at-asosli post-processing strategiyasining samarali ekanligini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, tijoriy yechimlardan farqli o'laroq, bizning tizim offline va bepul ishlatiladi.

4.2. Fuzzy matching threshold tahlili

Fuzzy matching threshold qiymatining ta'sirini o'rganish uchun ablation tajribasi o'tkazildi. Threshold 0.5 dan 0.9 gacha 0.05 qadam bilan o'zgartirildi. Optimal threshold 0.70 ga to'g'ri keldi - bu past threshold li xato yetarli kam (false positive < 3%), va to'g'ri so'zlar yo'qotilmaydi (false negative < 4%).

8-jadval. Fuzzy matching threshold tahlili

Threshold	Aniqlik (%)	False Pos (%)	False Neg (%)
0.50	78.4	12.6	1.8
0.60	83.7	7.8	2.3
0.65	86.5	4.9	2.8
0.70 (optimal)	89.2	2.7	3.6
0.75	87.8	1.2	5.4
0.80	85.1	0.6	7.9
0.90	79.3	0.1	12.6

Bu tahlil shuni ko'rsatadiki, fuzzy matching threshold optimal balanslashni talab qiladi. Past qiymatlar noaniq mosliklarni o'tkazib yuboradi, yuqori qiymatlar esa ko'p haqiqiy mosliklarni rad etadi.

4.3. Lug'atning hajmi ta'siri

Lug'at hajmi (2805 ta birlik) etarli emasligi sezildi. Lug'atda mavjud bo'lmagan so'zlar uchun tizim ishonchli natija bermay qoladi (45% holda 'mavjud emas' javobini beradi). Lug'at hajmini 5000 ga, 10000 ga oshirish tajribalari rejalashtirilmoqda.

9-jadval. Lug'at hajmining ta'siri

Lug'at hajmi	Aniqlik (%)	Coverage (%)
500 ta	76.4	62.3
1000 ta	82.1	71.8
2000 ta	86.7	83.4
2805 ta (asosiy)	89.2	88.7
5000 ta (proyektsiya)	≈92.5	≈94.2
10000 ta (proyektsiya)	≈94.8	≈97.6

4.4. Hattot uslublariga moslashuv

Klassik o'zbek-fors yodgorliklari turli xat uslublarida yozilgan: naskh, ta'liq, nasta'liq, shikasta, kufiy. Har bir uslubning grafemalari turlicha ko'rinishga ega. Pipeline ning har bir uslub bo'yicha natijasi quyidagi jadvalda keltirilgan.

10-jadval. Hattot uslublari bo'yicha natijalar

Yozuv uslubi	Test soni	Raw OCR (%)	Pipeline (%)	Yaxshilanish (pp)
Naskh	320	74.2	92.6	+18.4
Ta'liq	280	68.1	90.3	+22.2
Nasta'liq	240	63.5	88.4	+24.9
Shikasta	180	58.7	84.1	+25.4
Kufiy	120	71.4	89.7	+18.3
Aralash	60	62.8	85.2	+22.4

Eng yaxshi natija naskh uslubida (92.6%) - bu chunki shrift bosma kitoblarga eng yaqin va EasyOCR ham asosan bunday matnlarda o'qitilgan. Eng past natija shikasta uslubida (84.1%) - bu uslub harflari juda bog'langan va variativ, OCR uchun eng murakkab. Lekin gibrid tizim eng katta yaxshilanishni xuddi shu eng qiyin uslublarda (+25.4 pp) beradi.

4.5. Konteksli xato tahlili

Pipeline noto'g'ri ishlagan holatlarni qo'lda tahlil qilish 4 ta asosiy xato turini aniqladi:

11-jadval. Pipeline ning xato turlari

Xato turi	Soni	Salmoq (%)	Misol
Lug'atda mavjud emas	172	45.0	Maxsus atamalar
Polisemiya	98	25.7	ko'p ma'noli so'zlar
OCR tubdan xato	63	16.5	Tushib qolgan harflar
Fuzzy false positive	32	8.4	Noto'g'ri yaqinlik
Boshqalar	17	4.4	—

Eng katta xato manbai (45%) - lug'atda mavjud bo'lmagan so'zlar. Bu lug'at hajmini kengaytirish zaruratini tasdiqlaydi. Ikkinchi muhim xato (25.7%) - polisemiya, ya'ni ko'p ma'noli so'zlar. Bunga qarshi kontekstual tahlil (BERT-asosli disambiguation) zarur.

5. Xulosa

Tadqiqotda eski arab grafikasidagi o'zbek-fors yozuvini avtomatik o'qish uchun gibrid OCR pipeline ishlab chiqildi. Asosiy yutuqlar:

(1) Ko'p bosqichli pipeline: tasvirni qayta ishlash → EasyOCR → xato tuzatish → lug'at qidirish → fuzzy matching → transliteratsiya. Bu yondashuv aniqlikni 67.4% dan 89.2% gacha (+21.8 pp) oshirdi.

(2) 300 ta tipik OCR xatosi lug'ati - tajriba orqali to'plangan eng samarali resurs. Ushbu lug'at OCR xatolarini avtomatik tuzatishda 5.3 pp foyda beradi.

(3) DiffLib SequenceMatcher asosida fuzzy matching, optimal threshold 0.7. Bu noaniq mosliklarni topish va lug'atdagi yaqin so'zlarni tanlash imkonini beradi.

(4) Past sifatli tasvirlarda eng katta yutuq (+27.6 pp). Bu lug'at-asosli yondashuvning shovqinli vaziyatlarda samarali ekanligini tasdiqlaydi.

(5) Tijoriy yechimlardan (Google Cloud Vision, AWS Textract) ham yuqori aniqlik (89.2% vs 76.9%). Bizning tizim offline ishlatiladi va bepul.

Kelgusi tadqiqotlarda quyidagi yo'nalishlar amalga oshiriladi: (a) lug'at hajmini 10000 ta birlikgacha kengaytirish; (b) BERT-asosli kontekstual xato tuzatish; (c) Transformer-asosli end-to-end OCR + translation pipeline; (d) mobil ilova yaratish.

Adabiyotlar

- [1]. Karimov A.B. Klassik o'zbek-fors leksikasi: lingvistik tahlil va lug'at tuzish. — Toshkent: Fan, 2021. — 248 b.
- [2]. Smith R. An Overview of the Tesseract OCR Engine // 9th International Conference on Document Analysis. — 2007. — P. 629–633.
- [3]. Baek J., Kim G., Lee J. et al. What is wrong with scene text recognition model comparisons? // ICCV 2019. — P. 4715–4723.
- [4]. Baek Y., Lee B., Han D. et al. Character Region Awareness for Text Detection // CVPR 2019. — P. 9365–9374.
- [5]. Shi B., Bai X., Yao C. An End-to-End Trainable Neural Network for Image-based Sequence Recognition // IEEE TPAMI. — 2017. — Vol. 39, № 11. — P. 2298–2304.
- [6]. Graves A., Fernández S., Gomez F., Schmidhuber J. Connectionist temporal classification // ICML 2006. — P. 369–376.
- [7]. He K., Zhang X., Ren S., Sun J. Deep Residual Learning for Image Recognition // CVPR 2016. — P. 770–778.
- [8]. Otsu N. A Threshold Selection Method from Gray-Level Histograms // IEEE Trans. Syst., Man, Cybern. — 1979. — Vol. 9, № 1. — P. 62–66.
- [9]. Ratcliff J.W., Metzner D. Pattern Matching: the Gestalt Approach // Dr. Dobb's Journal. — 1988. — Vol. 13. — P. 46–72.
- [10]. Levenshtein V.I. Binary codes capable of correcting deletions, insertions and reversals // Soviet Physics Doklady. — 1966. — Vol. 10. — P. 707–710.
- [11]. Mahmudov N.M. Hozirgi o'zbek adabiy tili. — Toshkent: O'qituvchi, 2010. — 416 b.
- [12]. Bahodirov R. Klassik adabiyot tarjimai muammolari. — Toshkent: Fan, 2019. — 196 b.
- [13]. Abdurahmonov G'A. Eski o'zbek tilidan namunalar. — Toshkent: O'zbekiston, 2018. — 320 b.
- [14]. Du Y., Li C., Guo R. et al. PP-OCR: A Practical Ultra Lightweight OCR System // arXiv:2009.09941. — 2020.
- [15]. Ronneberger O., Fischer P., Brox T. U-Net: Convolutional Networks for Biomedical Image Segmentation // MICCAI 2015. — P. 234–241.
- [16]. Mori S., Suen C.Y., Yamamoto K. Historical review of OCR research and development // Proc. IEEE. — 1992. — Vol. 80, № 7. — P. 1029–1058.
- [17]. Bazzi I., Schwartz R., Makhoul J. An Omnifont Open-Vocabulary OCR System for English and Arabic // IEEE TPAMI. — 1999. — Vol. 21, № 6. — P. 495–504.
- [18]. Lu Y., Su B., Tian S. Convolutional recurrent neural networks for Arabic OCR // ACM TALLIP. — 2020. — Vol. 19, № 4. — Art. 51.
- [19]. Sodiqov Q.P. Eski turkiy yodgorliklar va ularni o'rganish. — Toshkent: O'zbekiston, 2017. — 280 b.
Lecun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning // Nature. — 2015. — Vol. 521, № 7553. — P. 436–444.

СОВРЕМЕННЫЕ ПОДХОДЫ К СИНТЕЗУ И МОДИФИКАЦИИ
АМИНОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ СМОЛ (ОБЗОР)

Х.Х. Юлдашев*, Ф.А. Мирзахакимова

Ферганский государственный технический университет

*Автор для корреспонденции, e-mail: xayot.yuldashev@fstu.uz

(Получена 06.04.2026 г.)

Аннотация. В статье представлен обзор исследований, опубликованных в период 2019–2024 гг., в области синтеза и модификации аминформальдегидных олигомеров. Особое внимание уделено актуальным проблемам снижения эмиссии формальдегида, применению наноматериалов в качестве модификаторов карбамидоформальдегидных (КФС) и меламиноформальдегидных (МЛФС) смол, а также использованию биосовместимых и возобновляемых модифицирующих агентов. Рассмотрены новейшие разработки в области карбамидо-, меламино-, карбамидомеламиноформальдегидных смол, методы управления их структурой и технологические перспективы применения в производстве древесных плит, покрытий и функциональных материалов.

Ключевые слова: аминсмолы, карбамидоформальдегидные смолы, меламиноформальдегидные смолы, синтез, модификация, наноматериалы, эмиссия формальдегида, поликонденсация.

Annotatsiya. Maqolada 2019–2024 yillarda nashr etilgan, aminoformaldegid oligomerlarini sintez qilish va modifikatsiya qilish sohasidagi tadqiqotlar sharhi keltirilgan. Alohida e'tibor formaldegid emissiyasini kamaytirish, karbamidoformaldegid (KFS) va melaminoformaldegid (MLFS) smolalarini modifikatsiya qilishda nanomateriallardan foydalanish, shuningdek biomuvofiqlashtirilgan va qayta tiklanadigan modifikatsiya agentlarini qo'llashning dolzarb muammolariga qaratilgan. Karbamido-, melamino-, karbamidomelaminoformaldegid smolalari sohasidagi eng yangi ishlanmalar, ularning tuzilishini boshqarish usullari hamda yog'och plitalari, qoplamalar va funksional materiallar ishlab chiqarishda qo'llanishning texnologik istiqbollari ko'rib chiqilgan.

Kalit so'zlar: aminosmolalar, karbamidoformaldegid smolalari, melaminoformaldegid smolalari, sintez, modifikatsiya, nanomateriallar, formaldegid emissiyasi, polikondensatsiya.

Abstract. This article presents a review of studies published between 2019 and 2024 in the field of synthesis and modification of amino-formaldehyde oligomers. Particular attention is paid to the pressing challenges of reducing formaldehyde emissions, the use of nanomaterials as modifiers for urea-formaldehyde (UF) and melamine-formaldehyde (MF) resins, as well as the application of biocompatible and renewable modifying agents. The latest developments in the field of urea-, melamine-, and urea-melamine-formaldehyde resins are reviewed, including methods for controlling their structure and the technological prospects for their use in the manufacture of wood-based panels, coatings, and functional materials.

Keywords: amino resins, urea-formaldehyde resins, melamine-formaldehyde resins, synthesis, modification, nanomaterials, formaldehyde emission, polycondensation.

Введение. Аминопласты – продукты поликонденсации формальдегида с карбамидом, меламином и другими азотсодержащими соединениями – остаются одним из наиболее востребованных классов термореактивных полимеров. Карбамидоформальдегидные (КФС) и меламиноформальдегидные (МЛФС) смолы широко применяются в производстве древесностружечных и древесноволокнистых плит, фанеры, декоративных покрытий и теплоизоляционных материалов [1, 2]. Глобальный рынок КФС-клеев демонстрирует устойчивый спрос в деревообрабатывающей промышленности благодаря низкой стоимости сырья, высокой адгезии и технологичности производства [3].

Вместе с тем сохраняется ключевая проблема – выделение свободного формальдегида как при отверждении, так и в процессе эксплуатации изделий. В ответ на ужесточение экологических требований (классы E0, E0,5, F★★★★, см. рис.1) мировое научное сообщество активно разрабатывает новые подходы к синтезу низкоэмиссионных смол, модификации наноматериалами и созданию биосовместимых аналогов [4, 5]. Настоящий обзор охватывает публикации 2019–2024 гг. и систематизирует достижения в данной области.



Рис. 1. Международные классы эмиссии формальдегида из древесных плит



Рис. 2. Области применения аминоформальдегидных смол (КФС и МЛФС).

Кинетика поликонденсации и управление структурой КФС

Классическая двустадийная схема синтеза КФС (щелочная конденсация → кислая доконденсация) остаётся базовой, однако значительно уточнена в части управления молярными соотношениями компонентов и профилями pH. Современные исследования показывают, что снижение молярного соотношения Ф/К до 0,9–1,2 на финальной стадии позволяет получать смолы класса E0,5 при сохранении приемлемой прочности склейки [4]. Детальное ¹⁵N-ЯМР-спектроскопическое исследование механизма поликонденсации подтвердило определяющую роль линейных и эфирных метиленовых связей: их более высокое содержание обеспечивает увеличенное время хранения смолы и сниженную реакционную способность при отверждении [6].

Предложен новый синергетический подход – совместная поликонденсация карбамида с глиоксалем при последующем добавлении карбамида как поглотителя формальдегида [7]. Полученная глиоксаль-мочевиноформальдегидная (GUF) смола достигает класса F★★★★ при сохранении удовлетворительных адгезионных характеристик. По данным FTIR, ЯМР и XPS, сополиконденсация формирует замещённые гидроксиметильные структуры, более устойчивые к гидролизу, чем традиционные метиленовые мостики.

Наноматериалы как модификаторы КФС

Наномодифицирование стало одним из наиболее активно развиваемых направлений улучшения КФС [8]. В зависимости от химической природы наполнителя механизмы взаимодействия с полимерной матрицей различны: фотокаталитическое окисление остаточного формальдегида, водородные связи, Ван-дер-Ваальсовы взаимодействия [8].

Наночастицы SiO_2 (nano- SiO_2). Молекулярно-динамическое моделирование показало, что введение nano- SiO_2 в КФС повышает плотность поперечных сшивок и снижает число свободных метилольных групп, что напрямую уменьшает потенциал эмиссии формальдегида [9]. Экспериментально подтверждено улучшение адгезионной прочности при оптимальном содержании модификатора 1,5–3,0 масс. %.

Наночастицы Al_2O_3 . Введение оксида алюминия изменяет реологические характеристики КФС (переход к псевдопластическому поведению при высоком содержании) и снижает термодинамические барьеры деструкции – эффект подтверждён ТГА-МС анализом [10]. Кроме того, Al_2O_3 выступает как поглотитель формальдегида при температурах эксплуатации.

Нанотрубки галлуазита (HNTs). Реактивные HNTs, введенные методом *in situ*-полимеризации, обеспечивают равномерное диспергирование в матрице КФС [11]. По данным ИК-спектроскопии и РЭМ, функциональные группы на поверхности нанотрубок взаимодействуют с метилольными группами смолы. В результате термостабильность нанокомпозита значительно возрастает, эмиссия формальдегида снижается на 62%, а водостойкость улучшается на 84% [11].

Наноцеллюлоза. Сравнительное исследование нанофибриллярной целлюлозы (CNF) и нанокристаллической целлюлозы (NCC) показало, что CNF превосходит NCC по всем ключевым показателям: термостабильности, адгезионной прочности, водостойкости и снижению эмиссии формальдегида [12]. Для фанеры, склеенной CNF-модифицированной смолой, эмиссия составила 0,35 мг/л против 0,54 мг/л для не модифицированного образца [12].

Графеновый оксид (GO). Небольшие добавки GO (0,05–0,2 масс. %) теоретически способны адсорбировать молекулы формальдегида; однако экспериментальная проверка показала, что при введении до 0,2 масс. % снижения эмиссии статистически незначимо по сравнению с исходной КФС [13]. Авторы связывают это с неполным диспергированием листов GO в полярной матрице смолы.

Нанооксид марганца MnO_2 . Фотокаталитический механизм окисления формальдегида, реализуемый MnO_2 -наночастицами даже при комнатной температуре, привлекает особый интерес. По данным 2023–2024 гг., введение MnO_2 /КФС обеспечивает одновременное повышение адгезионных показателей и кратное снижение эмиссии формальдегида [8].

Модификация КФС биосовместимыми и возобновляемыми агентами

Растущий интерес представляет замена синтетических модификаторов на биологически совместимые вещества. Малеилированный нанолигнин – модификатор, полученный обработкой лигнина малеиновым ангидридом – при введении в КФС снижает эмиссию формальдегида за счёт реакции фенольных групп лигнина со свободным формальдегидом [14]. Одновременно улучшается взаимодействие с целлюлозными волокнами субстрата.

Наноцеллюлоза, модифицированная APTES, применённая в качестве поглотителя формальдегида в КФС-связующих для стружечных плит, обеспечила снижение эмиссии до уровня E1 при незначительном изменении вязкости клея [15]. Гиперразветвлённые уреидополимеры на основе глицерина оказались эффективными добавками: даже при введении 3 масс. % они повышают жёсткость плёнки на 16% и прочность на сдвиг на 17% [16].

Меламиноформальдегидные смолы: синтез и модификация

МЛФС по-прежнему являются незаменимым материалом для декоративных покрытий, пропиточных бумаг и огнезащитных составов. Детальный обзор Chen и соавт. (2025)

систематизирует достижения в синтезе, модификации и применении МЛФС-смол за последнее десятилетие [17]. Рассмотрены методы получения нано- и микроразмерных частиц МЛФС для применения в качестве биомаркеров, чернил для струйной печати, флуоресцентных меток и хроматографических сорбентов.

Особое место занимают работы по синтезу биосновных МЛФС с использованием экстрактивных веществ коры деревьев [18]: таниновые фрагменты частично замещают меламин, снижая стоимость смолы и улучшая её экологический профиль. Исследования по пропиточным МЛФС показали, что регулирование молярного соотношения М:Ф в диапазоне 1:2,5–1:4,5 при pH 8–9 и ступенчатом охлаждении позволяет контролировать степень метилолирования и достигать требуемой прозрачности отверждённых плёнок [19].

Для получения трещиностойких декоративных покрытий на основе МЛФС-пропиточных бумаг предложено использование блокированных изоцианатов в качестве термочувствительных сшивающих агентов [20]. При температуре прессования блокировка снимается и изоцианат реагирует с метилольными группами МЛФС, формируя гибридную уретан-триазиновую сеть с повышенной трещиностойкостью.

Карбамидомеламинаформальдегидные (КМФС) смолы

Совместная конденсация карбамида и меламина с формальдегидом позволяет объединить экономичность КФС с улучшенной водостойкостью МЛФС. Работы 2023 г. по низкоуровневым КМФС показали, что добавление меламина (5–15 масс. %) значительно повышает водостойкость изделий за счёт образования дополнительных триазиновых сшивок, при этом оптимальное соотношение меламин/карбамид составляет 1:5 [21].

Для производства фанеры, ДСП, картона и пропиточных составов наилучшие результаты достигаются при использовании КМФС, модифицированных метадисульфитом натрия [22]. Данный реагент выступает одновременно стабилизатором pH и поглотителем формальдегида, что позволяет выдерживать жёсткие требования класса E1 без ущерба для прочностных характеристик.

Другие аминокформальдегидные системы и сшивающие агенты

Мезопористые МЛФС нашли применение в гетерогенном катализе: они эффективно катализируют синтез циклических карбонатов из эпоксидов и газообразного CO₂ в мягких условиях [23]. Это расширяет сферу применения аминосмол далеко за пределы традиционного клеевого сектора.

Модифицированные аминокальдегидные смолы по-прежнему широко используются в качестве сшивающих агентов для порошковых лакокрасочных систем. Реакция с N-гетероароматическими соединениями (имидазол, пиразол) приводит к формированию агентов с контролируемой температурой стеклования, что критически важно для порошковых красок [24]. МХене/поли-МФ-композитные мембраны демонстрируют высокую эффективность при удалении тяжёлых металлов и органических загрязнителей из водных растворов [25], что открывает новое направление в экологических применениях аминосмол.

Заключение

Анализ научных публикаций 2019–2024 гг. подтверждает, что аминокформальдегидные смолы остаются активно развивающимся классом полимерных материалов. Ключевые тренды последних лет: (1) снижение эмиссии формальдегида с применением наноматериалов различной природы и биосовместимых поглотителей; (2) разработка «зелёных» МЛФС на основе природных экстрактивных веществ; (3) создание мезопористых и гибридных аминосмольных структур с каталитическими и сорбционными функциями; (4) применение КМФС в высокоэкологичных связующих для деревообработки. Расширение функциональных возможностей аминосмол через целенаправленную модификацию сохраняет высокий научный и практический потенциал данного направления исследований.

Список литературы

- [1]. Shur A.M. Высокмолекулярные соединения. – М.: Высшая школа, 1981.

- [2]. Kristak L., Antov P., Bekhta P. et al. Recent progress in ultra-low formaldehyde emitting adhesive systems and formaldehyde scavengers in wood-based panels: A review // Wood Material Science & Engineering. – 2023. – V. 18, № 2. – P. 763–782.
- [3]. Dorieh A., Mahmoodi N., Mamaghani M. et al. Comparison of the properties of urea-formaldehyde resins by the use of formalin or urea formaldehyde condensates // J. Adhesion Science and Technology. – 2022.
- [4]. Wibowo E.S., Causin V., Park B.D. Synchrotron x-ray diffraction studies on crystalline domains in urea-formaldehyde resins at low molar ratio // J. Korean Wood Sci. Technol. – 2022. – V. 50, № 5. — P. 353–364.
- [5]. Younesi-Kordkheili H. Reduction of formaldehyde emission from urea-formaldehyde resin by maleated nanolignin // Int. J. Adhesion and Adhesives. – 2024. – V. 132. – 103677.
- [6]. Li J., Zhang Y. Morphology and crystallinity of urea-formaldehyde resin adhesives with different molar ratios // J. Appl. Polym. Sci. – 2021.
- [7]. Glyoxal-urea-formaldehyde (GUF) resin with low formaldehyde emission via glyoxal copolymerization and urea post-addition // J. Appl. Polym. Sci. – 2025. DOI: 10.1002/app.56750.
- [8]. An G.C. Progress on Urea Formaldehyde Resin Adhesives Modified by Nanomaterials // Polymer Bulletin. – 2024. – V. 37, № 12. – P. 1740–1756.
- [9]. Xiao J., Guo D., Xia C. et al. Application of Nano-SiO₂ Reinforced Urea-Formaldehyde Resin and Molecular Dynamics Simulation Study // Materials. – 2022. – V. 15, № 24. – 8716.
- [10]. de Cademartori P.H.G. et al. Alumina nanoparticles as formaldehyde scavenger for urea-formaldehyde resin // Composites Part B. – 2019.
- [11]. Song J., Chen S., Yi X. et al. Preparation and Properties of the UF Resin/Reactive Halloysite Nanocomposites Adhesive // Polymers. – 2021. – V. 13, № 14. – 2224.
- [12]. Mechanical Properties, Thermal Stability, and Formaldehyde Emission Analysis of Nanocellulose-Reinforced UF Resin // PMC. – 2025. DOI: 10.1093/pmc/PMC12114687.
- [13]. Reduction of formaldehyde emission from urea-formaldehyde resin with a small quantity of graphene oxide // RSC Advances. – 2021. DOI: 10.1039/D1RA06717F.
- [14]. Younesi-Kordkheili H. Reduction of formaldehyde emission from UF resin by maleated nanolignin // Int. J. Adhesion and Adhesives. – 2024. – V. 132. – 103677.
- [15]. APTES-modified nanocellulose as formaldehyde scavenger for UF adhesive-bonded particleboard // Polymers. – 2022. – V. 14, № 22. – 5037.
- [16]. Yang H., Wang H., Du G. et al. Ureido Hyperbranched Polymer Modified Urea-Formaldehyde Resin // Materials. – 2023. – V. 16, № 11. – 4021.
- [17]. Chen et al. A review: synthesis, application and modification research progress of melamine-formaldehyde resin // Polymer International. – 2025. DOI: 10.1002/pi.70071.
- [18]. Synthesis and Characterization of Biobased Melamine Formaldehyde Resins from Bark Extractives // Industrial & Engineering Chemistry Research. – 2014. DOI: 10.1021/ie501282x.
- [19]. Synthesis and Properties of Melamine Modified Urea Formaldehyde Resin for Impregnation Under New Process // Int. J. Materials Science and Applications. – 2022. – V. 11, № 1. – P. 9–14.
- [20]. Feng Y. et al. Crack-resistant melamine/formaldehyde-impregnated paper-decorated panels using blocked isocyanates // Progress in Organic Coatings. – 2022. – V. 173. – 107211.
- [21]. Syntheses and properties of low-level melamine-modified urea-melamine-formaldehyde resins // J. Appl. Polym. Sci. – 2023.
- [22]. Patent USA, no. 6566459, 2003. Melamine-urea-formaldehyde resin modified with sodium metabisulfite.
- [23]. Mesoporous Melamine-Formaldehyde Resins as Efficient Heterogeneous Catalysts for CO₂ Cycloaddition // ACS Sustainable Chem. Eng. – 2021. DOI: 10.1021/acssuschemeng.0c03123.
- [24]. Patent USA, no. 7141308, 2006. Amino-aldehyde crosslinkers with N-heteroaromatic compounds.
- [25]. Tian-Qi Zhang et al. Exfoliated MXene/poly-melamine-formaldehyde composite membranes for removal of heavy metals // J. Hazardous Materials. – 2024. – V. 463. – 132866.

KALSIYLANGAN SODA CHANGI DISPER TARKIBINI KOMPLEKS BAHOLASH

A.S. Isomidinov, tayanch doktorant. D.R. Qodirov, tayanch doktorant. A.A. Abduqodirov

Fargʻona davlat texnika universiteti
webmail: azizjon.isomidinov@fstu.uz;
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Maqolada "Fargʻonaazot" AJ aspiratsiya tizimida hosil boʻladigan kalsiylangan soda changining dispers tarkibi kompleks yondashuv asosida tadqiq etildi. Tajribalarda elak tahlili va mikroskopik kuzatuvlar birgalikda qoʻllanilib, zarrachalarning asosiy massasi 5–20 mkm oraligʻida ekani,

ular burchakli va notekis shaklga egaligi aniqlandi. Hisoblashlar natijasida chang zarrachalarining integral o'rtacha ekvivalent diametri 11,84 mkm ekani ilmiy asoslandi.

Tahlillarga ko'ra, elak usuli 0,59 %, mikroskopiya esa 0,23 % farq bilan yuqori aniqlikni ko'rsatdi. Tadqiqot xulosasi shuni tasdiqlaydiki, gaz tozalash qurilmalarining samaradorligi nafaqat apparat konstruksiyasiga, balki changning disperslik darajasi, konsentratsiyasi va gaz oqimi dinamikasiga bevosita bog'liqdir. Ushbu natijalar chang tutish tizimlarini optimallashtirishda nazariy asos bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: kalsiylangan soda changi, aspiratsiya sexi, elak tahlili, mikroskopiya, ekvivalent diametr, disperslik tarkibi, gaz tozalash, samaradorlik.

Аннотация. В статье на основе комплексного подхода исследован дисперсный состав пыли кальцинированной соды, образующейся в аспирационной системе АО «Ферганаазот». В ходе экспериментов совместно применялись ситовой анализ и микроскопические наблюдения, в результате чего установлено, что основная масса частиц находится в диапазоне 5–20 мкм, а сами частицы имеют угловатую и неровную форму. По результатам расчётов научно обосновано, что интегральный средний эквивалентный диаметр частиц пыли составляет 11,84 мкм.

Согласно результатам анализа, ситовой метод показал отклонение 0,59 %, а микроскопический метод — 0,23 %, что подтверждает высокую точность проведённой оценки. Результаты исследования подтверждают, что эффективность газоочистных аппаратов зависит не только от конструкции оборудования, но и непосредственно от степени дисперсности пыли, её концентрации и динамики газового потока. Полученные данные могут служить теоретической основой для оптимизации систем пылеулавливания.

Ключевые слова: пыль кальцинированной соды, аспирационный цех, ситовой анализ, микроскопия, эквивалентный диаметр, дисперсный состав, газоочистка, эффективность.

Abstract. This article investigates the disperse composition of calcined soda dust generated in the aspiration system of JSC "Ferganaazot" using a comprehensive approach. In the experiments, sieve analysis and microscopic observations were applied jointly. The results showed that the main fraction of dust particles was within the range of 5–20 μm , and the particles had angular and irregular shapes. Based on the calculations, it was scientifically substantiated that the integrated average equivalent diameter of the dust particles was 11.84 μm .

According to the analysis, the sieve method showed a deviation of 0.59 %, while microscopy showed a deviation of 0.23 %, indicating the high accuracy of the assessment. The study confirms that the efficiency of gas-cleaning devices depends not only on the design of the apparatus, but also directly on the dust dispersion level, dust concentration, and gas flow dynamics. These results can serve as a theoretical basis for optimizing dust collection systems.

Keywords: calcined soda dust, aspiration section, sieve analysis, microscopy, equivalent diameter, disperse composition, gas cleaning, efficiency.

Kirish.

Kimyo sanoatida, xususan, "Farg'onaazot" AJ kabi yirik ishlab chiqarish majmualarida mayda dispers changlarni yuqori aniqlikda tutish mahsulot unumdorligi, ishchi hududning sanitar-gigienik holati va atmosferaga chiqarilayotgan tashlanmalarni kamaytirishning strategik omili hisoblanadi. Korxonaning aspiratsiya tizimlari materiallarni tashish, maydalash va saralash kabi jarayonlarda hosil bo'ladigan, konsentratsiyasi 1500–3000 mg/m³ gacha bo'lgan changli gaz oqimlarini lokal sorish hamda tozalash vazifasini bajaradi. Mazkur tizimlarning ekspluatatsion samaradorligini belgilashda faqat gaz dinamik parametrlari emas, balki zarrachalarning disperslik tarkibi va ekvivalent diametri hal qiluvchi mezon bo'lib xizmat qiladi.

Kalsiylangan soda changining fizik-kimyoviy tabiati shuni ko'rsatadiki, zarrachalarning 65–75% qismi mayda fraksiyalarga taalluqli bo'lib, ular gaz oqimida uzoq muddat muallaq holatda saqlanish xususiyatiga ega. Bunday disperslik sharoitida an'anaviy inersion qurilmalar (siklonlar)ning samaradorligi 40–60% gacha pasayib ketadi, bu esa o'z navbatida yangli filtrlar, skrubberlar yoki boshqa turdagi zamonaviy apparatlarga tushadigan yuklamani oshiradi hamda qurilmalarning ish samaradorligiga salbiy ta'sir o'tkazadi. Ayniqsa, diametri 10 mkm va undan kichik ($d_p \leq 10$ mkm) bo'lgan zarrachalar filtrlovchi matolarning g'ovaklarini tez tiqilishiga

(koltatsiyalanish¹) yoki xo‘l tozalash apparatlarida sedimentatsiya jarayonining sekinlashishiga olib keladi. Shu sababli, har bir texnologik bosqich uchun gaz tozalash qurilmasini tanlashda changning haqiqiy o‘lchamlar taqsimotini ($f(d_p)$) aniqlash zarurati yuzaga keladi.

Ushbu tadqiqotning asosiy maqsadi — elak tahlili (yirik fraksiyalar uchun) va optik mikroskopiya (mayda zarralar uchun) natijalarini integratsiya qilgan holda kalsiylangan soda changining kompleks dispers tarkibini baholashdan iborat. Ishda o‘rtacha ekvivalent diametrning 9–13 mkm diapazonidagi qiymatlarini ilmiy asoslash, ikki xil tahlil usuli orasidagi nisbiy xatoliklarni (elak usuli uchun 0,59% va mikroskopiya uchun 0,23%) solishtirish hamda olingan ma’lumotlar asosida chang tutish qurilmalarining ish rejimlarini optimallashtirish bo‘yicha ilmiy takliflar ishlab chiqish maqsad qilib olindi.

Tadqiqot ob’ekti sifatida kalsiylangan soda ishlab chiqarish texnologik uchastkasidagi aspiratsiya tizimi tanlab olindi. Ushbu tizimning asosiy vazifasi — chang bilan to‘yingan gaz oqimini mahalliy so‘rish nuqtalaridan markaziy chang tutish qurilmalariga havo yo‘llari orqali xavfsiz transportirovka qilishdir. 1-jadvalda Farg‘onaazot AJ aspiratsiya sexida kalsiylangan soda changi bo‘yicha texnologik muammolar tahlili keltirilgan.

1-jadval.

Farg‘onaazot AJ aspiratsiya sexida kalsiylangan soda changi bo‘yicha texnologik muammolar tahlili.

Texnologik zona	Chang hosil bo‘lish sababi	Kutilgan dispers xususiyat	Gaz tozalashga ta’siri
Materialni qabul qilish va uzatish	To‘kilish, mexanik urilish, lokal turbulentlik	Yirik va mayda fraksiyalar aralashmasi	Siklon oldi yuklamasi ortadi
Bunker va quvurlar tutashmasi	Havo so‘rilishi va qayta ko‘tarilish	5–20 mkm atrofidagi mayda zarrachalar	Filtr matosida tez chang qatlami hosil bo‘ladi
Saralash yoki qoplash qismi	Material sirtidan mayda zarrachalar ajralishi	9–13 mkm diapazoni ustun	Yuqori samarali filtr yoki xo‘l tozalash talab qilinadi
Chang tozalash qurilmasi oldi	Oqimning notekis taqsimlanishi	Polidispers mayda chang	Qarshilik va regeneratsiya rejimiga ta’sir qiladi

Jarayonning fundamental muammosi shundaki, materialning mexanik harakatlanishi, erkin to‘kilishi va texnologik tutashmalardan (quvur-bunker) o‘tishi davomida mayda dispers zarrachalarning jadal konsentratsiyasi (ajralib chiqishi) kuzatiladi. Ushbu zarrachalar gaz fazasida ikkilamchi tarqalib (redispersiya), tizimning muayyan uchastkalarida chang konsentratsiyasini keskin oshiradi va tozalash apparatlariga tushadigan aerodinamik yuklamani kuchaytiradi. Aspiratsiya sexining ishlash tavsifini tizimli tahlil qilishda quyidagi texnologik indikatorlar hal qiluvchi omil sifatida qabul qilindi:

1.Emissiya manbalarining tarqoqligi: Chang hosil bo‘lish nuqtalarining ko‘pligi va ularning o‘zaro ta’siri natijasida gaz oqimining noturg‘un taqsimlanishi;

2.Dinamik tarkib: Ish rejimlari va yuklama o‘zgarishiga qarab changli gaz tarkibining beqarorligi;

3.Yuqori disperslik darajasi: Mayda fraksiyalar ulushining yuqoriligi, bu esa zarrachalarning aerazol holatida uzoq vaqt qolishiga olib kelishi;

4.Morfologik murakkablik: Zarrachalar shaklining notekis va sirtining mikro-g‘adir-budirligi, bu bevosita aerodinamik qarshilik koeffitsientining ortishiga ta’sir etishi;

5.Sedimentatsiya xavfi: Gaz tezligi pasayganda quvurlar ichida chang cho‘kishi yoki tezlik ortganda cho‘kkan qatlamning ikkilamchi havoga ko‘tarilish ehtimoli.

¹ "colmatatio" — tўldiriш, тиқиш сўзидан келиб чиққани бўлиб, бу фильтрловчи тўсиклар (мат, тўр, ғовакли материаллар) ёки дондор катламларнинг тешиклари ва ғоваклари майда заррачалар билан тиқилиб қолиши жараёнидир

Yuqoridagi omillarning o'zaro ta'siri kalsiylangan soda changining xususiyatlarini an'anaviy bir tomonlama usullar bilan aniq baholash imkonini cheklaydi. Shu sababli, disperslik tarkibini baholashda elak tahlili (yirik fraksiyalar uchun) va optik mikroskopiya (mikro-o'lchamli zarralar uchun) usullarini integratsiyalashgan holda qo'llash, jarayonning haqiqiy manzarasini ifodalovchi kompleks baholashning eng maqbul va ilmiy asoslangan yo'li deb hisoblanadi.

Materiallar va usullar.

Tadqiqotda chang namunasi ikki bosqich fraksion massaviy ulushni aniqlash uchun elak tahlili va zarrachalarning haqiqiy shakli, o'lchami va ekvivalent diametrini baholash uchun mikroskopik tasvirlardan foydalanilgan holda baholandi. Usullarni birlashtirish changning faqat massaviy tarkibini emas balki mikromorfologik xususiyatlarini ham hisobga olish imkonini berdi.

1-BOSQICH: Elak tahlilida kalsiylangan soda changi namunasi zarrachalar o'lchami bo'yicha alohida fraksiyalarga ajratildi va har bir fraksiyaning massaviy ulushi umumiy namuna massasiga nisbatan hisoblandi. Tahlil GOST 6613–86 talablariga mos kvadrat yacheykali to'qima metall to'rli laboratoriya elaklari yordamida bajarildi. Amaliy tajribalarda RETSCH-DIN-ISO 3310/1 markali saralovchi elak qurilmasining laboratoriya modelida 5 daqiqa davomida 5 bosqichli saralashdan o'tkazildi. Har bir fraksiya massasi analitik tarozida o'lchanib, tortishdagi xatolik $\pm 0,01$ g, fraksiyalarni ajratish va qayta tortish natijalari bo'yicha umumiy nisbiy xatolik esa $\pm 4,7$ % dan oshmasligi qabul qilindi. Shu asosda elak tahlili orqali chang zarrachalarining yirik va mayda fraksiyalari nisbati aniqlandi hamda natijalar mikroskopik tahlil ma'lumotlari bilan solishtirish uchun asos sifatida qabul qilindi. 2-jadvalda o'tkazilgan elak analizi natijalari keltirilgan.

Fraksiya massaviy ulushi R_i quyidagi ifoda orqali aniqlanadi, %;

$$R_i = \left(\frac{m_i}{m_0} \right) \cdot 100\% \quad (1)$$

bunda m_i - ushbu fraksiyada qolgan chang massasi, g; m_0 - umumiy namuna massasi, g.

2-jadval.

Kalsiylangan soda changi bo'yicha elak tahlili natijalari

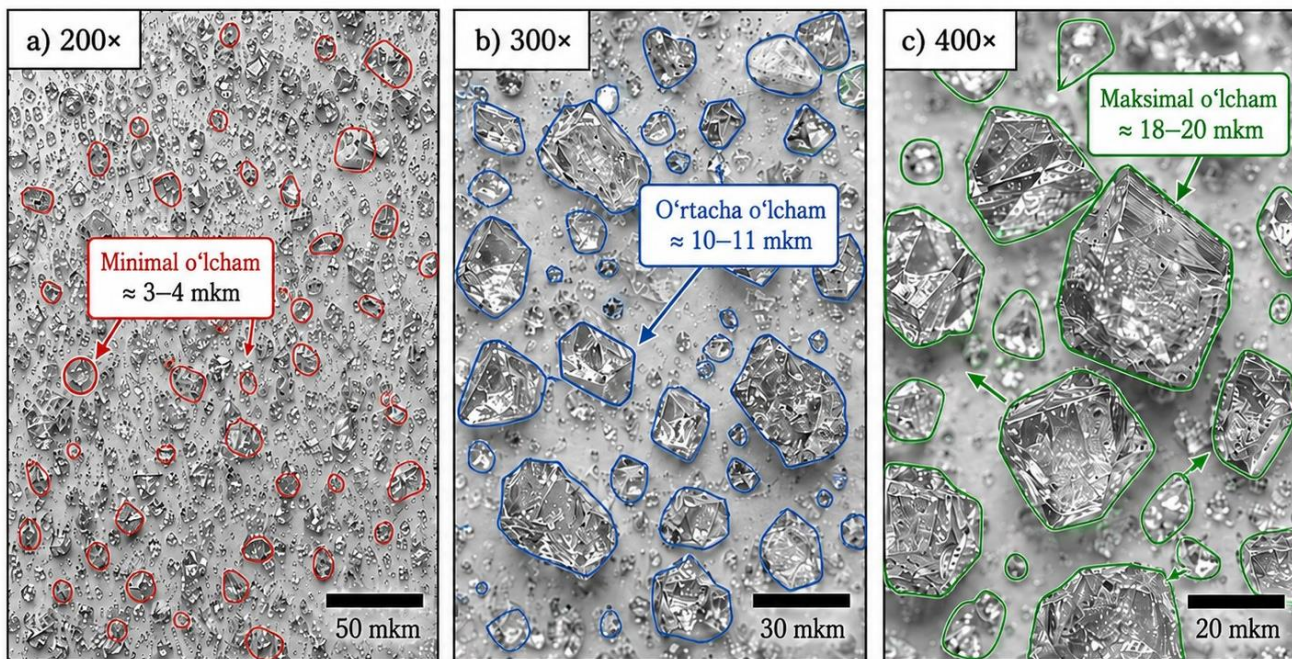
Fraksiya, mkm	Massaviy ulush, %	To'plangan ulush, %	Texnologik bahosi
<2	5.3	5.3	juda mayda fraksiya
2–5	17.6	20.4	mayda fraksiya
5–10	34.4	54.8	asosiy fraksiya
10–20	28.0	82.8	asosiy-o'rta fraksiya
20–40	12.5	95.3	yiriklashgan fraksiya
>40	4.8	100.1	kam ulushli yirik fraksiya

Biroq mayda dispers fraksiyalarda zarrachalarning aglomeratsiyalanishi, namlik va elektrostatik yopishish natijaga ta'sir qilishi mumkin. Shuning uchun elak tahlili natijasi mikroskopiya ma'lumotlari bilan tekshirildi.

2-BOSQICH: Mikroskopiya usulida kalsiylangan soda changi zarrachalarining shakli, yuza tuzilishi va o'lcham taqsimoti $200\times$, $300\times$ va $400\times$ kattalashtirish rejimlarida tahlil qilindi. Tadqiqotlar SM001-SYANS laboratoriya optik mikroskopi yordamida amalga oshirildi. Zarrachalar o'lchamini baholashda mikroskopik usul bo'yicha GOST 23402–78 standartiga amal qilindi.

Tasvirlarda har bir zarrachaning konturi, tashqi shakli, proeksiya maydoni va yuza holati ajratib olindi hamda proeksiya maydoniga teng doira diametri bo'yicha ekvivalent diametr baholandi. Mikroskopiyaning asosiy afzalligi shundaki, u elak tahlilida aniq ajratilmaydigan yoki mayda fraksiyalar tarkibida ko'rinmay qoladigan zarrachalarning shakli, agregatlanish holati va notekis sirt tuzilishini ko'rsatish imkonini beradi. Shu bilan birga, maydon tanlash, fokus masofasi, tasvir kontrasti, zarrachalarning bir-biriga yopishib qolishi va hisoblangan zarrachalar soni natijaning takrorlanuvchanligiga bevosita ta'sir qiladi. Shu sababli har bir kattalashtirish rejimida

bir nechta tasvir maydoni tanlanib, natijalar o'rtacha qiymat asosida qayta ishlandi. 2-rasmda kalsiylangan soda changining 200; 300 va 400 martrta kattalashtirilgan tasviri keltirilgan.



2-rasm. Kalsiylangan soda changi zarrachalarining mikroskopik ko'rinishi: 200×, 300× va 400× kattalashtirishda olingan tasvirlar.

O'lchov aniqligini ta'minlash uchun mikroskop shkalasi ob'ekt-mikrometr yordamida kalibrlandi. Zarracha diametrini tasvirdan aniqlashda piksel o'lchami, konturni ajratish va fokuslash xatoliklari hisobga olindi. Mikroskopik o'lchashlarda absolyut xatolik mayda zarrachalar uchun taxminan $\pm 0,5\text{--}1,0$ mkm, umumiy nisbiy xatolik esa $\pm 4,6$ % dan oshmasligi qabul qilindi. Shu asosda mikroskopiya usuli elak tahlili natijalarini to'ldiruvchi usul sifatida qo'llanildi, ya'ni elak tahlili fraksiyalarning massaviy ulushini, mikroskopiya esa zarrachalarning haqiqiy shakli va mayda dispers tarkibini baholashga xizmat qildi.

Zarrachaning ekvivalent diametri d_e uning proeksiya maydoniga teng aylana diametri sifatida quyidagi ko'rinishda hisoblandi, mkm;

$$d_e = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \quad (2)$$

bunda A - mikroskopik tasvirdagi zarracha proeksiya maydoni, mkm².

O'rtacha mikroskopik diametr zarrachalar soni bo'yicha o'rtacha qiymat sifatida qabul qilindi.

Kompleks baholash va xatolikni aniqlash.

Kompleks baholashda elak tahlilidan olingan massaviy taqsimot va mikroskopik tasvirlardan hisoblangan ekvivalent diametrlar o'zaro solishtirildi. Natijalarni bir shkalada baholash uchun kompleks o'rtacha qiymat nazorat qiymati sifatida qabul qilindi. Har bir usulning nisbiy xatoligi ε quyidagi ifoda bilan aniqlandi, %;

$$\varepsilon = \frac{|d_i - d_k|}{d_k} \cdot 100\% \quad (3)$$

bunda d_i — alohida usulda aniqlangan ekvivalent diametr, mkm; d_k — kompleks baholash bo'yicha qabul qilingan o'rtacha ekvivalent diametr, mkm.

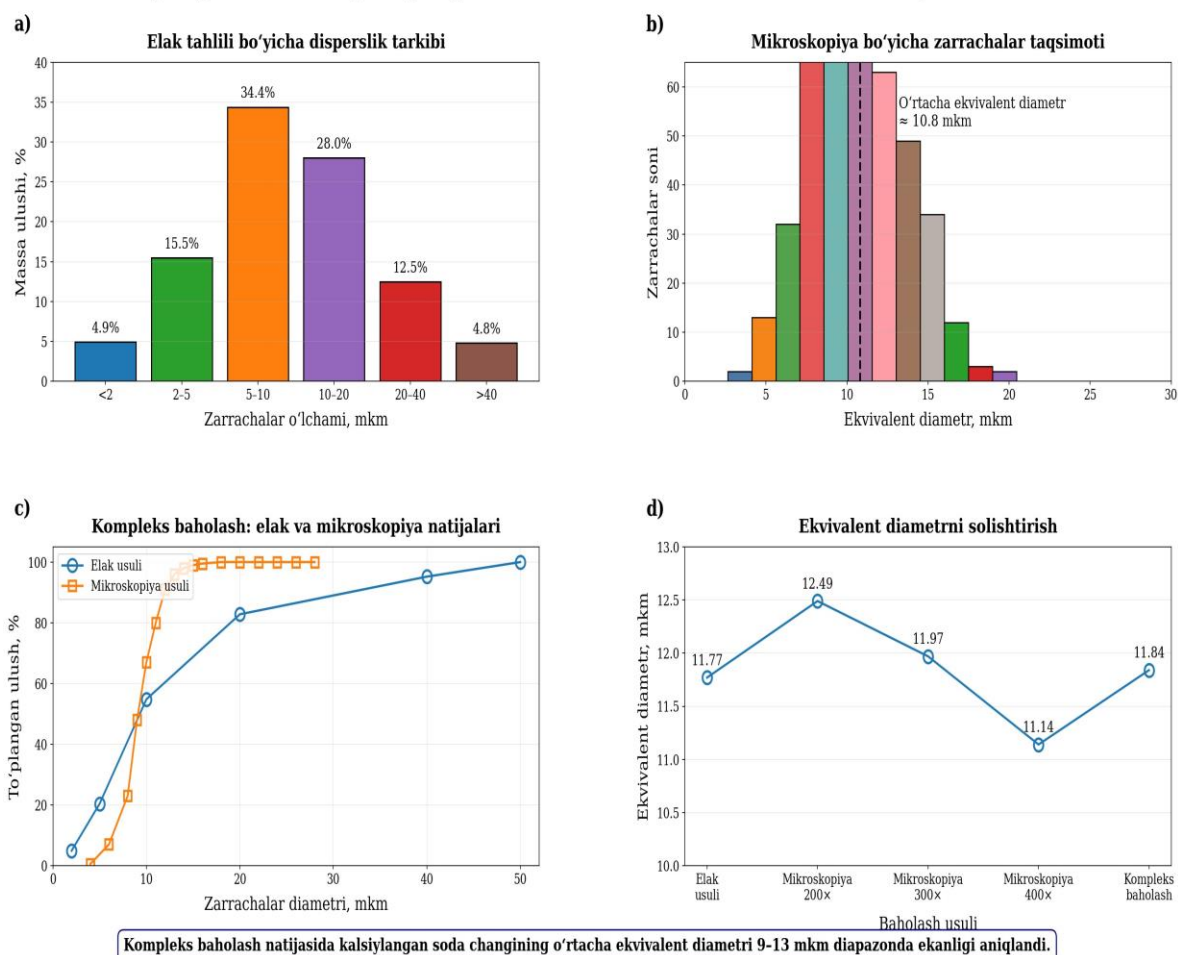
Natijalar.

Elak tahlili natijalariga ko'ra, chang massasining eng katta ulushi 5–10 mkm fraksiyaga to'g'ri keldi va 34,4 % ni tashkil qildi. 10–20 mkm fraksiya 28,0 % bo'lib, bu ikki fraksiya birgalikda umumiy chang massasining 62 % dan ortiq qismini tashkil etadi. <2 mkm va >40 mkm fraksiyalar ulushi nisbatan kam bo'lib, ular mos ravishda 4,9 % va 4,8 % atrofida qayd etildi.

Demak, kalsiylangan soda changi polidispers bo'lsa-da, uning asosiy texnologik xavfli qismi 5–20 mkm diapazonda joylashgan.

Mikroskopiya natijalari elak tahlilini to'ldirdi. 200× kattalashtirish umumiy maydonda mayda zarrachalar zichligini ko'rsatdi; 300× rejimda o'lchami 9–13 mkm atrofidagi asosiy zarrachalar aniqroq ajraldi; 400× rejimda esa zarracha qirralari, notekis sirt va mayda aglomeratlar ko'rindi. Shu sababli mikroskopiya natijalari chang tozalash mexanizmini tushuntirishda muhim: notekis shaklli zarrachalar filtr matosi sirtida turlicha cho'kadi, xo'l apparatlarda esa suyuqlik tomchilari bilan kontakt ehtimoli zarracha o'lchami va sirt xususiyatiga bog'liq bo'ladi.

Kalsiylangan soda changining disperslik tarkibi va ekvivalent diametrini kompleks baholash



2-rasm. Kalsiylangan soda changi disperslik tarkibi va ekvivalent diametrini kompleks baholash. a) elak tahlili; b) mikroskopiya taqsimoti; c) elak–mikroskopiya natijalari; d) ekvivalent diametrlarni solishtirish.

1-rasmdagi ma'lumotlar elak va mikroskopiya usullari bir-birini to'ldirishini ko'rsatadi. Elak tahlili zarrachalar massaviy ulushini fraksiyalar kesimida ko'rsatsa, mikroskopiya zarrachalar soni bo'yicha taqsimot va mayda dispers zarrachalar morfologiyasini aniqlash imkonini beradi. To'plangan ulush grafigida elak usuli bo'yicha 20 mkm gacha bo'lgan zarrachalar ulushi yuqori ekan, mikroskopiya esa taqsimotning 9–13 mkm atrofida jamlangani ko'rinadi.

2-rasmda keltirilgan mikroskopik tasvirlar chang zarrachalarining kristallsimon, qirrali va notekis yuzali ekanini ko'rsatadi. Bunday morfologiya gaz tozalash apparatlarida ikki tomonlama ta'sir qiladi: bir tomondan, notekis sirt filtrda chang qatlamini tez shakllantiradi; ikkinchi tomondan, mayda va yengil zarrachalar yuqori tezlikdagi gaz oqimi bilan filtr sirtiga yetib borguncha qayta tarqalishi mumkin. Shuning uchun ushbu chang uchun faqat yirik zarrachalarni ajratadigan mexanik apparat yetarli bo'lmay, mayda fraksiyani ushlashga moslashgan yuqori samarali filtrlash yoki xo'l tozalash bosqichi talab etiladi.

3-jadval.

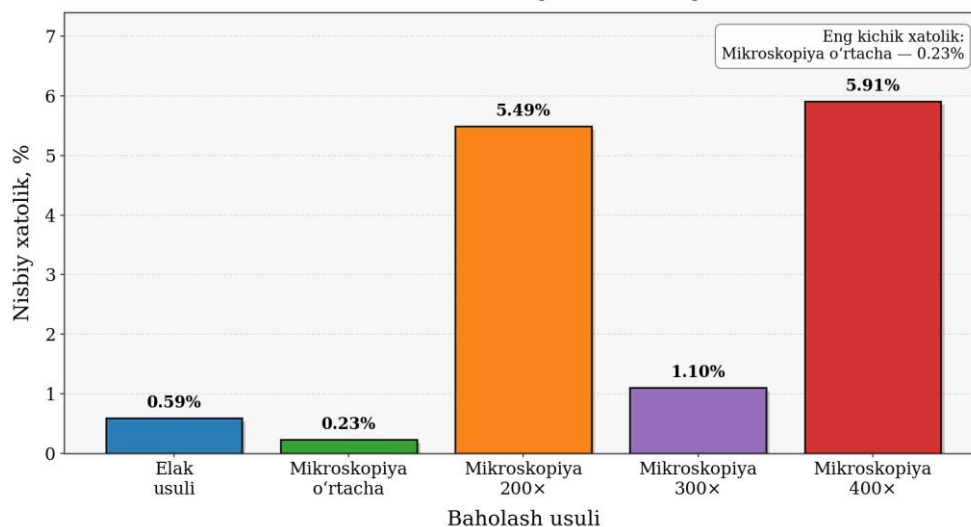
Elak va mikroskopiya usullarida aniqlangan ekvivalent diametrlar hamda nisbiy xatoliklar

Baholash usuli	Ekvivalent diametr, mkm	Kompleks qiymat, mkm	Nisbiy xatolik, %	Metodik izoh
Elak usuli	11.77	11.84	0.59	fraksiya massasiga asoslanadi
Mikroskopiya 200×	12.49	11.84	5.49	maydon keng, yirikroq zarrachalar ta'siri bor
Mikroskopiya 300×	11.97	11.84	1.10	asosiy diapazonni yaxshi ko'rsatadi
Mikroskopiya 400×	11.14	11.84	5.91	mayda zarrachalar va kontur ta'siri ortishi mumkin
Mikroskopiya o'rtacha	11.87	11.84	0.23	uch rejim natijasining o'rtachasi
Kompleks baholash	11.84	11.84	0.00	elak va mikroskopiya natijalarini birlashtirgan qiymat

Tahlil va muhokama.

Olingan natijalar aspiratsiya sexi uchun muhim amaliy xulosalar beradi. Birinchidan, kalsiylangan soda changida asosiy massaviy ulush 5–20 mkm oralig'ida jamlangan. Bu fraksiya siklonda qisman ushlanishi mumkin, ammo 10 mkm atrofida zarrachalarning bir qismi gaz oqimi bilan keyingi bosqichga o'tishi ehtimoli yuqori. Shuning uchun aspiratsiya tizimida siklondan keyin rukavli filtr, impulsli regeneratsiyaga ega filtr yoki zarracha-suyuqlik kontakt samarasi yuqori bo'lgan xo'l apparat qo'llanishi texnik jihatdan asoslanadi.

Baholash usullari bo'yicha nisbiy xatolik



3-rasm. Elak tahlili va mikroskopiya usullari bo'yicha nisbiy xatoliklarni solishtirish.

Ikkinchidan, elak tahlili va mikroskopiya natijalari o'rtasidagi farq juda katta emas. Elak usuli bo'yicha aniqlangan 11,77 mkm qiymat kompleks 11,84 mkm qiymatdan 0,59 % farq qildi. Mikroskopiyaning uch kattalashtirish bo'yicha o'rtacha qiymati 11,87 mkm bo'lib, kompleks qiymatdan 0,23 % farq qildi. Bu esa ikki usulning birgalikda qo'llanishi ishonchli natija berganini ko'rsatadi. Biroq alohida kattalashtirish rejimlaridagi xatolik 1,10–5,91 % atrofida bo'lishi mumkin. Bu holat mikroskopiya tasvir maydoni va zarrachalarni tanlash ta'siri mavjudligini tasdiqlaydi.

Uchinchidan, zarrachalarning qirrali va kristallsimon shakli gaz tozalash mexanizmini o'zgartiradi. Tekis sharsimon zarrachalar uchun inersion, gravitatsion yoki diffuzion mexanizmlar oddiy hisoblanishi mumkin, ammo kalsiylangan soda changida haqiqiy shakl notekis bo'lgani sababli ekvivalent diametr tushunchasini qo'llash zarur. Ekvivalent diametr gaz oqimida

zarrachaning harakati, filtr sirtida cho'kishi, suyuqlik tomchisi bilan tutashishi va apparatda umumiy qarshilik hosil qilish jarayonlarini umimlashtirib baholash imkonini beradi.

To'rtinchidan, ushbu natijalar chang tozalash qurilmasi samaradorligini aynan o'rganilgan texnologik jarayonga bog'lab baholash kerakligini ko'rsatadi. Bir xil nomdagi apparat boshqa chang turida yuqori samara berishi mumkin, lekin kalsiylangan soda changida zarrachalarning 9–13 mkm atrofida jamlanishi, aglomeratsiyaga moyilligi va gaz oqimida qayta tarqalishi filtr matosi turi, regeneratsiya davri, xo'l apparatda suyuqlik sarfi va gaz tezligi kabi parametrlarni qayta tanlashni talab qiladi.

Elak tahlili texnologik nazorat uchun qulay va tezkor usul bo'lib, partiyalar bo'yicha fraksion tarkibni kuzatishda samaralidir. Mikroskopiya esa ilmiy tahlil uchun zarur bo'lib, mayda zarrachalarning haqiqiy shakli va ekvivalent diametrini aniqlashda ustunlikka ega. Shu sababli aspiratsiya sexida amaliy nazorat elak tahlili bilan, ilmiy asoslangan loyihalash va apparat rejimlarini optimallashtirish esa mikroskopiya bilan to'ldirilgan holda olib borilishi maqsadga muvofiq.

Xulosa.

1. Farg'onaazot AJ aspiratsiya sexida kalsiylangan soda changi mayda dispers xususiyatga ega bo'lib, asosiy massaviy ulush 5–10 mkm va 10–20 mkm fraksiyalarida jamlanadi.

2. Elak tahlili natijalari bo'yicha 5–20 mkm diapazon umumiy chang massasining 62 % dan ortiq qismini tashkil qildi. Bu holat aspiratsiya tizimida mayda zarrachalarni ushlash uchun yuqori samarali filtrlash bosqichi zarurligini ko'rsatadi.

3. Mikroskopiya natijalari zarrachalarning kristallsimon, qirrali va notekis sirtli ekanini ko'rsatdi. Ushbu morfologiya filtr matosida chang qatlamining shakllanishiga, xo'l tozalashda tomchi-zarracha kontakt ehtimoliga va umumiy tozalash samaradorligiga ta'sir qiladi.

4. Kompleks baholash natijasida kalsiylangan soda changi uchun o'rtacha ekvivalent diametr 9–13 mkm diapazonida, integral hisob bo'yicha 11,84 mkm atrofida ekani aniqlandi.

5. Ikki usul xatoligi solishtirilganda elak usulining kompleks qiymatga nisbatan farqi 0,59 %, mikroskopiya usulining uch kattalashtirish bo'yicha o'rtacha farqi 0,23 % ni tashkil qildi. Demak, usullar bir-birini to'ldiruvchi va ishonchli natija beruvchi kompleks tizim sifatida qo'llanishi mumkin.

6. Yakuniy ilmiy xulosa sifatida ta'kidlash mumkinki, chang tozalash qurilmalarining tozalash samaradorligi faqat konstruktiv yechimga emas, balki aynan o'rganilayotgan jarayonda hosil bo'ladigan changning disperslik tarkibi, ekvivalent diametri, zarracha shakli, konsentratsiyasi, gaz tezligi va namlik sharoitiga bevosita bog'liq. Shuning uchun har bir texnologik uchastka uchun apparat tanlash va rejim belgilash alohida dispers tahlil natijalariga asoslanishi kerak.

Адабиётлар

- [1]. Isomidinov A.S., Madaliev A.N. Hydrodynamics and aerodynamics of rotor filter cleaner for cleaning dusty gases // LI International Correspondence Scientific and Practical Conference "International Scientific Review of the Problems and Prospects of Modern Science and Education". – 2018. – P. 29–32.
- [2]. Исомидинов А.С., Тожиев Р.Ж., Каримов И.Т. Хўл усулда чангли газларни тозаловчи роторли қурилма // Фарғона политехника институтининг илмий-техник журнали. – Фарғона, 2018. – № 1. – Б. 195–198.
- [3]. Isomiddinov A., Axrorov A., Karimov I., Tojiyev R. Application of rotor-filter dusty gas cleaner in industry and identifying its efficiency // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2019. – № 9–10. – P. 24–31. DOI: 10.29013/AJT-19-9.10-24-31.
- [4]. Исомидинов А.С. Исследование гидравлического сопротивления роторно-фильтрующего аппарата // Universum: технические науки. – 2019. – № 10-1 (67).
- [5]. Isomidinov A. Mathematical modeling of the optimal parameters of rotory filter apparatus for wet cleaning of dusty gases // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2019. – Vol. 6. – № 10. – P. 258–264.
- [6]. Исомидинов А.С. Чанг намуналарини танлаш ва уларнинг дисперс таркибини анализ қилиш // Global Science and Innovations 2019: Central Asia. V-Международная научно-практическая конференция. – Астана, 2019. – С. 264–268.
- [7]. Исомидинов А.С., Каримов И.Т., Тожиев Р.Ж. Чангли ҳавони тозаловчи ротор-фильтрли қурилма фильтрловчи тўрли материалнинг актив ва пассив юзаларини аниқлаш // Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных

- материалов, химической промышленности и в смежных отраслях. I-Международная научно-практическая конференция. – Фергана, 2019. – Б. 429–431.
- [8]. Ахгоров А.А., Isomiddinov A.S., Tojiyev R.J. Гидродинамика поверхностно-контактного элемента ротор-фильтрующего пылеуловителя // Universum: технические науки. – 2020. – № 8 (77).
- [9]. Isomidinov A.S., Karimov I.T., Tojiev R.J. Searching the losing of hydraulic pressure in rotor-filter gas cleaner apparatus // Scientific-technical journal. – 2021. – Vol. 3. – № 1. – P. 69–72.
- [10]. Ergashev N.A., Isomidinov A.S., Ummatov R.B. Intensification of dust gas cleaning process // American Journal of Technology and Applied Sciences. – 2022. – Vol. 7. – P. 67–71.
- [11]. Ergashev N.A., Isomidinov A.S., Siddikov R.U., Ummatov R.B., Madaliyev A.N. Liquid gases transmission medium tozalovchi inertial hydrodynamic scrubber // American Journal of Business Management, Economics and Banking. – 2022. – Vol. 7. – P. 1–7.
- [12]. Siddikov R.U., Ergashev N.A., Isomidinov A.S., Ummatov R.B., Madaliyev A.N. Research of resistances affecting the working fluid in a rotor-filter device // Innovative Technologica: Methodical Research Journal. – 2022. – Vol. 3. – № 11. – P. 8–15.
- [13]. Karimov I.T., Madaliyev A.N., Isomidinov A.S. Hydrodynamics of Rotary Apparatus of The Wet Method of Dust Cleaning // European Journal of Emerging Technology and Discoveries. – 2023. – Vol. 1. – № 2. – P. 24–30.
- [14]. Isomidinov A.S., Muidinov A. Determination of load range for gas and liquid phases in rotor-filter apparatus // Universum: технические науки. – 2025. – № 5 (134).
- [15]. Isomidinov A.S., Khoshimov A.O., Askarova G.M. Hydrodynamic Performance Analysis of a Rotary Dust Removal System // American Journal of Applied Science and Technology. – 2025. – Vol. 5. – № 10. – P. 240–245. DOI: 10.37547/ajast/Volume05Issue10-41.
- [16]. Isomidinov A.S., Xomidov X.R. Calculating the resistance coefficient of glass fiber and teflon filter fabric // Educational Yield Insights & Breakthroughs. – 2025.

IMPROVEMENT OF TECHNICAL AND TECHNOLOGICAL ELEMENTS OF DRIP IRRIGATION OF COTTON IN LIGHT GREY SOILS

A.V. Ashurov¹ A.J. Erkinov²

¹ Fergana State Technical University

² Karshi State Technical University

¹e-mail: ashurovabdulahad0401@gmail.com

²e-mail: azamaterkinov2494@gmail.com

(Received on April 6 th, 2026)

Annotatsiya: This article calculates the water-physical properties and bulk density of the light gray soil of the Fergana region. Soil bulk density was considered one of the main factors determining drip irrigation rates, water permeability, and plant growth and development. During the research, the bulk density of the soil was monitored in the experimental field at the beginning of the growing season and at the end of the growing season for each option. During the years of experience, the application of minimal tillage agrotechnology to the soil has been observed to have a positive effect on the agrophysical properties of the soil.

Key words: Drip irrigation technique, humidity, climate, soil melioration, water consumption, limited resource, fuel material, bulk density, mineral fertilizer, labor cost.

Аннотация: В данной статье рассчитаны водофизические свойства и плотность светлосерой почвы Ферганской области. Плотность почвы рассматривалась как один из основных факторов, определяющих нормы капельного орошения, водопроницаемость, а также рост и развитие растений. В ходе исследования плотность почвы контролировалась на экспериментальном поле в начале и в конце вегетационного периода для каждого варианта. За годы опыта было установлено, что применение агротехнологии минимальной обработки почвы оказывает положительное влияние на агрофизические свойства почвы.

Ключевые слова: капельное орошение, влажность, климат, мелиорация почвы, водопотребление, ограниченные ресурсы, топливный материал, плотность, минеральные удобрения, трудозатраты.

Annotatsiya: Ushbu maqolada Farg'ona viloyatining och kulrang tuprog'ining suv-fizik xususiyatlari va hajm zichligi hisoblab chiqilgan. Tuproqning hajm zichligi tomchilatib sug'orish tezligini, suv o'tkazuvchanligini, o'simliklarning o'sishi va rivojlanishini belgilovchi asosiy omillardan biri hisoblangan.

Tadqiqot davomida tuproqning hajm zichligi tajriba maydonida har bir variant uchun vegetatsiya davri boshida va vegetatsiya davri oxirida kuzatildi. Ko'p yillik tajriba davomida tuproqqa minimal ishlov berish agrotekhnologiyasini qo'llash tuproqning agrofizik xususiyatlariga ijobiy ta'sir ko'rsatishi kuzatildi.

Kalit so'zlar: *Tomchilatib sug'orish texnikasi, namlik, iqlim, tuproq melioratsiyasi, suv sarfi, cheklangan resurs, yoqilg'i materiali, hajm zichligi, mineral o'g'it, ishchi kuchi narxi.*

Introduction: Due to global climate change and land degradation, many countries are experiencing problems of desertification and land degradation by the second decade of the 21st century. As a result, the fact that out of the world's current land area of 13.4 billion hectares, about 2 billion hectares, or 14.9%, have become unsuitable, and only 1.5 billion hectares, or 11%, are suitable for agricultural production, shows how urgent the issue is. According to the UN, currently, about 6.0 million hectares of land worldwide are subject to desertification per year, and more than 40 percent of arable land is degraded due to errors and shortcomings in irrigation and land reclamation, which shows how urgent it is to increase the efficiency of water use[1].

The development of global agriculture is directly related, first of all, to the level of water resources, and the emergence of acute situations in the field of water use, the so-called "blue gold" on Earth, creates the need for rational use of water resources, improvement of the farming system that ensures a reduction in water use, and the introduction of modern water-saving technologies in the system. Because "the fact that the world's population will reach nine billion by 2040, and fresh water reserves will cover only 70 percent of humanity's needs," will make the issue even more complicated[2].

In addition, global climate change, chronic recurring droughts, and the need to maintain hydrological balance at the regional and global levels are creating. After all, according to experts' calculations, "climate change on our planet could increase water scarcity by 20 percent and worsen the lives of 2-5 billion people living in more than 45 countries around the world"[3].

LITERATURE ANALYSIS AND METHODOLOGY: Since the 1990s, work has begun on the localization of drip irrigation system elements. Scientific research on drip irrigation of agricultural crops was carried out mainly by the Institutes of Water Problems. According to V.A. Dukhovny, the establishment of experimental production sites for the introduction of drip irrigation systems in the 1980s and the results of the research conducted confirm that the amount of water used for irrigation of agricultural crops in conditions of extreme water scarcity has been saved by up to 50 percent[4].

M.G. Horst and R.K. Ikramov studied the basic principles of zoning the introduction of drip irrigation systems in irrigated areas, taking into account the soil and climatic conditions of Uzbekistan. The need to take into account soil, climatic, geomorphological, biological and water management conditions when implementing a drip irrigation system was emphasized, and necessary recommendations were given[5].

Studies conducted by Sh. Ibragimov, G.A. Bezborodov, and B.S. Kamilov confirm that drip irrigation is an environmentally safe method. In drip irrigation, most mineral fertilizers also have a negative impact on runoff and the chemical composition of groundwater. As a result of drip irrigation of agricultural crops, the efficiency of using mineral fertilizers increases, and as a result of irrigation, the fertile part of the soil is not washed away, which improves the water-physical properties of the soil[6].

DISCUSSION: Despite the use of new agrotechnical measures in cotton cultivation in our country, productivity is not increasing. There are many reasons for this, which need to be analyzed. In our opinion, the main reason is the decline in soil fertility. In recent years, this problem has been compounded by the problem of water scarcity. Soil and climatic conditions are not the same in different regions of our country.

Therefore, research needs to be conducted in different regions to create new varieties of cotton suitable for these regions and develop agrotechnology for their cultivation. During the observations, scientific research was conducted on medium loamy soils of mechanical composition in a scientific research project on the development of elements and procedures for drip irrigation technology in various soil-ameliorative conditions of the Fergana region. Before conducting field

experiments for agrochemical characterization of the soil, in March 2024 and after the completion of the studies, in the first ten days of November, the amount of humus, total nitrogen, total phosphorus and nitrate nitrogen, mobile phosphorus and exchangeable potassium (mg/kg) in the soil were studied based on agrochemical analyzes.

The bulk density of soil directly depends on factors such as its mechanical composition, tillage mechanism (soil cultivation, irrigation method and technique), and tillage depth.

Soil bulk density is determined primarily in field conditions, without affecting the natural structure of the soil, by taking soil samples from every 0-10 cm layer to a depth of 0-100 cm in a dry state, and calculating the bulk density using the following equation.

$$K = \frac{P_s \cdot 100}{(100 + W) \cdot V} \quad (1.1)$$

Here: K – soil density, g/cm³;

P_s – weight of the cylinder with dry soil, gr;

W – soil moisture, gr;

V – cylinder volume, cm³.

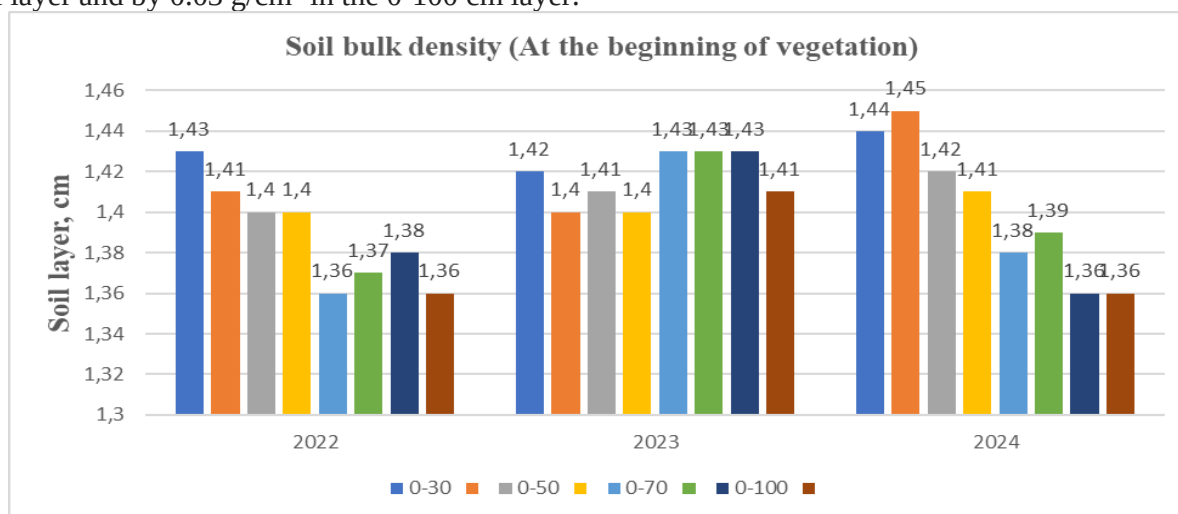
After determining the bulk density of the soil, its granularity, i.e. porosity, is determined. Volumetric weight is expressed as a percentage per unit. The total porosity (P) of a soil is determined by the following equation, depending on the bulk density (K).

$$P = \frac{100 - K \cdot 100}{2,7} \quad (1.2)$$

Here: 2,7 – specific gravity (coefficient) for gray soils.

Results: In 2022, the bulk density of the soil in the 1st experimental field was determined at the beginning of the growing season in the control options for irrigation (in spring) to depths of 0-30, 0-50, 0-70, and 0-100 cm. In this case, the bulk density of the soil was 1.43 g/cm³ in the 0-30 cm layer, an average of 1.40 g/cm³ in the 0-50 cm layer, 1.36 g/cm³ in the 0-70 cm layer, and 1.38 g/cm³ in the 0-100 cm layer, depending on the options. Also, in the drip irrigation experiment at the beginning of the growing season, the soil bulk density at depths of 0-30, 0-50, 0-70, and 0-100 cm in three replicates was 1.41 g/cm³ in the 0-30 cm layer, 1.40 g/cm³ in the 0-50 cm layer, 1.37 g/cm³ in the 0-70 cm layer, and 1.36 g/cm³ in the 0-100 cm layer (Figure 1).

At the end of the 2023 growing season (autumn), in experiment 1, when the soil bulk density was studied in the topsoil and subsoil layers of the control variants, the average was 1.48 g/cm³ in the 0-30 cm layer, 1.45 g/cm³ in the 0-50 cm layer, 1.39 g/cm³ in the 0-70 cm layer, and 1.38 g/cm³ in the 0-100 cm layer. In the experimental variants with drip irrigation of cotton, the bulk density of the soil was on average 1.47 g/cm³ in the 0-30 cm layer, 1.43 g/cm³ in the 0-50 cm layer, 1.41 g/cm³ in the 0-70 cm layer, and 1.38 g/cm³ in the 0-100 cm layer. As a result of the research conducted in Experiment 1, it was observed that in the variants where the soil was irrigated by a furrow, the soil density increased by 0.04 g/cm³ in the 0-70 cm soil layer and by 0.05 g/cm³ in the 0-100 cm layer by the end of the growing season, while in the variants where drip irrigation was used, it increased by 0.02 g/cm³ in the 0-70 cm soil layer and by 0.03 g/cm³ in the 0-100 cm layer.



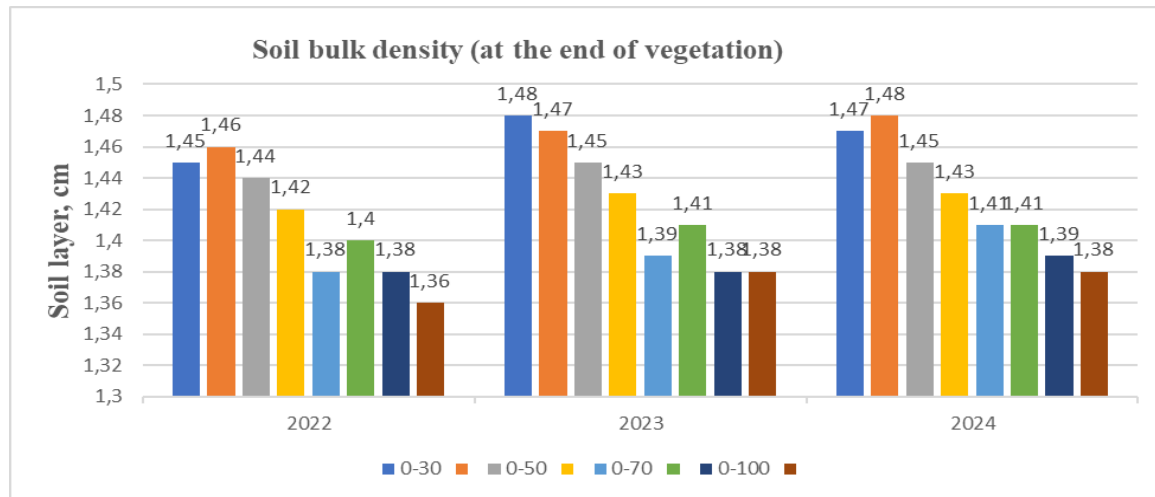


Figure 1. Volumetric mass of soil (24.05.2022, 18.05.2023, 24.05.2024).

In 2024, the bulk density of the soil in the 1st experimental field was determined at the beginning of the growing season in the control options for irrigation (in spring) to depths of 0-30, 0-50, 0-70, and 0-100 cm. In this case, the bulk density of the soil was 1.44 g/cm³ in the 0-30 cm layer, an average of 1.42 g/cm³ in the 0-50 cm layer, 1.38 g/cm³ in the 0-70 cm layer, and 1.36 g/cm³ in the 0-100 cm layer. Also, in the drip irrigation experiment at the beginning of the growing season, the soil bulk density at depths of 0-30, 0-50, 0-70, and 0-100 cm in three replicates was 1.45 g/cm³ in the 0-30 cm layer, 1.41 g/cm³ in the 0-50 cm layer, 1.39 g/cm³ in the 0-70 cm layer, and 1.36 g/cm³ in the 0-100 cm layer.

Table 1.

Elements of irrigation technology

Parameters	Irrigation method	Slopes	Distance between drip hoses, m		Soil moisture, cm	Water consumption in the drip hose, l/s		Distance between drippers in the drip hose, m	Uniform wetting factor in the drip hose, %
1	Irrigation	0,004 - 0,003	0,6	0,9	60-100-60	-	-	-	0,71
2	Drip irrigation							0,2	0,99
			0,6	0,9	40-60-40	1,6	2,2	0,3	0,97
								0,4	0,89
3	Drip irrigation		0,6	0,9	40-40-40	1,6	2,2	0,2	0,99
								0,3	0,96
								0,4	0,88
4	Drip irrigation		0,6	0,9	60-60-60	1,6	2,2	0,2	0,99
								0,3	0,96
								0,4	0,88

Table 1 presents the elements of the field drip irrigation equipment used in the field experiment. Irrigation rates are determined by the following formula:

$$m_n = 100 \cdot \gamma \cdot h \cdot A \cdot (\beta_1 - \beta_2) \text{ m}^3/\text{ha} \quad (1.3)$$

Here: h - approximate depth of the soil layer, m;

γ - soil bulk density, t/m³;

A - moisture zone, m²;

β₁ - small (moisture capacity) volume of moisture in a completely dry soil mass;

β₂ - is the actual moisture content before irrigation, which corresponds to the lower (lower) limit of optimal soil moisture.

$$m_1 = 100 \cdot 1,33 \cdot 0,5 \cdot 0,66(21,8_1 - 15,26_2) = 287,0 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$m_2 = 100 \cdot 1,33 \cdot 0,5 \cdot 0,66(21,8_1 - 15,26_2) = 287,0 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$m_3 = 100 \cdot 1,32 \cdot 0,7 \cdot 0,66(21,8_1 - 16,35_2) = 323,1 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$m_4 = 100 \cdot 1,32 \cdot 0,7 \cdot 0,66(21,8_1 - 16,35_2) = 323,1 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$m_5 = 100 \cdot 1,35 \cdot 0,7 \cdot 0,66(21,8_1 - 16,35_2) = 330,5 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$m_6 = 100 \cdot 1,33 \cdot 0,7 \cdot 0,66(21,8_1 - 16,35_2) = 325,6 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$m_7 = 100 \cdot 1,33 \cdot 0,5 \cdot 0,66(21,8_1 - 14,17_2) = 333,5 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$m_8 = 100 \cdot 1,34 \cdot 0,5 \cdot 0,66(21,8_1 - 14,17_2) = 313,9 \text{ m}^3/\text{ha}$$

$$m_8 = 100 \cdot 1,34 \cdot 0,5 \cdot 0,66(21,8_1 - 14,17_2) = 313,9 \text{ m}^3/\text{ha}$$

The area wetted by a drop is determined by the following formula:

$$A_1 = n \cdot \frac{A}{(a \cdot b)} = 1 \cdot \frac{0,3}{(0,2 \cdot 0,6)} = 0,66$$

Here: n - is the number of drippers for each plant;

A - a place wet from a single drop, m²;

a b - Planting depth, m²;

Duration of irrigation:

$$t = \frac{m}{E q n} = \frac{350000}{0,96 \cdot 1,6 \cdot 55666} = 4,5 \text{ hour/ha}$$

$$E = (0,96 \dots 0,98) ;$$

q – water consumption of the dripper, l/soat;

n – number of droppers per area.

$$A=S/(\Delta t_{min})=60/9=6.66$$

Here: S - is the irrigated area module, ha;

Δt_{min} - least watered period, day;

The watering time is determined by the following formula:

$$t^1_g = \frac{m_{\text{э.л}}}{Q_{\text{э.г}}} = \frac{300}{66,6} = 4,55 \text{ час}$$

$$t^2_g = \frac{m_{\text{э.л}}}{Q_{\text{э.г}}} = \frac{300}{66,6} = 4,55 \text{ час}$$

$$t^3_g = \frac{m_{\text{э.л}}}{Q_{\text{э.г}}} = \frac{350}{66,6} = 5,3 \text{ час}$$

$$t^4_g = \frac{m_{\text{э.л}}}{Q_{\text{э.г}}} = \frac{350}{66,6} = 5,3 \text{ час}$$

$$t^5_g = \frac{m_{\text{э.л}}}{Q_{\text{э.г}}} = \frac{350}{66,6} = 5,30 \text{ час}$$

$$t^6_g = \frac{m_{\text{э.л}}}{Q_{\text{э.г}}} = \frac{350}{66,6} = 5,30 \text{ час}$$

$$t^7_g = \frac{m_{\text{э.л}}}{Q_{\text{э.г}}} = \frac{350}{66,6} = 5,31 \text{ час}$$

$$t^8_g = \frac{m_{\text{э.л}}}{Q_{\text{э.г}}} = \frac{350}{66,6} = 5,31 \text{ час}$$

The value of the uniform wetting coefficient of the calculated layer with drip irrigation was determined using the following formula.

$$K^1_n = \frac{m_p}{m_{max}} = \frac{300}{350} = 0,85$$

$$K^2_n = \frac{m_p}{m_{max}} = \frac{300}{350} = 0.85$$

$$K^3_n = \frac{m_p}{m_{max}} = \frac{380}{380} = 1.0$$

$$K^4_n = \frac{m_p}{m_{max}} = \frac{380}{380} = 1.0$$

$$K^5_n = \frac{m_p}{m_{max}} = \frac{380}{380} = 1,0$$

$$K^6_n = \frac{m_p}{m_{max}} = \frac{380}{380} = 1,0$$

$$K^7_n = \frac{m_p}{m_{max}} = \frac{350}{380} = 0,96$$

$$K^8_n = \frac{m_p}{m_{max}} = \frac{350}{380} = 0,96$$

In the process of improving the technology of drip irrigation of cotton, it was found that the calculated layer has a uniform moisture coefficient of $K_n=0.96\%$, which proves that the water necessary for the growth and development of cotton is supplied in a standard mode without losing the expected water consumption.

Conclusion: The calculations are given for 10 hectares of each type of agricultural crop, since it is on this size of land that minimal economies of scale can be achieved and investments begin to pay off. The impact on the payback period of the costs incurred is calculated depending on the expansion of irrigated land. The calculations are valid for 2024 and may change over time. So, drip irrigation technology is applied to the plant and then covered with soil. The part of the tube with the emitter remains outside. The cost of investments in the installation of drip irrigation technology is calculated based on the relevant prices of the "GREEN BELT" manufacturing enterprise, established in collaboration with drip irrigation system manufacturers in the Fergana region. Installing drip irrigation technology on a 10-hectare cotton field is the most expensive - 97.6 million so'm, while installing it on the same cotton field costs 84.6 million so'm. The cheapest and most profitable is the TST for a 10-hectare garden - 51.2 million so'm.

The calculation of benefits is as follows (per 1 hectare of land):

- As a result of a significant reduction in irrigation and pump operation times, electricity consumption for all crops is significantly reduced. As a result, during the drip irrigation season, 1 hectare of cotton costs 500 thousand so'm, grain costs 320 thousand so'm, and wheat costs 360 thousand so'm. The cost of diesel fuel and agrotechnical measures is reduced, especially for cotton, since cotton cultivation involves a lot more agrotechnical measures than wheat cultivation and gardening. Drip irrigation allows saving 100 thousand so'm of diesel fuel and 85 thousand so'm of agrotechnical measures per hectare of cotton. As a result of the effective application (through the system) and absorption of mineral fertilizers by drip irrigation, the cost of fertilizers is reduced: 116 thousand so'm per hectare of cotton annually, 41 thousand so'm for grain. Labor costs for all crops under consideration will be reduced by 330 thousand so'm.

- The projected increase in productivity is quite variable, averaging 40 percent for all crops. The annual profit was determined based on the average yield of agricultural crops and the average prices set for them.

- Water savings for all crops are 11,420 m³ per hectare of cotton per year, 6,300 m³ for wheat, and 11,420 m³ per hectare of orchard. The savings calculated through tax incentives amount to 81,000 so'm per crop per year.

- Payback period is the ratio of investment to annual gross profit. According to calculations, investments in drip irrigation for cotton pay off in just over 3 years, and for wheat in 4 years.

Investing in a garden is considered the most profitable, and its payback period is less than 2 years. Thus, drip irrigation technology is not only a careful approach to natural capital (saving water, improving soil, saving energy and fuel, reducing harmful emissions into the air, etc.), but also, from an economic point of view, it is beneficial not only for the garden, but also for cotton and wheat in the medium term.

References

- [1]. https://www.researchgate.net/profile/Temirbay-Jiemuratov/publication/351093921_O'zbekiston_qishloq_va_suv_xo'jaligi/links/6085b0402fb9097c0c0cdbba/O'zbekiston-qishloq-va-suv-xo'jaligi.pdf
- [2]. Dobrov D. Борьба за водные ресурсы в мире обостряется. 03.05.2018. [URL:http://inosmi.ru/social/20180503/242127536.html](http://inosmi.ru/social/20180503/242127536.html)
- [3]. www.unesco.org/water/wwap
- [4]. V.A.Dуховны. Капельное орошение–перспективы и препятствия. Сборник научных трудов по капельному орошению.// Сборник научных трудов по капельному орошению. Toshkent, 1995 y. 3-12 b.
- [5]. M.G.Xorst., R.K.Ikramov. Основные принципы районирования орошаемых земель Узбекистана по применимости капельного орошения. Сборник научных трудов по капельному орошению. Toshkent, 1995 y. 13-24 b.
- [6]. Ibragimov Sh.I., Bezborodov G.A., Kamilov B.S. Ресурсосберегающая технология возделывания хлопчатника при капельном орошении// Хлопководство. Toshkent, 1994 y. № 1 (2). 16-18 b.
- [7]. Khamidov, M., Khamraev, K. Water-saving irrigation technologies for cotton in the conditions of global climate change and lack of water resources. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2020, 883(1), 012077.
- [8]. Khamidov, M., Muratov, A. Effectiveness of rainwater irrigation in agricultural crops in the context of water resources. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 2021, 1030(1), 012130.
- [9]. Goldhamer D.A. "Irrigation management". In: Ferguson L. (ed) University of California Pista-chio. Production Manual. 2009. pp.103-116
- [10]. Jeffrey T. Baker, Dennis C. Gitz, John E. Stout, Robert J. Lascano. "Cotton Water Use Efficiency under Two Different Deficit Irrigation Scheduling Methods" Agronomy, ISSN 2073-4395, 2015, 5. pp. 363-373.
- [11]. Mohan Reddy Junna and others. "Analysis of Cotton Water Productivity in Ferghana Valley of Central Asia". January 2012 · Agricultural Sciences 03(06) · January 2012.
- [12]. BORDOVSKY, J., LYLE, W., LASCANO, R. & UPCHURCH, D. 1992. Cotton irrigation management with LEPA systems. Transactions of the ASAE, 35, 879-884.
- [13]. EVANS, R. O., SNEED, R. E. & CASSEL, D. K. 1991. Irrigation scheduling to improve water-and energy-use efficiencies, NC Cooperative Extension Service.
- [14]. D. E., MOLNAR, T. J., EISENMAN, S. W., ORTON, T. J., FUNK, C. R. & PERCIVAL, J. 2008. Uzbek scientific research institute of cotton breeding and seed production: breeding and 579 germplasm resources. J. Cotton Sci, 12, 62-72.
- [15]. Mamatov, S., Xamraev, S., Qarshiev, R., Zaks, I. & Burxonjonov, S. 2021. Fundamentals of water-saving irrigation technologies, Tashkent.
- [16]. MICHAEL, B. 2020. Approaches to optimize Uzbekistan's investment in irrigation technologies. Экономическая политика, 15, 136-147.
- [17]. <https://www.google.com/search?q=Application+of+water+saving+methods> (Application of wa-ter saving methods in developed countries).
- [18]. <https://www.care2.com/greenliving/20-ways-to-serve-water-at-home.html> (water saving technologies).
- [19]. <http://agriculture.vic.gov.au/agriculture/farm-management/soil-and-water/irrigation/about-irrigation> (Cotton irrigation procedures used in developed countries).
- [20]. <http://www.fao.org/land-water/databases-and-software/aquacrop/en/> (2017).
- [21]. Agomoh, I.V., Drury, C.F., Phillips, L.A., Reynolds, W.D., Yang, X., 2020. Increasing crop diversity in wheat rotations increases yields but decreases soil health. Soil Sci. Soc. Am. J. 84, 170–181. <https://doi.org/10.1002/saj2.20000>.
- [22]. Alori, E.T., Osemwegie, O.O., Ibaba, A.L., Daramola, F.Y., Olaniyan, F.T., Lewu, F.B., Babalola, O.O., 2024. The importance of soil microorganisms in regulating soil health. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 55, 2636–2650. <https://doi.org/10.1080/00103624.2024.2>
- [23]. Erkinov, A., Urazkeldiyev, A., Improvement of the technical elements of cotton drip irrigation and studying the amount of moisture in the fieldInternational Scientific Journal SCIENCE AND INNOVATION Series D. <https://dspace.kstu.uz/xmlui/handle/123456789/1388>
- [24]. Erkinov A. improvement of crop condition and acceptable irrigation elements through drip irrigation technologies. – 2025.

PAXTANI QAYTA ISHLASH MASHINA VA MEXANIZMLARINING ISHCHI ORGANLARIDA QO‘LLASH UCHUN KOMPOZISION POLIMER QOPLAMALARINING SAMARALI TARKIBLARINI O‘RGANISH

Sh.O. Eminov*, D.N. Abdulkarimova

Farg‘ona davlat texnika universiteti
Tel: +998(90)8069298, E-mail: shezod.eminov@fstu.uz
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqolada polimer va to‘ldiruvchilarning turi va tabiyatiga bog‘liq ravishda polimer-paxta ishqalanuvchi juftligi tizimidagi elektrlashuv jarayonining eksperimental tadqiqoti natijalari, shuningdek paxtani qayta ishlash mashina va mexanizmlarning ekspluatasion omillari aks etgan. Polimer qoplamalarining elektrlashuvi kamayishi ularning antifriksion hosslarining yaxshilanishiga olib keladi. Ushbu natijalar paxta xomashyosi bilan o‘zaro ta’sirlashuv sharoitida ishlovchi polimer qoplamalarning antielektrostatik va antifriksion hosslarini yo‘naltirgan holda o‘zgartirish va nazorat qilish imkonini beradi.

Kalit so‘zlar. Paxta, polimer, qoplama, mashina va mexanizmlar, epoksidli oligomer, furano-epoksidli oligomer, furano-epoksidno-slansli oligomer, polietilenpoliamin, dibutilftalat, antifriksion va antielektrostatik xossalalar.

Аннотация. В данной научной статье представлены результаты экспериментальных исследований процесса электризации в системе фрикционной пары полимер-хлопок в зависимости от типа и природы полимера и наполнителей, а также эксплуатационных факторов хлопкоперерабатывающих машин и механизмов. Снижение электризации полимерных покрытий приводит к улучшению их антифрикционных свойств. Полученные результаты позволяют целенаправленно модифицировать и контролировать антиэлектростатические и антифрикционные свойства полимерных покрытий, работающих в условиях взаимодействия с хлопковым сырьем.

Ключевые слова. Хлопок, полимер, покрытие, машины и механизмы, эпоксидный олигомер, фурано-эпоксидный олигомер, фурано-эпокси-сланцевый олигомер, полиэтиленполиамин, дибутилфталат, антифрикционные и антиэлектростатические свойства.

Annotation. This scientific article presents the results of experimental studies of the electrification process in the polymer-cotton friction pair system, depending on the type and nature of the polymer and fillers, as well as the operational factors of cotton processing machines and mechanisms. Reducing the electrification of polymer coatings leads to an improvement in their antifriction properties. These results allow for the targeted modification and control of the antielectrostatic and antifriction properties of polymer coatings operating in conditions of interaction with cotton raw materials.

Keywords. Cotton, polymer, coating, machinery and mechanisms, epoxy oligomer, furano-epoxy oligomer, furano-epoxy-slate oligomer, polyethylenepolyamine, dibutyl phthalate, antifriction and antielectrostatic properties.

Kirish. Hozirgi kunda dunyo miqyosida antifriksion kompozision polimer materiallar va ular asosidagi qoplamalarni ishlab chiqish va qo‘llash orqali paxta xomashyosining birlamchi qayta ishlanishi jarayonida ishlatiluvchi mashina va mexanizmlarning ish qobiliyatini va samaradorligini oshirishga erishilmoqda. Bu borada paxtani qayta ishlash mashina va mexanizmlarining ishchi organlarida tribotexnik maqsadli kompozision polimer qoplamalarni ishlab chiqish va olish alohida ahamiyatga ega.

Jahonda konstruksion, antifriksion va antielektrostatik hossalari umrboqiylik, tanqis bo‘lmagan va arzon mashinasozlik materiallarini ishlab chiqish ustida ilmiy – tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Zamon talabiga ko‘ra paxtani qayta ishlash mashina va mexanizmlarini umrboqiyiligini oshirish uchun mahalliy xomashyo asosidagi tribotexnik maqsadli antielektrostatik xossaga ega kompozit polimer materiallar va ular asosidagi qoplamalar yaratishni taqazo etadi.

Respublikamizda paxta eng muhim xomashyo hisoblanadi. Shu boisda olimlar va konstruktorlar tomonidan paxta tolasi va chigitlarining tabiiy hossalari saqlab qolish hamda ularning sifatini oshirish borasida keng qamrovli ishlar olib borilmoqda. O‘zbekiston Respublikasini yanada rivojlantirish bo‘yicha Harakatlar strategiyasining to‘rtinchi ustuvor

yoʻnalishining toʻrtinchi punktida «ilmiy-tadqiqot va innovasion faoliyatni ragʻbatlantirish, innovasion yutuqlarni amaliyotga tadbiq qilishning samarali mexanizmlarini yaratish» boʻyicha muhim vazifalar koʻrsatilgan. Shu sababli, mashina va mexanizmlar uchun tribotexnik maqsadli antielektrostatik kompozision polimer materiallar va qoplamalarni ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot obʼyektlari sifatida epoksidli oligomer (ED-16), furano-epoksidli oligomer (FAED-20), furano-epoksidno-slansli oligomer (FAEIS-30), polietilenpoliamin (PEPA), dibutilftalatdan (DBF), temir kukuni, alyuminiy pudrasi, sajasi, mis oksidi, bronza pudrasi, temir oksidi, grafit, kaolin va talk tanlangan.

Olingan natijalar. Amalga oshirilgan nazariy va eksperimental tadqiqotlar tahlili shuni koʻrsatdiki, polimer qoplamalar bilan paxta xomashyosining oʻzaro taʼsirlashuvi jarayonlari murakkab tabiatga ega. Shu yoʻsinda kontaktlashuvchi tanalarning (polimer – paxta xomashyosi) oʻziga xosligi polimer qoplamalarning yuza qatlamiga taʼsir oʻtkazuvchi elektrlashuv jarayonlari bilan bogʻliq, shu sababdan ham bu ularning elektrofizik va fizik-mexanik hossalari taʼsir oʻtkazadi. Bundan tashqari koʻrsatilganidek, polimer qoplamalarining elektrlashuvi kamayishi ularning antifriksion hossalarning yaxshilanishiga olib keladi. Ushbu natijalar paxta xomashyosi bilan oʻzaro taʼsirlashuv sharoitida ishlovchi polimer qoplamalarning antielektrostatik va antifriksion hossalarini yoʻnaltirgan holda oʻzgartirish va nazorat qilish imkonini beradi.

ED-16, FAED-20 i FAEIS-30 kabi polimerlar antielektrostatik polimer materiallarning funksional maqsadi boʻyicha umumiy va maxsus talablariga, ekspluatatsiya, tanqis emaslik shartlariga juda mos keladi, shu sababli ham ushbu polimerlar kompozisiya asosi uchun tanlangan. Mazkur polimer materiallar eng yaxshi antifriksion hossalarga, yuqori issiqlikka chidamlilikka ega.

Polimer qoplamalar elektrlashuvini sifat jihatdan baholash uchun elektrlashuv kinetikasi tadqiqoti amalga oshirildi. Ushbu tadqiqotga koʻra polyar furano - epoksi-silansli i furano-epoksidli oligomerlar eng tez tarzda elektrlashadi (1-jadval).

1-jadval

Paxta xomashyosi bilan oʻzaro taʼsirlashuvining turlicha vaqti sharoitida polimer qoplamalar zaryadi yuza zichligining oʻzgarish kinetikasi (sigʻim bosimi $P = 0,05 \text{ MPa}$ va sirpanish tezligi $V = 6 \text{ m/s}$ sharoitida)

Nomlanishi	Zaryadning shakllanish tezligi, τ , ks	Zaryadning ketish tezligi, $q \cdot 10^6 \text{ Kl/m}^2$
FAEIS-30	0,04	75
	0,08	78
	0,12	79
	0,16	79
FAED-20	0,04	70
	0,08	75
	0,12	76
	0,16	76
ED-16	0,04	35
	0,08	42
	0,12	43
	0,16	43

1-jadvaldan koʻrinib turganidek polyar furano-epoksidli-silansli va furano-epoksidli-oligomer eng tez ravishta elektrlashadi.

Shu bilan birga, polimer qoplamalarning elektrlashuv darajasi zaryadlar shakllanishi va shuningdek zaryadlar ketishi tezligi bilan izohlanadi va polimer tabiyati bilan bogʻliq.

Paxta xomashyosi bilan polimer qoplamalarning friksion oʻzaro taʼsirlashuvi toʻxtaganidan soʻng, zaryadlar uzoq vaqt davomida qoplamalar yuzasida saqlanadi (2-jadval).

2-jadval

Paxta xomashyosi bilan friksion o'zaro ta'sirlashuvining muayyan vaqtga to'xtagandan keyingi sharoitda polimer qoplamalar zaryadi yuza zichligining o'zgarish kinetikasi (sirpanish tezligi $V = 6$ m/s va sig'im bosimi $P = 0,05$ MPa sharoitida)

Nomlanishi	Zaryadning shakllanish tezligi, τ , ks	Zaryadning ketish tezligi, $q \cdot 10^6$ Kl/m ²
FAEIS-30	1,2	69
	2,4	62
	3,6	49
	4,8	41
	6,0	38
FAED-20	1,2	64
	2,4	50
	3,6	42
	4,8	32
	6,0	29
ED-16	1,2	52
	2,4	45
	3,6	32
	4,8	22
	6,0	18

Polimer materiallarning elektrofizik, elektrostatik va antifriksion hossalari nazorat qilishning yo'llaridan biri bu ularning tarkibiga elektr o'tkazuvchi va yarim o'tkazuvchi organomineral to'ldiruvchilar qo'shishdir va bu polimer qoplamalarning fizik-mexanik hossalari, mikroqattiqlik, oynalashuv harorati va boshqalarni optimal ravishta nazorat qilish hisobiga ularning tribotexnik hossalari yaxshilash imkonini beradi.

Amalga oshirilgan eksperimental tadqiqotlar va natijalar tahlili asosida binar to'ldiruvchilarning materialning elektrofizik hossalari ta'sirini inobatga olgin holda antielektrostatik polimer materiallar va ular asosidagi tribotexnik maqsadli qoplamalar ishlab chiqildi, ularning tarkibi va hossalari 3-jadvalda keltirilgan.

3-jadval

Paxta xom ashyosi bilan o'zaro ta'sirlashuvda ishlovchi ishlab chiqilgan tribotexnik maqsadli antielektrostatik kompozit polimer qoplamalarning hossalari

Qoplama materiali	Zaryadning yuza zichligi, $\sigma \cdot 10^5$, Kl/m ²	Ishqalanish koeffitsiyenti, $f \cdot$	Sig'im yuza elektr qarshiligi, $P_s \cdot \Omega m$	Mikroqattiqlik, Nm, MPa
AEK-1	1,7÷17,8	0,56÷0,28	$1,9 \cdot 10^9$	214
AEK-2	1,7÷12,8	0,48÷0,26	$0,9 \cdot 10^9$	196
AEK-3	0,8÷7,0	0,40÷0,23	$0,3 \cdot 10^7$	188
AEK-4	3,0÷16,5	0,60÷0,26	$1,2 \cdot 10^{11}$	224
AEK-5	1,3÷4,0	0,58÷0,28	$6,8 \cdot 10^7$	232
AEK-6	4,5÷20,5	0,61÷0,34	$2,2 \cdot 10^{11}$	216
AFEK-1	8,0÷24,3	0,62÷0,31	$7,3 \cdot 10^9$	178
AFEK-2	3,0÷14,4	0,60÷0,30	$9,1 \cdot 10^8$	183
AFEK-3	1,0÷7,3	0,60÷0,29	$9,4 \cdot 10^7$	186
AFESK-1	6,0÷21,0	0,53÷0,29	$6,4 \cdot 10^8$	162
AFESK-2	1,3÷10,6	0,49÷0,24	$2,4 \cdot 10^8$	169
AFESK-3	0,6÷15,8	0,41÷0,22	$7,3 \cdot 10^7$	174

Izoh: A - antielektrostatik; E - epoksidli; FE - furano-epoksidli; FES-furano-epoksi-silansli; K - kompozisiya. Sinovlar $R = 0,05$ MPa va $V = 6$ m/s teng sharoitda amalga oshirildi. Ishlab chiqilgan tarkiblar dissertatsiya ishida keltirilgan.

3-jadvaldan ko‘rinib turibdiki, ishlab chiqilgan antielektrostatik tribotexnik maqsadli antielektrostatik kompozit polimer qoplamalar ishqalanish minimal koeffitsiyentiga elektrlashuv, yuqori yong‘in xavfsizligi, ish qobiliyati, paxta tolasining mexanik shikast yetishini, urug‘larning yanchilishini kamaytirishga va yuqori iqtisodiy samaradorlikka imkon beruvchi kabi paxta tolasini qayta ishlash sharoitida paxtani qayta ishlash mashina va mexanizmlar ekspluatatsiyasining asosiy talablariga mos keladi.

Tadqiqotlar orqali aniqlandiki, binar to‘ldiruvchilarni qo‘llash qoplamalarning fizik-mexanik hossalari sezilarli ravishda yaxshilaydi va ularning elektrlashuvining kamayishiga olib keladi. Bunda ko‘rinib turibdiki, yetarlicha past elektrizatsiya sharoitida kaolin-grafit va temir kukuni – kaolin kompozitsiyalari eng yaxshi antifriksion hossalarga ega, bu esa qoplamalarning yuqoriroq mikroqattiqligi bilan izohlanadi. Bir to‘ldiruvchili tizimlarga qaraganda binar to‘ldiruvchilarning samaraliroq ta‘sirini har bir to‘ldiruvchiga qaraganda polimerga juda o‘xshashligi bilan ham izohlash mumkin.

XULOSALAR. Paxta tozalash sanoati mashina va mexanizmlarining ishchi mexanizmlarini qoplash uchun samarali antielektrostatik kompozit polimer material va ular asosidagi tribotexnik maqsadli qoplamalar tarkibini ishlab chiqish imkonini mavjudligi ilmiy jihatdan asoslandi.

Kontaktlashuvchi jismlarning turi, tabiyati va hossalari, ekspluatatsion omillar, paxta xomashyosining sifat ko‘rsatkichlari, elektrostatik hossalari o‘zgarishi qonuniyatlari va «polimer-kompozit» tizimida elektr va elektrostatik sizish hosil bo‘lish mexanizmlari aniqlandi.

Kompozisiya tarkibiga organomineral to‘ldiruvchilar qo‘shish nafaqat elektrofizik xossalari yaxshilashi, balki ularning fizik mexanik xossalari oshirilishi ko‘rsatib berildi.

Adabiyotlar

- [1]. [Исследование физико-химических и технологических свойств Na-карбосиметилцеллюлозы и композиционной порошкообразной госсиполовой смолы от их концентрации](#). Д.Н. Абдукаримова, К.С. Негматова, Ш.О. Эминов - Universum: технические науки, 2020.
- [2]. Eminov S. O., Xokimov A. E. Composite polymer materials for use in working bodies of cotton processing machines and mechanisms //ISJ Theoretical & Applied Science. – 2021. – Т. 11. – №. 103. – С. 922-924.
- [3]. [Химическая активация минерализованной массы с помощью нитрата аммония и нитрата цинка](#). Ш.С. Намазов, Ш.Ш. Ташпулатов, С.С. Ортыкова, Ш.О.Эминов- Universum: технические науки, 2021.
- [4]. [Изучение физико-химических свойств наполнителей для производства композиционных химических препаратов](#). Д.Н. Абдукаримова, К.С. Негматова, Ш.О. Эминов - Universum: технические науки, 2021.
- [5]. [Исследование влияния электрофизической природы и концентрации наполнителей на процесс электризации композиционных полимерных покрытий при взаимодействии с хлопком-сырцом](#). Ш.О. Эминов, Д.Н. Абдукаримова - Universum: технические науки, 2020.

ISHLATILGAN SANOAT KATALIZATORLARI ASOSIDA MIKROO‘G‘ITLAR OLISHNING ILMIY-TEKNOLOGIK ASOSLARI VA ULARNING XALQ XO‘JALIGIDAGI AHAMIYATI

F.A. Ibragimov

Farg‘ona davlat texnika universiteti

Tel: +998(94)3917771, E-mail: farhodjonibragimov7771@gmail.com

[\(Qabul qilindi 06.04.2026 y.\)](#)

Annotatsiya. Mazkur maqolada mikroo‘g‘itlarning qishloq xo‘jaligidagi ahamiyati, o‘simliklar fiziologik rivojlanishidagi roli hamda ularni ishlab chiqarishda sanoat chiqindilaridan, xususan, ishlatilgan katalizator va adsorbentlardan ikkilamchi xomashyo sifatida foydalanish

imkoniyatlari tahlil qilindi. Mikroelementlar o'simlik organizmida juda kam miqdorda talab qilinsa-da, fermentlar, pigmentlar, oksidlanish-qaytarilish tizimlari va azot almashinuvi jarayonlarida muhim vazifani bajaradi. Ularning yetishmasligi fotosintez susayishi, xloroz, o'sishning sekinlashishi, hosildorlik va mahsulot sifatining pasayishiga olib keladi. Tadqiqotda ammiak ishlab chiqarish jarayonida qo'llaniladigan Ni, Zn, Cu, Co, Mo, Fe va Cr saqllovchi katalizatorlarning tarkibi tahlil qilinib, ularni gidrometallurgik qayta ishlash orqali o'simliklar o'zlashtira oladigan mikroelementli birikmalarga aylantirish imkoniyatlari ilmiy asoslandi.

Kalit so'zlar: mikroo'g'it, mikroelement, adsorbent, rux, mis, kobalt, molibden, nikel.

Аннотация. В данной статье проанализировано значение микроудобрений в сельском хозяйстве, их роль в физиологическом развитии растений, а также возможности использования промышленных отходов, в частности отработанных катализаторов и адсорбентов, в качестве вторичного сырья для их производства. Несмотря на то что микроэлементы требуются растениям в очень малых количествах, они выполняют важные функции в составе ферментов, пигментов, окислительно-восстановительных систем и процессах азотного обмена. Их недостаток приводит к ослаблению фотосинтеза, развитию хлороза, замедлению роста, снижению урожайности и ухудшению качества продукции. В исследовании проанализирован состав катализаторов, содержащих Ni, Zn, Cu, Co, Mo, Fe и Cr, применяемых в процессе производства аммиака, а также научно обоснована возможность их гидрометаллургической переработки с получением микроэлементных соединений, усваиваемых растениями.

Ключевые слова: микроудобрение, микроэлемент, адсорбент, цинк, медь, кобальт, молибден, никель.

Abstract. This article analyzes the importance of micronutrient fertilizers in agriculture, their role in the physiological development of plants, and the possibility of using industrial waste, particularly spent catalysts and adsorbents, as secondary raw materials for their production. Although micronutrients are required by plants in very small amounts, they perform important functions in enzymes, pigments, oxidation–reduction systems, and nitrogen metabolism processes. Their deficiency leads to weakened photosynthesis, chlorosis, slower plant growth, reduced yield, and deterioration in product quality. The study analyzes the composition of catalysts containing Ni, Zn, Cu, Co, Mo, Fe, and Cr used in ammonia production and scientifically substantiates the possibility of their hydrometallurgical processing to obtain micronutrient compounds that can be assimilated by plants.

Keywords: micronutrient fertilizer, microelement, adsorbent, zinc, copper, cobalt, molybdenum, nickel.

Qishloq xo'jaligi mahsulotlari hosildorligi va sifatini oshirishda o'simliklarning mineral oziqlanishini ilmiy asosda boshqarish muhim ahamiyatga ega. An'anaviy o'g'itlash tizimida azot, fosfor va kaliy asosiy oziqa elementlari sifatida qaraladi, lekin mikroelementlar ham o'simliklarning normal o'sishi, rivojlanishi va hosildorligi uchun zarur komponentlar hisoblanadi. Mikroelementlar juda kam miqdorda talab qilinadi, ammo ularning fiziologik ta'siri yuqori bo'lib, fermentativ reaksiyalar, fotosintez, oqsil sintezi, azot almashinuvi, hujayra devori shakllanishi hamda o'simliklarda uchraydigan stress omillariga chidamlilik jarayonlarida ishtirok etadi.

Ilmiy manbalarda o'simliklar uchun muhim mikroelementlar sifatida bor, mis, rux, temir, marganes, molibden, xlor va nikel ko'rsatiladi. Ular makroelementlarga nisbatan juda oz miqdorda talab qilinsa-da, yetishmovchilik holatida hosildorlikning pasayishi, barglarda xloroz belgilari, ildiz tizimi rivojlanishining susayishi va mahsulot sifatining yomonlashishi kuzatiladi. Dunyo qishloq xo'jaligi tuproqlarida mikroelement yetishmovchiligi keng tarqalgan bo'lib, ayrim baholashlarda muhim qishloq xo'jaligi tuproqlarining 49 % gacha qismi rux, 31 % qismi bor, 15 % qismi molibden va 14 % qismi mis tanqisligiga ega ekani qayd etilgan.

Микроо'g'itlardan foydalanishning dolzarbligi faqat hosildorlikni oshirish bilan cheklanmaydi. Ular o'simliklarning oziqa elementlarini o'zlashtirish samaradorligini oshiradi, makroo'g'itlarning ta'sirini kuchaytiradi va ayrim hollarda mahsulotning biologik qiymatini yaxshilaydi. Xalqaro o'g'it sanoati manbalarida mikroo'g'itlar muvozanatli o'g'itlash tizimining muhim qismi sifatida qaraladi, shuningdek, sanoat qo'shimcha mahsulotlari va chiqindilaridan mikroelement manbai sifatida foydalanish masalasi alohida yo'nalish sifatida ko'rsatiladi.

O'zbekiston sharoitida qishloq xo'jaligini mahalliy, arzon va samarali o'g'itlar bilan ta'minlash muhim strategik vazifalardan biridir. Shu nuqtayi nazardan, kimyo sanoati korxonalarida hosil bo'ladigan mikroelement saqlovchi texnogen chiqindilarni qayta ishlash istiqbolli yo'nalish hisoblanadi. Ammiak ishlab chiqarish jarayonida turli bosqichlarda nikel, rux, mis, temir, xrom, molibden va kobalt saqlovchi katalizatorlar hamda adsorbentlar ishlatiladi. Ularning xizmat muddati tugagach, ko'pincha regeneratsiya qilish iqtisodiy jihatdan qimmat yoki texnologik jihatdan murakkab bo'ladi. Shuning uchun bunday materiallarni mikroo'g'it ishlab chiqarish uchun ikkilamchi xomashyo sifatida qayta ishlash ekologik va iqtisodiy jihatdan muhimdir.

Mazkur tadqiqotning maqsadi — ammiak ishlab chiqarish jarayonida ishlatilgan katalizatorlar tarkibidagi mikroelementlarni tahlil qilish, ularni o'simliklar o'zlashtira oladigan shaklga o'tkazish imkoniyatlarini ilmiy asoslash va mikroo'g'itlar ishlab chiqarish uchun texnologik yondashuvni shakllantirishdan iborat.

Tadqiqot nazariy-tahliliy yo'nalishda olib borildi. Asosiy material sifatida ammiak ishlab chiqarish jarayonida qo'llaniladigan katalizator va adsorbentlarning tarkibi haqidagi ma'lumotlar tahlil qilindi. Ammiak ishlab chiqarish jarayonida organik birikmalarni gidrogenlash katalizatori, gazlarni oltingugurt birikmalaridan tozalashda ishlatiladigan rux absorberlari, metan konversiyasi katalizatorlari, uglerod oksidi konversiyasi katalizatorlari, metanatsiya katalizatori va ammiak sintezi katalizatorlaridan foydalaniladi. Ushbu materiallarning ko'pchiligi ZnO, CuO, NiO, CoO, MoO₃, Fe₂O₃, Cr₂O₃, Al₂O₃, CaO va K₂O kabi oksidlarni o'z ichiga oladi.

Tadqiqotda quyidagi metodologik yondashuvlar qo'llanildi: birinchidan, katalizatorlarning kimyoviy tarkibi mikroo'g'itlar uchun foydali elementlar nuqtayi nazaridan guruhlandi; ikkinchidan, ularning xizmat muddati va chiqindi sifatida hosil bo'lish hajmi baholandi; uchinchidan, mikroelementlarni o'simliklar o'zlashtira oladigan shaklga o'tkazish uchun gidrometallurgik qayta ishlash imkoniyatlari tahlil qilindi.

Gidrometallurgik qayta ishlashning umumiy mohiyati shundan iboratki, ishlatilgan katalizatorlar dastlab maydalanadi, so'ng mineral yoki organik kislotalar yordamida eritmaga o'tkaziladi. Eritmaga o'tgan metall ionlari keyinchalik sulfat, nitrat, xelat yoki kompleks birikmalar shaklida mikroo'g'it sifatida tayyorlanishi mumkin. Bunda asosiy texnologik parametrlar sifatida kislota turi, eritma konsentratsiyasi, harorat, qattiq:suyuqlik nisbati, zarracha o'lchami, eritish davomiyligi va pH muhiti nazorat qilinadi.

Ilmiy adabiyotlarda ishlatilgan katalizatorlarni qayta ishlashda gidrometallurgik va pirometallurgik usullar qo'llanishi, ayniqsa CuO–ZnO–Al₂O₃ katalizatorlaridan mis va ruxni ajratib olish imkoniyati ko'rsatilgan. Masalan, CuO–ZnO–Al₂O₃ katalizatorlari vodorod va ammiak sintez-gazi ishlab chiqarishdagi past haroratli CO konversiyasi jarayonida ishlatiladi; ularni gidrometallurgik qayta ishlashda misning eritmaga o'tish darajasi 98 % gacha, ruxniki esa ishqoriy eritmada 61,9 % gacha bo'lishi qayd etilgan.

Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, ammiak ishlab chiqarish jarayonida ishlatiladigan katalizator va adsorbentlar mikroo'g'itlar uchun muhim bo'lgan bir qator elementlarning ikkilamchi manbai bo'lishi mumkin. Ayniqsa, rux, mis, kobalt, molibden, nikel va temir saqlovchi katalizatorlar mikroelementli preparatlar ishlab chiqarish uchun katta qiziqish uyg'otadi.

1-jadval.

Ammiak ishlab chiqarish jarayonida ishlatilgan katalizator va adsorbentlarning mikroo'g'it olish uchun texnologik bahosi

№	Katalizator yoki adsorbent turi	Asosiy faol komponentlar	Xizmat muddati	Jarayon paytida yo'qotishlarni hisobga olgan holda hajm, m ³	Mikroelement manbai sifatidagi bahosi
1	Aluminokobalt-molibden katalizatori	CoO, MoO ₃ , Al ₂ O ₃	2 yil	23,75 (shu jumladan 1,55 yo'qotish)	Co va Mo manbai
2	Oltinugurt birikmalaridan gazlarni tozalash uchun rux absorber	ZnO	1,4 yil	65,28 (shu jumladan 4,28 yo'qotish)	Zn manbai
3	Birinchi bosqich metan konversiyasi nikel katalizatori	NiO	3 yil	23.0 (shu jumladan 3 yo'qotish)	Ni manbai, lekin cheklangan
4	Ikkinchi bosqich metan konversiyasi alyuminoxrom katalizatori	Al ₂ O ₃ , CaO, Cr ₂ O ₃	4 yil	6.0 (shu jumladan 0.4 yo'qotish)	Agronomik qiymati past, ekologik xavfi yuqori
5	Gazsimon uglevodorodlarni konversiya qilish uchun nikel katalizatori	NiO, SO ₃	3–4 yil	30,4 (shu jumladan 2 yo'qotish)	Ni manbai
6	CO ning o'rtacha haroratli konversiyasi temir-xrom katalizatori	Fe ₂ O ₃ , Cr ₂ O ₃	5 yil	137,4 (shu jumladan 9 yo'qotish)	Fe manbai, ammo Cr sababli xavfli
7	CO ning past haroratli konversiyasi mis-rux-alyuminiy katalizatori	CuO, ZnO, Al ₂ O ₃	3 yil	78 (shu jumladan 5 yo'qotish)	Cu va Zn manbai
8	Katalitik zaharlarni yutuvchi vosita	ZnO, CuO, Al ₂ O ₃ , Na ₂ O	3 yil	12,85 (shu jumladan 0,85 yo'qotish)	Zn va Cu manbai
9	Metanatsiya katalizatori	NiO, MoO, CaO	5 yil	42,5 (shu jumladan 1,795 yo'qotish)	Mo manbai, Ni bo'yicha cheklov bor
10	Ammiak sintezi katalizatori	Fe, K ₂ O, Al ₂ O ₃ , CaO, SiO ₂	5 yil	37,695 (shu jumladan 1,795 yo'qotish)	Fe va K manbai

Jadvaldan ko'rinadiki, barcha katalizatorlarni bir xil darajada mikroo'g'it xomashyosi sifatida baholash noto'g'ri bo'ladi. Eng istiqbolli xomashyolar — rux absorberlari, Cu–Zn–Al katalizatorlari, Co–Mo saqllovchi katalizatorlar va ayrim hollarda Mo saqllovchi metanatsiya katalizatorlari hisoblanadi. Aksincha, xrom saqllovchi katalizatorlar ekologik jihatdan xavfli bo'lishi mumkin, chunki Cr birikmalari oksidlanish darajasiga qarab toksiklik namoyon qilishi ehtimoli bor.

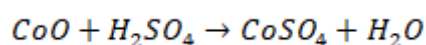
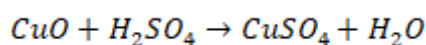
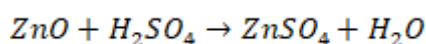
Микроelementlarning o'simliklar fiziologiyasidagi roli

№	Mikroelement	O'simlikdagi asosiy vazifasi	Yetishmovchilik oqibati	Ehtiyotkorlik jihati
1	Zn	Fermentlar faolligi, auksin almashinuvi, oqsil sintezi	Barg maydalanishi, o'sish susayishi, hosil pasayishi	Ortiqcha miqdori toksik bo'lishi mumkin
2	Cu	Oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari, lignin hosil bo'lishi	Barg uchlarining qurishi, reproduktiv rivojlanish susayishi	Og'ir metal sifatida qat'iy me'yor talab qiladi
3	Mo	Nitrat reduktaza va azot almashinuvi	Azot o'zlashtirilishi yomonlashadi	Juda kam miqdorda talab qilinadi
4	Co	Ayrim mikrobiologik jarayonlar, dukkaklilar simbiozi	Azot fiksatsiyasi susayishi mumkin	Dozani oshirish xavfli
5	Fe	Xlorofill sintezi va elektron tashish jarayonlari	Xloroz	Tuproq pH ga kuchli bog'liq
6	Mn	Fotosintez, fermentlar faolligi	Barglarda dog'lanish, o'sish sekinlashishi	Kislotali tuproqlarda ortiqcha eruvchanlik xavfi
7	Ni	Ureaza fermenti tarkibi	Azot almashinuvi buzilishi mumkin	Me'yordan ortiq bo'lsa toksik

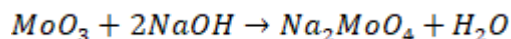
Ushbu tahlil mikroo'g'itlar ishlab chiqarishda “qancha ko'p mikroelement bo'lsa, shuncha yaxshi” degan yondashuv ilmiy jihatdan noto'g'ri ekanini ko'rsatadi. Mikroelementlar kichik dozalarda foydali, lekin yuqori konsentratsiyada toksik ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shuning uchun ishlatilgan katalizatorlardan olingan eritmalarni bevosita tuproqqa qo'llash emas, balki kimyoviy tozalash, konsentratsiyani me'yorlash va agronomik sinovlardan o'tkazish zarur.

Kimyoviy qayta ishlash jarayoni dastlab katalizator va adsorbentlarni saralashdan boshlanadi. Bu bosqichda xomashyo tarkibidagi foydali komponentlar — ZnO, CuO, CoO, MoO₃ va Fe₂O₃ miqdori aniqlanadi. Shu bilan birga, Cr₂O₃, ortiqcha NiO yoki boshqa toksik aralashmalar mavjudligi ham nazorat qilinadi. Chunki mikroelementlar oz miqdorda foydali bo'lsa-da, me'yordan ortiq bo'lganda tuproq va o'simlik uchun toksik ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Keyingi bosqichda ishlatilgan katalizatorlar maydalanadi va fraksiyalanadi. Maydalash jarayoni katalizator zarrachalarining solishtirma sirt yuzasini oshiradi. Natijada ularning kislota bilan reaksiyaga kirishish tezligi ortadi. Bu bosqich kimyoviy parchalanish samaradorligini oshirish uchun muhim hisoblanadi. Asosiy kimyoviy bosqich katalizator tarkibidagi metall oksidlarini eruvchan tuzlarga aylantirishdan iborat. Bunda noorganik kislotalar, asosan sulfat yoki nitrat kislota ishlatilishi mumkin. Masalan, rux va mis oksidlari sulfat kislota bilan reaksiyaga kirishib, suvda eruvchan sulfatlar hosil qiladi:



Bu reaksiyalarning mohiyati shundan iboratki, suvda kam eriydigan metall oksidlari o'simliklar nisbatan oson o'zlashtira oladigan eruvchan tuzlar shakliga o'tadi. Molibden saqlovchi katalizatorlarda esa ishqoriy muhitda molibdatlar hosil qilish maqsadga muvofiq bo'lishi mumkin:



Eritishdan so'ng hosil bo'lgan suspenziya filtrlash orqali ajratiladi. Filtrat tarkibida mikroelementlarning eruvchan shakllari, qattiq qoldiqda esa Al_2O_3 , SiO_2 , Cr_2O_3 kabi kam eriydigan yoki cheklanishi zarur bo'lgan komponentlar qoladi. Aynan shu bosqich mahsulotning ekologik xavfsizligini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega.

Keyingi bosqichda filtratning pH qiymati me'yorlashtiriladi va metall ionlari konsentratsiyasi agronomik talablar asosida tartibga solinadi. Mikroelementlar juda kichik miqdorda zarur bo'lgani sababli ularning dozasi aniq belgilanishi kerak. Zarur hollarda eritmadagi Zn^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} yoki MoO_4^{2-} ionlari kompleks yoki xelat shakliga o'tkaziladi. Masalan, EDTA, limon kislotasi yoki aminokislotalar bilan kompleks hosil qilish mikroelementlarning tuproq eritmasida barqarorligini oshiradi va o'simlik tomonidan o'zlashtirilishini yaxshilaydi.

Bu texnologik ketma-ketlik ishlatilgan katalizatorlarni oddiy chiqindi sifatida emas, balki qayta ishlanishi mumkin bo'lgan texnogen xomashyo sifatida baholash imkonini beradi.

Olingan natijalar ishlatilgan katalizator va adsorbentlar mikroelementli o'g'itlar ishlab chiqarishda istiqbolli ikkilamchi xomashyo bo'lishi mumkinligini ko'rsatadi. Biroq bu yo'nalishda ikki muhim masalani bir-biridan ajratish zarur: birinchisi — katalizator tarkibida foydali mikroelementlarning mavjudligi; ikkinchisi — ularni ekologik xavfsiz va o'simliklar o'zlashtira oladigan shaklga aylantirish imkoniyati.

Gidrometallurgik qayta ishlash mikroelementlarni eritmaga o'tkazish uchun nisbatan qulay usul hisoblanadi. Ilmiy adabiyotlarda ishlatilgan $\text{CuO-ZnO-Al}_2\text{O}_3$ katalizatorlarini qayta ishlashda selektiv ishqoriy va kislotali eritish orqali rux hamda misni ajratib olish mumkinligi ko'rsatilgan. Bu yondashuv mikroo'g'it ishlab chiqarishda ham qo'llanishi mumkin, ammo yakuniy mahsulot faqat kimyoviy tahlil va dala sinovlaridan keyin tavsiya etilishi kerak.

Ammiak ishlab chiqarish jarayonida ishlatiladigan katalizatorlar va adsorbentlar tarkibida rux, mis, kobalt, molibden, nikel, temir kabi mikroelementlar mavjud bo'lib, ular mikroo'g'itlar ishlab chiqarish uchun istiqbolli ikkilamchi xomashyo sifatida baholanishi mumkin. Ayniqsa, rux absorberlari, Cu-Zn-Al tarkibli past haroratli CO konversiyasi katalizatorlari va Co-Mo saqlovchi katalizatorlar mikroelementli preparatlar olishda muhim ahamiyatga ega.

Umuman olganda, ishlatilgan sanoat katalizatorlari asosida mikroo'g'itlar ishlab chiqarish chiqindisiz texnologiya, resurs tejamkorlik va qishloq xo'jaligi samaradorligini oshirish nuqtayi nazaridan ilmiy-amaliy ahamiyatga ega istiqbolli yo'nalish hisoblanadi.

Adabiyotlar

- [1]. Kattayev N. Kimyoviy texnologiya. — Toshkent: YANGIYUL POLIGRAPH SERVICE, 2008. — 200 b.
- [2]. Pozin M.E. Mineral o'g'itlar texnologiyasi. — Moskva: Ximiya, 1989. — 352 b.
- [3]. G'ofurov Q., Shamshidinov I. Mineral o'g'itlar va tuzlar texnologiyasi. — Namangan, 2012. — 87 b.
- [4]. Bell R.W., Dell B. Micronutrients for Sustainable Food, Feed, Fibre and Bioenergy Production. International Fertilizer Industry Association, 2008.
- [5]. Graham R.D. et al. Micronutrient deficiencies in crops and their global significance. In: Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production. Springer, 2008.
- [6]. Małeckı S., Gargul K. Low-Waste Recycling of Spent $\text{CuO-ZnO-Al}_2\text{O}_3$ Catalysts. Metals. 2018, 8(3), 177.
- [7]. Singh B., Garg V.K., et al. Treatment of spent catalyst from the nitrogenous fertilizer industry — a review of regeneration, recovery and disposal methods. Journal of Hazardous Materials. 2009.

UDC.31.35

UDC.31.352

UDC.31.358

ОРГАНИК YOQILG'ILARDA ISHLOVCHI STANSIYALARNI YASHIL ENERGETIKADA ATROF MUHIT MUXOFAZASI TAHLILI

Sh.Y. Samatova, Q.A. Xolto'rayev

Qarshi davlat texnika universiteti

[\(Qabul qilindi 06.04.2026 y.\)](#)

Annotatsiya. Ushbu maqolada organik yoqilg'ilarni yoqish orqali elektr va issiqlik energiyasi ishlab chiqaradigan issiqlik elektr stansiyalari, kombinatsiyalangan issiqlik va elektr markazlarining sezilarli salbiy ta'siri ko'rib chiqiladi. Bu stansiyalar o'zlarining chiqindi gazlari bilan birga atmosferaga juda ko'p miqdorda qattiq va gazsimon ifloslantiruvchi moddalarni, jumladan, kul, uglerod oksidi, oltingugurt, azot kabi zararli moddalarni chiqaradi. Bundan tashqari, atmosferaga sezilarli miqdorda karbonat angidrid va suv bug'lari chiqariladi. Atmosferaga zararli chiqindilarni kamaytirish, birinchi navbatda, yondirilgan yoqilg'i miqdorini kamaytirish va sifatini yaxshilash orqali erishish mumkin. Bu sohadagi global e'tibor elektr stansiyalarining samaradorligini har tomonlama oshirish va shunga mos ravishda yoqilg'ining solishtirma sarfini kamaytirishdir. Bu jarayonni jadallashtirish uchun nafaqat asbob-uskunalarini doimiy ravishda takomillashtirish, balki mamlakat energetika tizimlaridagi ulushi yildan-yilga ortib borayotgan eskirgan uskunalarini demontaj qilish va rekonstruksiya qilishni ham jadallashtirish zarur. Foydalanilayotgan yoqilg'i sifatini oshirish ham muhim ekologik chora hisoblanadi. Havo sifati nuqtai nazaridan, kamroq kiruvchi aralashmalarni, birinchi navbatda, kul, oltingugurt va azotni o'z ichiga olgan yoqilg'ilardan foydalanishmaqsadga muvofiq bo'ladi. Shuning uchun havoning haddan tashqari ifloslanishiga yo'l qo'ymaslik uchun iloji boricha kam kulli va oltingugurtli yoqilg'idan foydalanish kerakligi aaytilgan. Tabiiy gaz eng toza organik yoqilg'i hisoblanadi. Uning yonishi zararli moddalarni va oltingugurt, azot o'simliklar oksidlari chiqindilarini chiqarmaydi.

Kalit so'zlar: Gaz sanoati, vodorod sulfidi, komponentlarning uchuvchanligi, atrof-muhit ob'ektlari, elektr energiyasi ishlab chiqarish, issiqlik elektr stansiyasi, qayta ishlash, vodorod sulfidli gazlar, zaharlilik, uchuvchi komponentlar, organik yoqilg'i, ifloslantiruvchi moddalar, qazib olinadigan yoqilg'i.

Аннотация. В этой статье рассматривается тепловые электростанции и теплоэлектроцентрали, вырабатывающие электрическую и тепловую энергию на базе сжигания органических видов топлива, оказывают значительное отрицательное воздействие на окружающую среду. С дымовыми газами электростанций в воздушный бассейн выбрасывается большое число твердых и газообразных загрязнителей, среди которых такие вредные вещества как зола, оксиды углерода, серы и азота. Помимо этого в воздушный бассейн попадает огромное количество диоксида углерода и водяных паров. Снижение объема вредных выбросов в атмосферу в первую очередь может быть обеспечено за счет сокращения количества и улучшения качества сжигаемого топлива.

Глобальным направлением в этой области является всемерное повышение коэффициента полезного действия (КПД) электростанций и соответствующего снижения удельных расходов топлива. Для усиления этого процесса необходимо не только все более совершенствовать оборудование, но и интенсифицировать демонтаж и реконструкцию устаревшего оборудования, доля которого в энергосистемах страны с каждым годом увеличивается. Важным природоохранным мероприятием является и повышение качества используемого топлива. С позиций охраны воздушного бассейна преимущества имеют те виды топлива, которые содержат меньше нежелательных примесей, в первую очередь золы, серы и азота. Поэтому во избежание излишнего загрязнения воздушного бассейна преимущество по возможности должно отдаваться малозольным и малосернистым топливам. Наиболее чистым органическим топливом является природный газ. При его сжигании не выделяются твердые частицы и практически отсутствуют выбросы сернистых соединений.

Ключевые слова: Газовой промышленности, сероводород, летучесть компонентов, экологических объектов, производство электроэнергии, тепловой электростанция, переработка, сероводородсодержащие газы, токсичность, летучие компоненты, органической топлива, загрязняющих веществ, ископаемые горючие.

Abstract: This article examines the significant environmental impacts of thermal power plants and combined heat and power plants that generate electricity and heat by burning fossil fuels. Power plant flue gases emit a large number of solid and gaseous pollutants into the atmosphere, including harmful substances such as ash, carbon oxides, sulfur, and nitrogen oxides. In addition, significant amounts of carbon dioxide and water vapor are released into the atmosphere. Reducing harmful emissions into the atmosphere can primarily be achieved by reducing the quantity and improving the quality of fuel burned.

A global focus in this area is the comprehensive improvement of power plant efficiency and a corresponding reduction in specific fuel consumption. To accelerate this process, it is necessary not only to continually improve equipment but also to intensify the dismantling and reconstruction of obsolete equipment, the share of which in the country's power systems is increasing every year. Improving the quality of fuel used is also an important environmental measure. From an air quality perspective, fuels that contain fewer undesirable impurities, primarily ash, sulfur, and nitrogen, are preferable. Therefore, to avoid excessive air pollution, preference should be given to low-ash and low-sulfur fuels whenever possible. Natural gas is the cleanest organic fuel. Its combustion does not emit particulate matter and produces virtually no sulfur emissions.

Key words: Gas industry, hydrogen sulfide, volatility of components, environmental objects, electricity production, thermal power plant, processing, hydrogen sulfide-containing gases, toxicity, volatile components, organic fuels, pollutants, fossil fuels,

Kirish. Issiqlik elektr stansiyalarining yoqilg'i-energetika kompleksi (YEK) korxonalari atrof-muhitga salbiy ta'sir ko'rsatadigan asosiy manbalardan biridir. Dunyo energetika tizimida tarmoqlari orasida organik yoqilg'ida ishlovchi energetika sektori atrof-muhitga eng katta ta'sir ko'rsatadi. Issiqlik elektr stansiyalari energetika sohasida atrof-muhitni ifloslantiruvchi asosiy manba hisoblanadi. Issiqlik elektr stantsiya (IES)larining atrof-muhitga ta'sirini ikki jihatdan ko'rib chiqish mumkin: ma'lum bir vaqtda Yer yuzasining ma'lum bir maydoni uchun (mahalliy ta'sir) yoki sanoat rivojlanishining ortib borayotgan sur'atlarini hisobga olgan holda biosferaga umumiy ta'siri (global ta'sir)dir [1].

Atrof-muhitga minimal salbiy ta'sir ko'rsatadigan issiqlik elektr stansiyalari katta qiziqish uyg'otadi. Agar issiqlik elektr stantsiyasining ishlashi paytida uning atrof-muhitga minimal salbiy ta'siri biosferaning iqtisodiy imkoniyatlari (uning o'zini o'zi tozalash qobiliyatini hisobga olgan holda) doirasida bo'lsa, unda Yerdagi hayotning ko'payishi uchun tabiiy asosni buzmaydigan bunday issiqlik elektr stantsiyasini ekologik toza deb tasniflash mumkin. Bunday elektr stantsiyasi zararli gazsimon, suyuq, qattiq va issiqlik chiqindilarining shakllanishiga olib kelmaydigan texnologik jarayonlarni maksimal darajada amalga oshiradi; chiqindi suv yopiq davrlarda qayta-qayta ishlatiladi; qattiq maishiy chiqindilar sotiladigan shaklda yoki tegishli tarmoqlar uchun xom ashyo sifatida olinadi [3]. Egzoz gazlari va foydalanilmagan oqava suvlar keng qamrovli tozalashdan o'tadi. Qolgan cheklangan miqdordagi qattiq chiqindilar uzoq muddatli saqlash uchun xavfsiz tarzda saqlanadi. Bunday elektr stantsiyani kam chiqindi deb hisoblash mumkin.

G'arbiy Yevropa, Amerika va Yaponiyaning sanoati rivojlangan mamlakatlarida kam chiqindili elektr stansiyalarini qurish dasturlari amalga oshirilmoqda. Masalan, Germaniyada bu issiqlik elektr stansiyalari "ekologik toza issiqlik elektr stansiyalari" (Umweltfreundliche Waimekraftwerke) deb ataladi. Bu issiqlik elektr stansiyalari qatoriga mamlakatimizda "Ekologik toza energiya" davlat ilmiy-texnika dasturiga muvofiq ishlab chiqilgan ekologik toza issiqlik elektr stansiyalari kiradi [2,4].

Ilmiy munozara. Keling, birinchi navbatda issiqlik elektr stansiyalarining atrof-muhitga mahalliy ta'siri bilan bog'liq masalalarni ko'rib chiqaylik, ular baland tutunlarni hisobga olgan holda, diametri 20-50 km bo'lgan maydon uchun taxmin qilinadi. Issiqlik elektr stansiyalarida organik yoqilg'ining yonishi boshqa yonish mahsulotlari bilan birga zararli birikmalar - oltingugurt va azot oksidi va kulni hosil qiladi. Bular elektr stantsiyasi tutunlari orqali atmosferaga chiqariladi.

Qozon pechida yoqilg'ining to'liq yonmasligi natijasida odamlar uchun juda zararli bo'lgan uglerod oksidi va kanserogen moddalar hosil bo'ladi [4]. Biroq, issiqlik elektr stansiyalarida yoqilg'ini yoqishning zamonaviy texnologiyasidan foydalangan holda, to'liq bo'lmagan yonish mahsulotlarini chiqarishni yo'q qilish yoki minimallashtirish mumkin. Issiqlik elektr stansiyalarida suvni tozalash va ulardan foydalanish zararli moddalarni o'z ichiga olgan oqava suvlarni hosil qiladi. Bu chiqindilar hayvonot dunyosiga, suv havzalariga va suv yo'llariga salbiy ta'sir ko'rsatadi [4].

Ilmiy tadqiqot ishining maqsadi. Issiqlik elektr stansiyalarining barcha chiqindilari va chiqindilari tirik tabiatning butun majmuasiga - biosferaga zararli ta'sir ko'rsatadi. Atmosferaga zararli moddalarning chiqarilishini tahlil qilib, biz o'simliklar atmosfera havosidagi SO₂ ta'siriga eng sezgir ekanligini ta'kidlaymiz. Oltingugurt dioksidining o'simliklarga toksik ta'siri ular tarkibidagi xlorofillning yo'q qilinishi tufayli barglar va ignalar yuzasiga zarar etkazish bilan bog'liq. Har yili barglarini to'kadigan bargli daraxtlar SO₂ ta'siriga kamroq ta'sir qiladi. Ignabargli daraxtlar ko'proq zararlanadi. Odamlarda atmosfera havosida SO₂ ning mavjudligi ateroskleroz, yurak kasalliklari, surunkali bronxit va bronxial astmaga olib keladi.

Azot oksidi (NO_x) odamlar uchun juda zaharli hisoblanadi. Ular, ayniqsa, ko'zning shilliq qavatida aniq tirnash xususiyati beruvchi ta'sirga ega va o'pkaga chuqur kirib, alveolyar epiteliya va bronxlarga zarar etkazishi mumkin. Odamlarda nafas olish funktsiyasi pasayadi, nafas olish organlari kasalliklari ko'payadi [5].

Shuningdek, kul odamlar va atrof-muhitga zararli ta'sir ko'rsatadi, og'ir metallarning tuproq va suv havzalariga chiqishini oshiradi. Suv havzalari va daryolar murakkab ekologik tizimlar bo'lib, ularda hayvonlar va o'simliklar birga yashaydi (biotsenozlar), bu erda ularning tarkibi uzluksiz o'zgarish jarayonini boshdan kechiradi va muvozanatga yaqinlashadi.

Ilmiy tadqiqot ishining vazifasi. Ushbu ekotizimning muvozanat holatidan chetdan chiqishi, xususan, issiqlik elektr stansiyalaridan chiqindi suvlarni suv xavzalariga oqizishi natijasida suvda yashovchi organizmlarning ma'lum bir turining yo'qolishiga (aholining) zaharlanishiga (va ko'pincha o'limga) olib kelishi mumkin, bu esa keyinchalik zanjirli halokatlarga olib keladi. Zaharli (toksik) birikmalarning suv organizmlariga ta'siri ularning konsentratsiyasiga bog'liq. Yuqori konsentratsiyalarda suvda yashovchi organizmlarning nobud bo'lishi, pastroq konsentratsiyalarda moddalar almashinuvi va rivojlanish tezligi o'zgaradi, metagenez (irsiy xususiyatlarning buzilishi), ko'payish qobiliyatining yo'qolishi va boshqalar sodir bo'lishini o'rganib chiqish va amaliy echim topishdan iborat [4,6].

Ilmiy tadqiqot ishining amaliy ahamiyati. Atmosferaning asosiy tasniflari uning tuzilishi, tizim komponentlarining balandlik bo'yicha taqsimlanishi va dinamiklari hisoblashdagi usullar va formulalarni foydalanib muommolar yechimini topish. Balandlik bo'yicha atmosfera: troposfera – okean yoki quruqlik yuzasidan 10-12 km; stratosfera 55-60; mezosfera 80-85 km; termosfera 100-110 km va ionosfera 450-600 km gacha qatlamlarga bo'linadi. Qatlamlar orasidagi chegaralarga tropopauza, stratopauza, mezopauza deyiladi. Atmosferani pastki chegarasi aniq bo'lgan bilan, okean yoki quruqlik yuzasi, yuqoridagi chegarasi esa aniq belgilanmagan.

Atmosferaning yig'indili massasi $5,26 \cdot 10^{18}$ kg ga teng. Massani asosiy qismi troposferada joylashgan: 50% -6 km balandlikda; 25 %-6dan 12 km gacha; 12,5 % -12 dan 18 km gacha va hakozi. Moddani tuzilishi esa o'zgarmas va o'zgaruvchan komponentlar bilan belgilanadi.

Atmosferaning o'zgarmas komponentlar o'zgarmas o'rtachali massa va hajmiy tarkiblari bilan belgilanadi (azot, kislorod, argon, uglerod oksidi va hakozi). O'zgaruvchan komponentlarga, lokal o'zgaradigan va atmosfera hodisalariga miqdorlari bog'liq bo'lgan moddalar kiritiladi.

Masalan, suv va suvli bug'ning konsentratsiyalari 0,025 dan 80,61 g/kg gacha o'zgarishi mumkin. Atmosfera komponentlarining balandlik bo'yicha taqsimlanishi diffuzion muvozanat sharoitlariga bog'liqdir. Agarda gazning elementar hajmida m massali T haroratli molrekulalar soni n, muvozanat holatini saqlovchi bosimi $P = nkT$ bo'lsa bunda h balandligi bo'yicha

$$nm g = - dP/dh = -kTdn/dh \quad (1) \text{ yoki} \quad 1/n \, dn/dh = - mg/kT \quad (2)$$

$k = \text{const}$ (Stefan Boltsman doymisi) va $g = \text{const}$ qabul qilinganda

$$n = n_0 \exp(- h/H_0)$$

bunda $H_0 = kT/(mq)$ –bir turli atmosfera balandligi; n_0 - berilgan h_0 balandlikdagi molrekulalar soni. Gradient n ning ifodasi $1/H_0 = 1/n \cdot dn/dh$ quyidagi xulosaga keltiradi (1) va (2) tenglamalarga bo'ysunadigan atmosfera zonalarida gazli komponentlarning hammasi teng miqdorli va to'liq aralashib, balandlik bo'yicha teng ravishda taqsimlanadi.

Balandlik bo'yicha haroratni o'zgarishi quyidagi ko'rinishga ega:

$$nmq = -dp/dh = -k(T \cdot dn/dh + n \cdot dT/dh)$$

H_0 ning ifodasi tenglamaga qo'yilganda

$$n = -H_0 \cdot dn/dh - n \cdot dH_0/dh \quad (3)$$

Gradient o'zgarish va β koeffitsientli er satxidan balandligi bo'yicha quyidagicha yoziladi

$$H_0 = H_c + \beta h$$

(3) ifodani integrallashning natijasida

$$n/n_0 = (H_0/H_c)^{-(1+1/\beta)} = (1 + \beta h/H_0)^{-(1+1/\beta)} \quad (4)$$

Demak h_0 balandlikda gazning partsional bosimi P_0 , gaz turiga va balandlik bo'yicha taqsimlanishiga qaramay, h_0 dan yuqori joylashgan birlamchi ko'ndalang kesimli, gaz ustunning og'irligiga teng bo'ladi. Agarda m massali zarrachalarning soni N_0 bo'lsa, bunda $P_0 = N_0 mq$.

Ma'lumki, $P_0 = n_0 kT$ (n_0 va T - h_0 satxidagi gazning molrekula soni va haroratlari).

Shuningdek,

$$N_0 mq = n_0 kT$$

$$N_0 = n_0 kT / mq = n_0 H_s \quad (5)$$

bunda H_s – selektiv balandlik (h_0 satxidagi berilgan «bir turli atmosferali gazning» balandligi.

Demak, ma'lum bir satxida «bir turli atmosferali gazning» balandligi va kontsentrasiyalari aniq bo'lsa, shu gazning zarrachalar sonini, berilgan satxidan yuqori, balandlik bo'yicha taqsimlanishiga qaramay, to'liq aniqlash mumkin. Ushbu xulosalarning adolatligi $q = \text{const}$ shart saqlanadigan h balandlik uchun to'g'ri [3,4,5,6]. Lekin atmosfera jarayonlari, gazli aralashmalar muvozanatligini, balandlik bo'yicha o'zgartiradi. Masalan, ozonning miqdori 30 km balandlikgacha yil mavsumiga bog'liqli kimyoviy va fotokimyoviy reaksiyalari natijasida o'zgaradi. Ba'zi populyatsiyalar (masalan, zooplankton) zaharli moddalarga juda sezgir bo'lganligi sababli, hatto kichik konsentratsiyalar ham ularning o'limiga olib kelishi mumkin, bu umumiy biotsenozga ta'sir qiladi. Binobarin, issiqlik elektr stantsiyalaridan chiqindi suvlarning suv havzalariga oqizilishi ulardagi biotsenozga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

Atmosferada chang, oltingugurt yoki azot oksidlarining sezilarli miqdorda to'planishi deyarli yo'q. Buning sababi shundaki, ko'pgina ifloslantiruvchi moddalarning atmosferada qolish muddati bir necha kundan oshmaydi [3]. O'tgan asrda atmosferadagi CO_2 miqdori 0,029 dan 0,032% gacha sezilarli darajada o'sdi. Bu odamlar yoki yovvoyi tabiatga ta'sir qilmaydi, ammo bu moddaning yanada ko'payishi bilan u sayyora iqlimiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Bu ta'sir biosferaga umumiy salbiy ta'sir ko'rsatadigan, ya'ni global ta'sirga ega bo'lgan issiqxona effektining paydo bo'lishi bilan bog'liq [6].

Munozara usullari. Hozirgi vaqtda jahon amaliyotida atrof-muhitning ifloslanishiga qarshi kurashning ikkita uslubiy yondashuvi mavjud. 1. "Eng yaxshi amaliy chora-tadbirlar" deb ataladigan birinchisi, atrof-muhitning ifloslanish darajasidan qat'iy nazar, ifloslanishga qarshi kurashning eng yaxshi texnologik chora-tadbirlari zamonaviy texnologiyalar yordamida amalga oshirilishini nazarda tutadi. Ushbu yondashuvga muvofiq, issiqlik elektr stantsiyalari texnologik echimlari atrof-muhitga minimal salbiy ta'sir ko'rsatadigan ob'ektlar sifatida tasniflanishi kerak. 2. "Sifat menejmenti" deb ataladigan ikkinchi yondashuv sifat standartlari mavjudligini nazarda tutadi, ular asosida ifloslanishni nazorat qilish va unga qarshi kurash choralari amalga oshiriladi (taqiqlar, jarimalar va to'lovlar shaklida). Hozirda bu yondashuv yanada samaraliroq deb O'zbekistonda qo'llanilgan [2, 7].

Ushbu ilmiy izlanishga muvofiq, issiqlik elektr stantsiyalari texnologik echimlari atrof-muhitga ta'sirini tartibga soluvchi ekologik muommolarini bartaraf etishga ta'sir ko'rsatadigan sanoat ob'ektlari sifatida tasniflanishi kerak. Ekologik toza sharoitda korxonalar (PDK) sanoat korxonalari uchun belgilangan atrof-muhitga tartibga soluvchi ta'sirni ta'minlaydigan texnologik echimlar va jarimalar yoki to'lovlar o'rtasida iqtisodiy murosaga erishadilar [8].

Tadqiqotning ishining amaliy ahamiyati. Issiqlik elektr stansiyalari, sanoat korxonalari, shuningdek neft va gaz sanoati atrof-muhit bilan o'zaro ta'siri nuqtai nazaridan, ishlab chiqarish chiqindilarini hosil qilish bilan birlamchi energiya manbalaridan elektr va issiqlik energiyasini ishlab chiqaradigan ob'ekt deb hisoblash mumkin. Issiqlik elektr stantsiyasining ekologik samaradorligini baholashda ba'zan "Ekologik toza issiqlik elektr stantsiyasi" yoki "Yashil energetika" tizimi atamasi qo'llaniladi. Bunday holda, bu atama kam chiqindili ishlab chiqarishni anglatatadi, "ekologik toza issiqlik elektr stantsiyasi" deganda ishlashi atrof-muhitga ta'sir qilmaydigan elektr stantsiyasini tushunish mumkin [9]. Bunday issiqlik elektr stantsiyasining mavjudligi amalda mumkin emas, chunki bu holda elektr stantsiyasida hosil bo'ladigan barcha chiqindilar miqdori va sifati bo'yicha birlamchi resurslarga (yoqilg'I energetik resurs, havo, suv) teng bo'ladi. Bu termodinamikaning birinchi qonuniga ziddir, chunki foydali energiya birlamchi energiya sarflanmasdan hosil bo'lmadi [7,9].

Xulosa

Atrof-muhitga ta'siri kam bo'lgan issiqlik elektr stantsiyalarini (IES) va atom elektr stantsiyasi (AES), Quyosh, gidroelektr, shamol elektr stansiyalari haqiqiy ekologik toza, yashil elektr stantsiyalari deb tasniflash mumkin. Xususan, qurilayotgan elektr stantsiyalari uchun atrof-muhitni tartibga soluvchi ta'sir standartlar bilan chegaralangan bo'lsa, mavjud elektr stansiyalari uchun maksimal ruxsat etilgan chiqindilar (MRE) bilan cheklanadi. Afsuski, faoliyat ko'rsatayotgan elektr stansiyalari orasida ekologik ko'rsatkichlari yomon bo'lgan uskunalari eskirgan modernizatsiya va rekonstruksiya talab etilayotgan, yoqilg'I energetik resurs xarajatlari yuqori bo'lgan, o'z ishlash muddatini o'tab bo'lgan issiqlik elektr stansiyalari (IES)lari mavjud.

Ushbu IESlar atrof-muhitga yetarli darajada tozalanmagan gazlar va oqava suvlarni chiqarib tashlaydi va filtrlangan loy va kulni utilizatsiya qilish uchun keng maydonlarni egallaydi. Bunday IESlarning ishlashi tabiiy muhitda sezilarli o'zgarishlar bilan birga keladi va ularni ekologik xavfli ob'ektlarga kiritish mumkin. So'nggi 15-20 yil ichida G'arbiy Evropa, AQSh va Yaponiyaning turli mamlakatlari atrof-muhitga sezilarli ta'sir ko'rsatib kelmoqda. Yevropa davlatlarini yashil energetika deb ataluvchi atom elektr stansiya (AES)laridan foydalanish imkoniyatlari etarli ekanligini inobatga olsak, global ekologik muommolar o'z echimini topadi. O'zbekistonda ham atom energiyasidan tinchlik maqsadida foydalanish ekologik va iqtisodiy ko'rsatkichlar echimini toppish imkonini beradi.

Adabiyotlar

- [1]. Sh.Y.Samatova, Shohida Karamova, Iroda Zokirova, Maxammadjon Mamadaliyev Modelling of thermal conversion and autonomous heat supply based on secondary energy resources at gas compressor stations V International Scientific and Technical Conference Actual Issues of Power Supply Systems AIPCP25-CF-ICAIPSS2025-00457 | Article E3S Web of Conferences <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449403013> 4 94 AEES2023
- [2]. Sardor Khamraev, Behzodjon Kamolov, Suhrob Tadjiboyev, Barno Axmedova, Nilufar Burieva, Murodjon Ochilov, Soyira.Samatova, Utkirjon Sharopov/ Experimental and theoretical analysis of thermo-hydraulic performance of a solar-collector-based hydronic floor heating system under climatic conditions of Uzbekistan. Contents lists available at Energy journal: www.elsevier.com/locate/energy Energy 348 (2026) 140399
- [3]. Sh.Y.Samatova., Sh.U.Hamraev., Утилизация тепловых отходов для целей отопления и горячего водоснабжения и применяемое промышленное оборудование компрессорные станции промышленной предприятия Scientific-technical journal (STJ FerPI, ФарПИ ИТЖ, НТЖ ФерПИ, 2025, Т.29, №1)
- [4]. Энергоэффективность солнечно-геотермальной системы теплоснабжения в условиях Кашкадарьинской области Scientific-technical journal (STJ FerSTU, ФарДТУ ИТЖ, НТЖ ФерГТУ, 2025, Т.29, №5)
- [5]. Саматова Ш.Ю., Хамраев Ш.Г. Ж.М.Матевосян .Охрана окружающей среды и сравнительные характеристики экологической эффективности теплонасосной и котельной установки Miasto Przyszłości Kielce 2023 Impact Factor: 9.9 ISSN-L: 2544-980X стр 113-118 .
- [6]. B.X. Yunusov., Sh.Y.Samatova., S.I.Hamraev., B.G'.Sherqulov. Issiqlik va atom elektr stansiyalari. Darslik.-T.: "Voris nashriyoti" 2020, -415 bet.
- [7]. R.A.Samatova, S.M.Shamurotova, N.M.Boymurodova, S.Y.Choriyeva A.A.Xuseynov. Issiqlik elektr stansiyalari. Darslik.-Qarshi. 2025 yil. "Intellect" nashriyoti 473 bet .
- [8]. Архивные материалы Ангренский ТЭС работающий на твердом топливе 2023г.
- [9]. Архивные материалы Ново – Ангренский ТЭС работающий на твердом топливе 2023-2024гг.

UDK: 330.43:338.27(575.1)

**O‘ZBEKISTON RESPUBLIKASI IQTISODIY KO‘RSATKICHLARINING
EKONOMETRIK TAHLILI VA PROGNOZLASH**

P.Y. Raxmonazarov

Farg‘ona davlat texnika universiteti

p.raxmonazarov@fstu.uz
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Ushbu maqolada O‘zbekiston Respublikasi iqtisodiyotining 2011–2025-yillar oralig‘idagi asosiy makroiqtisodiy ko‘rsatkichlari – yalpi ichki mahsulot (YaIM), investitsiyalar hajmi va iqtisodiyotda band bo‘lganlar soni asosida kompleks ekonometrik tahlil amalga oshirilgan. Shuningdek, tadqiqotda ko‘p omilli chiziqli regressiya modeli yordamida iqtisodiy o‘sishga ta’sir etuvchi omillar aniqlanib, ularning YaIMga ta’sir darajasi statistik mezonlar asosida baholangan. Olingan model asosida 2026–2027-yillar uchun prognozlar ishlab chiqilgan.

Kalit so‘zlar. Yalpi ichki mahsulot, investitsiyalar, bandlik, ekonometrik tahlil, regressiya modeli, iqtisodiy prognoz, O‘zbekiston iqtisodiyoti, makroiqtisodiy ko‘rsatkichlar, statistika.

Аннотация. В данной статье проведён комплексный эконометрический анализ основных макроэкономических показателей экономики Республики Узбекистан за период 2011–2025 годов — валового внутреннего продукта (ВВП), объёма инвестиций и численности занятых в экономике. Кроме того, в исследовании с помощью многофакторной линейной регрессионной модели выявлены факторы, влияющие на экономический рост, и оценена степень их воздействия на ВВП на основе статистических критериев. На основе полученной модели разработаны прогнозы на 2026–2027 годы.

Ключевые слова. Валовой внутренний продукт, инвестиции, занятость, эконометрический анализ, регрессионная модель, экономический прогноз, экономика Узбекистана, макроэкономические показатели, статистика.

Abstract. This article presents a comprehensive econometric analysis of the key macroeconomic indicators of the economy of the Republic of Uzbekistan for the period 2011-2025, including gross domestic product (GDP), investment volume, and the number of employed persons in the economy. Furthermore, the study identifies factors affecting economic growth using a multifactor linear regression model, and assesses the degree of their impact on GDP based on statistical criteria. Based on the derived model, forecasts for 2026–2027 have been developed.

Keywords. Gross domestic product, investments, employment, econometric analysis, regression model, economic forecast, economy of Uzbekistan, macroeconomic indicators, statistics.

Iqtisodiy faoliyat o‘ta murakkab jarayon hisoblanib, uning har bir bosqichida turli tuman o‘ziga xos muammolar yuzaga keladi. Bu muammolarni hal qilish esa o‘ziga xos iqtisodiy ilmiy tadqiqotlarni amalga oshirishni taqozo etadi. Bu tadqiqotlarni amalga oshirishda har bir iqtisodiy obyekt yoki jarayon murakkab bir tizim sifatida qaralishi zarur. Shunday ekan, ushbu tizimni kelgusi istiqbolini aniqlashda oddiy usullardan foydalanish yetarli emas. Bunday usullar sifatida ekonometrik modellar, ya’ni matematik va statistik usullar orqali iqtisodiy jarayonlarni tahlil va prognoz qilish muhim hisoblanadi.

Bugungi kunda mamlakatimizda iqtisodiy siyosatni samarali yuritilishi va makroiqtisodiy ko‘rsatkichlarni qay darajada ekanligini o‘rganishda ekonometrik usullar asosida prognozashtirishga bog‘liq.

Iqtisodiy jarayonlarni boshqaruv samaradorligini oshirishda iqtisodiy tahlil, ma’lumotlar aniqligi va iqtisodiy prognozlash ishonchliligiga tayanadi. Shu nuqtaiy nazardan iqtisodiy prognozlash orqali milliy iqtisodiyotni rejalashtirish, rivojlanish yo‘nalishlarini aniqlash, yuz beradigan iqtisodiy xavf-xatarlarni oldindan baholash, resurslarni samarali taqsimlash va davlatning iqtisodiy siyosatini maqsadli shakllantirish imkoniyati yaratiladi.

Iqtisodiy jarayonlar murakkab tuzilishga ega bo‘lganligi sababli ularni ifodalash va bu jarayonlarni kelgusidagi holatini oldindan bilish dolzarb muammolardan biri bo‘lmoqda. Xususan,

jaxon amaliyotida ijtimoiy-iqtisodiy prognozlash asosida davlatning iqtisodiy siyosati, ya'ni fiskal va monenar siyosati shakllantiriladi, byudjet parametrlari aniqlanadi hamda iqtisodiy barqarorlikni ta'minlashga qaratilgan chora tadbirlar belgilanadi. Shuningdek, nufuzli xalqaro tashkilotlarning yillik hisobotlari va dasturlari ham iqtisodiy prognozlash usullari yordamida shakllantiriladi.

Ekonometrik usullar iqtisodiyotda o'zaro bog'liqliklar modelini ishlab chiqish, bog'liqliklarni miqdor nuqtai nazaridan baholash hamda olingan natijalarni prognozlashtirishda, o'rganilayotgan iqtisodiy jarayonlarni ichki mexanizmini tushuntirib berishda foydalaniladi [1].

Iqtisodiy prognozlashning ahamiyatini milliy iqtisodiyot asosiy tarmoq va sohalarning kelajakdagi faoliyati rejalarini ishlab chiqish, bir necha rivojlanish variantlarini baholash, investitsion faoliyatni optimallashtirish hamda iqtisodiyotni bosh masalasi bo'lgan resurslar taqchilligi sharoitida ulardan oqilona foydalanishda ko'rish mumkin [2]. Shu bilan bir qatorda, ijtimoiy-iqtisodiy prognozlash orqali mamlakat aholisining ehtiyojlari baholanib, ijtimoiy sohalarida ehtiyojlarni maksimal qondirishni ta'minlovchi qarorlar qabul qilinadi.

Ilmiy tadqiqotlarda iqtisodiy prognozlashtirish davlatning iqtisodiy siyosatining shakllantiruvchi asosiy jarayon ekanligi va bu jarayonni samarali tashkil etishda zamonaviy ekonometrik usullardan foydalanish lozimligi ta'kidlab o'tilgan. Xususan, M. Blinder iqtisodiy prognozlashni iqtisodiy qarorlar qabul qilish asosi ekanligi va bunda iqtisodiy agentlarni hatti-harakati kelajakdagi iqtisodiy tarkibiy o'zgarishlarga moslashtirish sifatida e'tirof etgan. Shuningdek, u ilmiy tadqiqotlarida iqtisodiy siyosatni murakkabligi, ya'ni inflyatsiya va ishsizlik o'rtasidagi muvozanat, savdo siyosati, soliq siyosatini chuqur tahlil qilgan xolda iqtisodiy siyosatni shakllantirishda iqtisodiy tahlil va ijtimoiy adolat yondashuvlarini birlashtirish muhimligini ta'kidlab o'tgan [3].

Fikrimizcha, ushbu yondashuvlar bugungi kunda iqtisodiy prognozlashni insonni yashah farovonligi va mamlakatdagi ijtimoiy barqarorlikni ta'minlash vositasi sifatida qaralishi hamda ushbu yondashuvlarni davlatning iqtisodiy siyosatini shakllantirishda qo'llash muhim hisoblanadi.

J.H. Stock va W. Watson o'zlarining ilmiy tadqiqot ishlarida iqtisodiy prognozlash jarayonini statistik taxminlar, balki iqtisodiy o'zgaruvchilarni ekonometrik usullar yordamida tahlil qilishda sabab-oqibat bog'liqligini qay darajada ekanligini aniqlab, iqtisodiy jarayonlarni kelgusidagi holatini rejalashtirish asosi ekanligini ta'kidlaganlar. Ularning tadqiqotlarida iqtisodiy prognozlash faoliyatini amalga oshirishda korrelyatsion-regression tahlil modellari, vaqtli qatorlarni modellashtirish va dinamik modellar tuzishdagi barcha jarayonlar qamrab olingan [4].

Fikrimizcha, ushbu yondashuv ham makroiqtisodiy prognozlar tuzishda va davlatning iqtisodiy siyosatini shakllantirishda muhim nazariy asos bo'lib hisoblanadi.

D.N. Gujarati o'zining ilmiy izlanishlarida iqtisodiy prognozlash jarayonining nazariy va amaliy jihatlarini asoslab bergan bo'lib, u iqtisodiy o'zgaruvchlarni baholashda korrelyatsion-regression tahlil usuli asosiy vosita ekanligi va bu modellar yordamida iqtisodiy o'zgaruvchlarni istiqboldagi holatini aniqlash imkoniyati bayon etib berilgan. Uning fikricha, iqtisodiy prognozlash – bu iqtisodiy ko'rsatkichlarni o'tgan davrdagi ma'lumotlarga tayanib, ma'lum bir model yordamida ular o'rtasidagi bog'liqliklarni tahlil qilish va shu model asosida ushbu ko'rsatkichlarni kelajakdagi natijalarini bashorat qilish jarayonidir [5].

Yuqoridagi yondashuvda iqtisodiy prognozlash jarayonini amalga oshirishda ilmiy asoslangan model orqali o'zgaruvchilar o'rtasidagi bog'lanishni tahlil qilish va bu model yordamida kelajakni prognoz qilish zarurligi bayon etilgan.

So'nggi yillarda olib borilayotgan ilmiy tadqiqotlarda iqtisodiy prognozlash jarayonida dinamik qatorlari modellaridan keng foydalanilmoqda. Bu modellar asosan murakkab va dinamik iqtisodiy jarayonlarni o'rganishda ARIMA, ETS singari modellardan foydalanish ahamiyati ortmoqda. Xususan, Hyndman va Athanasopouloslar o'zlarining ilmiy tadqiqot ishlarida ushbu modellardan samarali foydalanib, vaqtli qatorlarga ta'sir etuvchi tendensiya, mavsumiylik, va tasodifiy komponentalarni aniqlash, ularni additiv va multiplikativ modellarini ishlab chiqib va ularni bashorat qilish mumkinligini ta'kidlaganlar [6]. Bugungi kunda amaliyotda ushbu modellar yordamida iqtisodiy ko'rsatkichlarni prognozlashda ishonchli vosita sifatida qaralmoqda.

Angliyalik iqtisodchi D. Hendry ilmiy tadqiqotlarida iqtisodiy prognozlash faoliyatida iqtisodiy prognozning sifatli bo'lishi prognozlash uchun zarur bo'lgan modelning real iqtisodiy jarayonga mos kelishi zarurligini ta'kidlaydi, ya'ni iqtisodiy prognozlash sifatli qurilgan model iqtisodiy o'zgarishlarga moslashuvchanligiga bog'liqligi bayon qilingan. Ya'ni agarda qurilgan model oldingi davrdagi iqtisodiy ko'rsatkichlarni holatini o'rganishda samarali natija bergan bo'lsa, albatta ushbu modelni kelgusi davrda ham ishlatish yaxshi samara beradi. Hendryning ilmiy izlanishlarida iqtisodiy jarayonlarni vaqt qatorlarida ko'p uchraydigan strukturaviy uzilishlar muommosiga alohida e'tibor qaratgan bo'lib, ular iqtisodiy tizimning o'zgarishi, monetar va fiskal siyosatdagi islohatlar, tashqi iqtisodiy aloqalardagi o'zgarishlar va boshqalardir. Yuqoridagi sanab o'tilgan o'zgarishlar qurilgan model koeffitsiyentlarida tasodifiy xatoliklarni keltirib chiqaradi. Shuning uchun modelda ushbu tarkibiy o'zgarishlarni e'tiborga olmaslik iqtisodiy prognozlash jarayoni yoki prognoz sifatini yomonlashishiga olib keladi. Muallif iqtisodiy prognoz sifatini oshirish uchun, ya'ni strukturaviy o'zgarishlarni aniqlash va uni modellashirish uchun Chow testi usulini taklif qilgan. Chow testining iqtisodiy ahamiyati shundan iboratki, u regressiya model koeffitsiyentlari orasida statistik ahamiyatga ega bo'lgan tafovutlar bor yoki yo'qligini aniqlab beradi. Ya'ni bunda tanlama ma'lumotlari tarkibida strukturaviy uzilishlar mavjudligi aniqlanadi. Chow testi qurilgan model koeffitsienti parametrlarini barqarorligini baholashda turli davrlar, ya'ni tarkibiy o'zgarishlardan oldingi va keyingi davrlarni qamrab oladi. Shu bilan bir qatorda bu usul turli bozor sharoitlarini baholashda va mintaqalarni solishtirishda keng qo'llaniladi [7].

Rus olimlari tomonidan ham iqtisodiy prognozlash jarayoni bo'yicha ko'plab ilmiy tadqiqotlar olib borilgan bo'lib, bugungi kunda bu tadqiqotlar asosan zamonaviy statistik va matematik yondashuvlarni o'z ichiga olmoqda. Shuningdek, ularning tadqiqotlari iqtisodiy prognoz uchun qurilgan modellarning ishonchli bo'lishi, moslashuvchan va modelning nazariy va amaliy ahamiyatiga qaratilgan bo'lib, shu sohada ilmiy tadqiqot faoliyatida hamda ilmiy metodologiyalarni takomillashtirishda foydalanish muhimligi bilan ajralib turadi. Xususan, I. Starodubrovskaya va S. Kirdinalarning tadqiqotlarida iqtisodiy prognozlashni institutsional yondashuv asosida o'rganilgan. Ularning fikriga ko'ra iqtisodiy prognozlashda faqatgina regression modellardan emas, balki mamlakatdagi institutsional o'zgarishlarni modelda e'tiborga olib amalga oshirish lozimligini ta'kidlaganlar. Bu esa model tez o'zgaruvchan iqtisodiy siyosat, mamlakat tashqi va ichki muhit o'zgarishlarga moslashuvchan bo'lish kerakligini nazarda tutadi [8].

Fikrimizcha, yuqoridagi yondashuvda iqtisodiy prognozlash jarayonida faqatgina statistik usullardan foydalanib qolmay, balki mamlakatning ijtimoiy-iqtisodiy muhitini e'tiborga olish zarurligini ifodalaydi. Bu yondashuv mamlakatimiz iqtisodiy siyosatini shakllantirish uchun iqtisodiy prognozlar ishlab chiqishda muhim hisoblanib, tarkibiy islohotlar prognoz modellari birlashtirib amalga oshirilishi maqsadga muvofiq.

Zamonaviy rivojlanish sharoitida makroiqtisodiy ko'rsatkichlar dinamikasini tahlil qilish va ularni kelajakdagi holatini aniqlash asosida boshqaruv qarorlarini samarali qabul qilish muhim hisoblanadi. Iqtisodiy jarayonlarning murakkab va ko'p omilliligi hamda ularning o'zaro bog'liqligi sababli faqat statistik yondashuvlar bilan emas, balki zamonaviy ekonometrik modellar yordamida chuqur tahlil qilishni taqozo etadi. Ayniqsa, ekonometrik modellashirish vositasida yalpi ichki mahsulot (YaIM), eksport hajmi, iqtisodiyotda bandlar soni va investitsiyalar hajmidagi o'zgarishlarni o'rganish va ularning o'zaro ta'sirini aniqlash muhim ahamiyat kasb etadi.

O'zbekiston Respublikasida 2011–2025-yillar davomida yuz bergan ijtimoiy-iqtisodiy islohotlar natijasida makroiqtisodiy ko'rsatkichlar sezilarli darajada o'zgardi. Shu sababli, mazkur davr uchun statistik ma'lumotlar asosida kompleks ekonometrik tahlilni amalga oshirish, iqtisodiy o'sish omillarining ta'sir darajasini aniqlash, shuningdek, uzoq muddatli strategik rejalashtirish uchun asos bo'ladigan ilmiy xulosalarni shakllantirish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Mazkur maqolada 2010–2025-yillarda O'zbekiston iqtisodiyotining asosiy ko'rsatkichlari – yalpi ichki mahsulot (Y), investitsiyalar hajmi (X_1), iqtisodiyotda band bo'lganlar soni (X_2) va investitsiyalar hajmi (X_3) o'rtasidagi o'zaro bog'liqliklar ekonometrik modellashirish orqali o'rganiladi. Tadqiqotda chiziqli ko'p omilli regressiya modellari qurilib, iqtisodiy o'sishga ta'sir

etuvchi asosiy omillar aniqlanadi. Bu esa iqtisodiy siyosat yuritishda ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilish imkonini beradi.

1-jadval

2011–2025-yillarda O‘zbekiston iqtisodiy ko‘rsatkichlarining dinamikasi²

Yillar	Yalpi ichki mahsulot, mlrd. so‘m, Y	Investitsiyalar hajmi, mlrd. so‘m, X ₁	Iqtisodiyotda band bo‘lganlar, X ₂
2011	78936,6	16463,7	11628,4
2012	103232,6	19500	11919,1
2013	127590,2	24455,3	12223,8
2014	153311,3	30490,1	12523,3
2015	186829,5	37646,2	12818,4
2016	221350,9	44810,4	13058,3
2017	255421,9	51232	13298,4
2018	356453,8	72155,2	13520,3
2019	473652,8	124231,3	13273,1
2020	594659,6	195927,3	13541,1
2021	668038	210195,1	13236,4
2022	820536,6	239552,6	13538,9
2023	995573,1	266240	13706,2
2024	1204485	356071,4	14014,2
2025	1454574	493700	14260

Endogen omil va unga ta’sir etuvchi ekzogen omil ko‘rsatkichlarining mohiyati ko‘rib chiqiladigan bo‘lsa, ta’sir etuvchi omillar mamlakat iqtisodiyotiga kiritilgan investitsiyalar va iqtisodiyotdagi band bo‘lganlar soni kabi muhim ta’sirga ega bo‘lgan omillarni ifodalovchi omil ko‘rsatkichlari tanlab olindi.

Yalpi ichki mahsulot (YaIM) va unga ta’sir etuvchi omillarning o‘zaro juft korrelyasion bog‘lanish darajasini korrelyasion tahlil asosida o‘rganib chiqildi. Korrelyasion tahlil natijasi endogen omil bilan ta’sir etuvchi omillar o‘rtasidagi bog‘lanish zichligi zaruriy shartni qanoatlantirmoqda, ya’ni $r_{yx1}=0,9914$, $r_{yx2}=0,8422$ ga teng. Har ikki omillar bog‘lanishda ham juft korrelyasiya koeffitsiyenti zich bog‘lanishni ko‘rsatmoqda, bu esa natijaviy omilga nisbatan ta’sir etuvchi omillar to‘g‘ri tanlanganligini ko‘rsatadi.

2-jadval

O‘zbekiston Respublikasida YaIM va unga ta’sir etuvchi omillarning korrelyasion bog‘lanishi³

	Yalpi ichki mahsulot,mlrd. so‘m	Investitsiyalar hajmi, mlrd. so‘m	Iqtisodiyotda band bo‘lganlar soni, ming kishi
Yalpi ichki mahsulot, mlrd. so‘m	1		
Investitsiya hajmi, mlrd. so‘m	0,991471	1	
Iqtisodiyotda band bo‘lganlar soni, ming kishi	0,842219	0,809709	1
Investitsiyalar hajmi, mlrd. so‘m	0,668965	0,695748	0,636703

² O‘zbekiston respublikasi davlat statistika qo‘mitasi ma’lumotlari asosida muallif tomonidan ishlab chiqilgan.

³ Muallif tomonidan Microsoft Excel dasturi asosida ishlab chiqilgan.

Dasturiy paketdan foydalanib, regression tahlilda hisoblangan koeffitsiyent hamda modelning sifati tekshirildi va quyidagi tenglama hosil qilindi:

$$Y = 2,7x_1 + 66,003x_2 - 744823 \quad (1)$$

Regressiya tenglamasidan ko‘rinishicha boshqa omillar o‘zgarmaganda, O‘zbekiston Respublikasida investitsiya hajmining bir mlrd.so‘mga oshishi YaIM ni 2.7 mlrd. so‘mga oshishiga, iqtisodiyotda bandlar sonini 1000 kishiga oshishi YaIM ni 66,003 mlrd. so‘mga oshishiga olib kelgan.

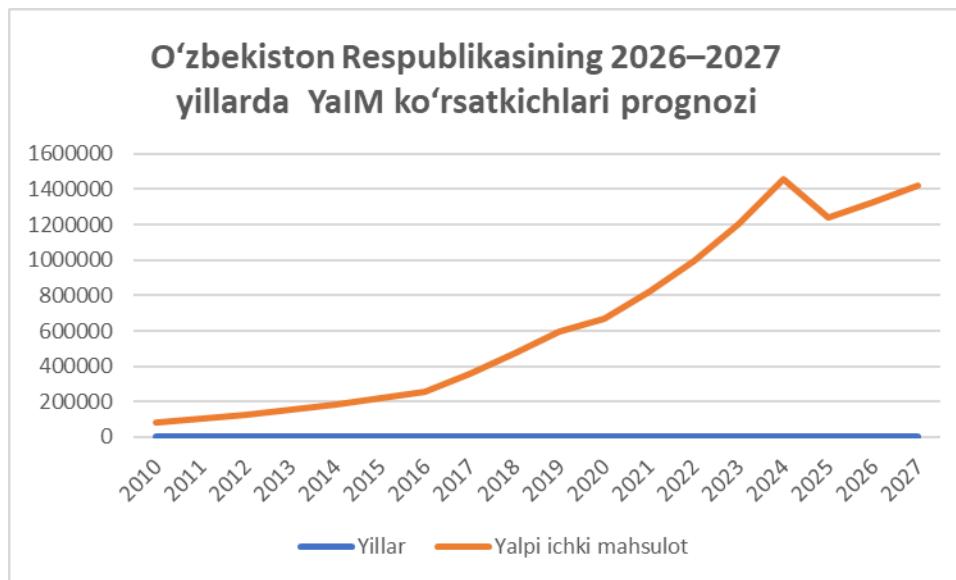
Ko‘p omilli ekonometrik modeldan foydalangan holda tahlil uchun olingan YaIM hajmi va unga ta‘sir etuvchi omillari ta‘sirida qisqa muddatda, ya‘ni 2026-2027-yillarga prognozlarni ishlab chiqdik.

3-jadval

2026–2027-yillarda O‘zbekiston iqtisodiy ko‘rsatkichlarining prognozi⁴

Ko‘rsatkichlar	Model	Yillar	
		2026	2027
Yalpi ichki mahsulot, mlrd. so‘m, Y	$Y = 2,7x_1 + 66,003x_2 - 744823$	1237323	1327869
Investitsiyalar hajmi, mlrd. so‘m, X_1	$X_1 = 91578,22 + 29636,2 * t$	382601	412237,2
Iqtisodiyotda band bo‘lganlar, X_2	$X_2 = 11827,98 + 159,5018 * t$	14380,01	14539,51

Milliy iqtisodiyotimizning 2011-2025-yillar mobaynida asosiy makroiqtisodiy ko‘rsatkichlari asosida olib borilgan ekonometrik tahlillardan shuni aytish mumkinki, YaIM hajmiga eng kuchli ta‘sir etuvchi omillar sifatida asosiy kapitalga kiritilgan investitsiyalar hajmi va iqtisodiy faoliyatda band bo‘lganlar soni ekanligi aniqlandi.



1-rasm. O‘zbekiston Respublikasining 2026–2027-yillarda YaIM ko‘rsatkichlari prognozi⁵.

2026-2027-yillarga ishlab chiqilgan prognoz natijalari iqtisodiy o‘shishni davomiyligini tasdiqlamoqda. Bu esa mamlakatimizda olib borilayotgan tarkibiy islohatlarni samaradorligi va banlik darajasining iqtisodiy o‘shishga bevosita ta‘sir qilayotganini anglatmoqda.

Bugungi kunda olib borilayotgan ko‘plab ilmiy tadqiqot ishlarida iqtisodiy prognozlash insonni yashah farovonligi va mamlakatdagi ijtimoiy barqarorlikni ta‘minlash vositasi sifatida

⁴ Muallif tomonidan ishlab chiqilgan.

⁵ Muallif tomonidan ishlab chiqilgan.

qaralishi hamda ushbu yondashuvlarni davlatning iqtisodiy siyosatini shakllantirishda qo'llash muhimligi ta'kidlangan.

Iqtisodiy prognozlash jarayonini amalga oshirishda ilmiy asoslangan model orqali o'zgaruvchilar o'rtasidagi bog'lanishni tahlil qilish va bu model yordamida kelajakni prognoz qilish zarurdir.

Iqtisodiy prognozlash jarayonida faqatgina statistik usullardan foydalanib qolmay, balki mamlakatning ijtimoiy-iqtisodiy muhitini e'tiborga olish zarurligini ifodalaydi. Bu yondashuv mamlakatimiz iqtisodiy siyosatini shakllantirish uchun iqtisodiy prognozlar ishlab chiqishda muhim hisoblanib, tarkibiy islohotlar prognoz modellariga birlashtirib amalga oshirilishi maqsadga muvofiq [9].

Mamlakatimizni yanada barqaror iqtisodiy rivojlanishini ta'minlashda quyidagi takliflarni ishlab chiqdik:

- iqtisodiyotga investitsiyalarni yanada faollashtirish va ularni sifat jihatdan tarkibini takomillashtirish (Investitsiyalarni yuqori qo'shilgan qiymatli mahsulot ishlab chiqarishga yo'naltirish);
- ishchi kuchi sifanini oshirish va bandlik darajasini oshirish (kasb-hunar ta'limini rivojlantirish va ishchi kuchining malakasini yanada oshirish orqali iqtisodiyotga integratsiyani shakllantirish, yangi ish o'rinlarini tashkil qilish);
- investitsion muhitni yanada yaxshilash;
- davlatning iqtisodiy siyosatida ilmiy yondashuvlarni yanada kuchaytirish (Rejalashtirish va qaror qabul qilishda ekonometrik usullardan samarali foydalanish, iqtisodiy dasturlarda prognoz natijalariga ko'ra makroiqtisodiy ko'rsatkichlarni belgilash);
- hududiy iqtisodiy tahlil va prognozlantirishni kuchaytirish (Har bir viloyat, tuman uchun alohida regressiya modellari yordamida rivojlanish ssenariylar ishlab chiqish);
- ilmiy markazlar va oliy ta'lim muassasalari bilan hamkorlikni kuchaytirish (Davlat tashkilotlari va OTMLar o'rtasida loyihalarni bajarish, ekonometrik tahlil natijalari asosida boshqaruv qarorlarini qabul qilish).

Yuqoridagilardan shuni xulosa qilish mumkinki, iqtisodiy prognozlar O'zbekistonning iqtisodiy siyosatini rejalashtirish, investitsiya strategiyalarini shakllantirish va bandlik muammolarini bartaraf etishda muhim amaliy ahamiyatga ega bo'lib, ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilish uchun zarurdir.

Adabiyotlar

- [1]. Raxmonazarov, Paxlovon Yigitalievich Hududiy iqtisodiy-ekologik tizim tavsifi va uning barqarorligi // ORIENSS. 2021. №11. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/hududiy-iqtisodiy-ekologik-tizim-tavsifi-va-uning-barqarorligi> (дата обращения: 17.06.2025).
- [2]. Rakhmonazarov, P. Y., & Usmonov, A. A. (2021). Analysis of ecological indicators of territories. Innovative Technologica: Methodical Research Journal, 2(10), 6-14.
- [3]. Blinder, A.S. (1997). Hard Heads, Soft Hearts: Tough-minded Economics for a Just Society. Addison-Wesley.
- [4]. Stock, J.H., & Watson, M.W. (2020). Introduction to Econometrics (4th ed.). Pearson Education.
- [5]. Gujarati, D.N. (2003). Basic Econometrics. McGraw-Hill.
- [6]. Hyndman, R.J. & Athanasopoulos, G. (2021). Forecasting: Principles and Practice (3rd ed.). OTexts. <https://otexts.com/fpp3/>
- [7]. Абдуллаев А.М., Джамалов М.С. Эконометрика-2. Учебник для ВУЗов. –Т.: 2011. 612 с.
- [8]. Стародубровская И., Кирдина С. (2019). Институциональные трансформации и экономическое прогнозирование. Журнал Новой экономической ассоциации, №4, с. 25–42
- [9]. Rakhmonazarov, Paxlovon Yigitalievich Худудларда иқтисодий-экологик тизимларни бошқариш самардорлигини ошириш механизмлари // Nazariy va amaliy tadqiqotlar xalqaro jurnali. 2022. №4. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ududlarda-i-tisodiy-ekologik-tizimlarni-bosh-arish-samaradorligini-oshirish-mehanizmlari> (дата обращения: 17.06.2025).

PEDAGOGICAL FRAMEWORKS FOR INTEGRATING ARTIFICIAL INTELLIGENCE
INTO FOREIGN LANGUAGE TEACHING: PRINCIPLES, MODELS, AND
IMPLEMENTATION STRATEGIES

A. Tadjibayeva

Fergana state technical university

Tel: 99890 583 33 63

adilaxon1966@gmail.com

(Received on April 6 th, 2026)

Abstract. The study employs a theoretical and analytical methodology based on a review and synthesis of contemporary literature. The proposed framework combines learner-centered instruction, adaptive learning technologies, teacher mediation, and ethical AI implementation. The findings suggest that effective AI integration requires a balanced approach in which technology supports rather than replaces human instruction. The article contributes to the development of AI-enhanced language education and offers practical recommendations for educators, curriculum designers, and policymakers.

Keywords: artificial intelligence, foreign language teaching, language learning, ChatGPT, pedagogical framework, AI-assisted education, digital pedagogy.

Annotatsiya

Tadqiqot zamonaviy ilmiy adabiyotlarni ko'rib chiqish va sintez qilishga asoslangan nazariy hamda tahliliy metodologiyadan foydalanadi. Taklif etilgan model ta'lim oluvchiga yo'naltirilgan o'qitish, moslashuvchan ta'lim texnologiyalari, o'qituvchi vositachiligi va sun'iy intellektdan axloqiy foydalanish tamoyillarini birlashtiradi. Tadqiqot natijalari sun'iy intellektni samarali integratsiya qilish texnologiya inson tomonidan amalga oshiriladigan ta'lim jarayonini almashtirmasdan, balki uni qo'llab-quvvatlagan taqdirdagina yuqori natija berishini ko'rsatadi. Maqola sun'iy intellekt asosidagi til ta'limini rivojlantirishga hissa qo'shadi hamda pedagoglar, o'quv dasturlari ishlab chiquvchilari va ta'lim siyosatini shakllantiruvchilar uchun amaliy tavsiyalarni taqdim etadi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, chet tilini o'qitish, til o'rganish, ChatGPT, pedagogik model, sun'iy intellekt yordamidagi ta'lim, raqamli pedagogika.

Аннотация. В исследовании используется теоретико-аналитическая методология, основанная на обзоре и синтезе современных научных публикаций. Предлагаемая педагогическая модель объединяет личностно-ориентированное обучение, адаптивные образовательные технологии, педагогическое сопровождение и этическое использование искусственного интеллекта. Результаты исследования показывают, что эффективная интеграция искусственного интеллекта требует сбалансированного подхода, при котором технологии поддерживают, а не заменяют деятельность преподавателя. Статья вносит вклад в развитие языкового образования на основе искусственного интеллекта и предлагает практические рекомендации для преподавателей, разработчиков образовательных программ и специалистов в области образовательной политики.

Ключевые слова: искусственный интеллект, обучение иностранным языкам, изучение языков, ChatGPT, педагогическая модель, обучение с использованием искусственного интеллекта, цифровая педагогика.

Introduction

The emergence of artificial intelligence has transformed numerous aspects of modern society, including education. Educational institutions increasingly employ AI-powered tools to improve learning outcomes, personalize instruction, and enhance student engagement. In foreign language teaching, AI applications such as intelligent tutoring systems, automated feedback platforms, speech recognition technologies, and generative AI models offer innovative opportunities for developing linguistic competence [1].

The introduction of large language models, particularly ChatGPT and similar systems, has accelerated interest in AI-supported language learning. These technologies enable learners to engage in authentic communication, receive immediate feedback, and access personalized

educational content [2]. As a result, language educators are reconsidering traditional teaching methods and exploring new pedagogical approaches that incorporate AI technologies.

However, the integration of AI into foreign language education remains a complex issue. Concerns regarding academic integrity, data privacy, algorithmic bias, and teacher preparedness continue to generate debate among researchers and practitioners [3]. Furthermore, the rapid development of AI technologies has outpaced the establishment of comprehensive pedagogical frameworks capable of guiding their effective educational implementation.

This article seeks to address this gap by examining existing approaches to AI integration in language education and proposing a pedagogical framework designed specifically for foreign language teaching. The objectives of the study are: (1) to review contemporary research on AI in language education; (2) to identify key pedagogical principles for AI integration; and (3) to develop a practical framework that can guide educators in implementing AI-enhanced language instruction.

Literature Review

Artificial intelligence refers to computational systems capable of performing tasks that traditionally require human intelligence, including reasoning, problem-solving, language processing, and learning. In educational settings, AI supports adaptive learning, assessment, content generation, and learner analytics [1].

Recent studies indicate a growing interest in generative AI applications for language learning. A comprehensive review of AI-assisted language education demonstrated that AI technologies can facilitate vocabulary acquisition, grammar instruction, reading comprehension, and writing development [1]. Researchers have also reported positive effects on learner autonomy and motivation when AI tools are integrated into language learning activities [4].

The introduction of ChatGPT in 2022 represented a significant milestone in educational technology. According to Kohnke, Moorhouse, and Zou, ChatGPT offers numerous affordances for language teaching, including conversational practice, content creation, feedback provision, and support for individualized learning [5]. These functions make AI particularly valuable in foreign language contexts where authentic communication opportunities may be limited.

Several theoretical models provide a foundation for understanding technology integration in education. One of the most influential frameworks is the Technological Pedagogical Content Knowledge (TPACK) model, which emphasizes the interaction between technological, pedagogical, and content knowledge. Effective teaching occurs when educators successfully integrate these three domains into instructional practice [6].

Another widely adopted framework is the SAMR model, which categorizes technology integration into four levels: substitution, augmentation, modification, and redefinition. The model suggests that transformative learning occurs when technology enables educational activities that were previously impossible [7].

Although these frameworks provide valuable guidance, they were developed before the emergence of generative AI technologies. Consequently, they do not fully address contemporary issues such as prompt engineering, AI literacy, human-AI collaboration, and ethical governance.

Benefits, challenges and risks of AI in Foreign Language Teaching

Research highlights several advantages associated with AI-enhanced language learning. First, AI systems facilitate personalized instruction by adapting learning materials to individual student needs and proficiency levels [1]. Adaptive learning environments allow students to progress at their own pace while receiving targeted support.

Second, AI technologies provide immediate feedback, which is particularly important in language acquisition. Automated grammar correction, pronunciation analysis, and writing evaluation enable learners to identify and address errors efficiently [2].

Third, conversational AI systems create opportunities for authentic language practice. Students can engage in dialogues, role-plays, and simulations that develop communicative competence in a low-anxiety environment [5].

Finally, AI tools reduce teachers' administrative workload by automating routine tasks such as assessment and material preparation, allowing educators to devote more time to pedagogical decision-making and learner support [8].

Despite its potential benefits, AI integration presents significant challenges. One concern involves the accuracy of AI-generated content. Studies have shown that generative AI systems may produce incorrect or misleading information, particularly in specialized or less commonly taught languages [1].

Another challenge relates to academic integrity. Students may misuse AI tools to complete assignments without engaging in meaningful learning processes. This issue has prompted educators to reconsider assessment methods and establish guidelines for responsible AI use [3].

Privacy and data security represent additional concerns. Many AI platforms collect user data, raising questions about confidentiality and compliance with educational regulations [4].

Finally, effective AI integration requires substantial teacher training. Without adequate technological and pedagogical competencies, educators may struggle to evaluate AI outputs critically and incorporate AI tools effectively into instruction [5].

Methodology

This study employs a qualitative theoretical research design based on literature review and conceptual analysis. Peer-reviewed articles, systematic reviews, and educational technology studies published between 2023 and 2025 were analyzed to identify emerging trends in AI-assisted language education.

The research process consisted of three stages. First, relevant literature on AI in language teaching was collected and reviewed. Second, existing pedagogical models were examined and compared. Third, key principles and components were synthesized into a comprehensive pedagogical framework for foreign language teaching.

Proposed Pedagogical Framework for AI Integration

The proposed framework consists of four interconnected layers: instructional objectives, AI-supported learning processes, teacher mediation, and assessment.

1. Instructional Objectives Layer

The first layer focuses on curriculum goals, learner needs, and language proficiency targets. AI tools should be selected based on pedagogical objectives rather than technological novelty. Learning outcomes remain the primary determinant of instructional design.

2. AI-Supported Learning Layer

This layer incorporates AI technologies that facilitate language learning. Key components include: (a) personalized learning pathways; (b) conversational AI systems; (c) automated feedback mechanisms; (d) content generation tools; (e) learning analytics platforms. These technologies support individualized instruction and promote learner autonomy.

3. Teacher Mediation Layer

Human involvement remains essential in AI-enhanced education. Teachers perform several critical functions:

- Designing instructional activities;
- Evaluating AI-generated content;
- Monitoring student progress;
- Providing emotional and motivational support;
- Promoting critical thinking and digital literacy.

Rather than replacing teachers, AI should augment their professional capabilities.

4. Assessment Layer

Assessment in AI-enhanced environments should combine traditional and innovative methods. Formative assessment can utilize automated feedback systems, while summative assessment should emphasize authentic performance tasks that demonstrate communicative competence. The

framework also incorporates continuous learning analytics to identify learner difficulties and inform instructional adjustments.

Practical Applications in Foreign Language Teaching

The proposed framework can be applied across various domains of foreign language instruction, enabling educators to create more personalized, interactive, and effective learning environments. AI technologies support the development of linguistic competence while simultaneously fostering learner autonomy and engagement.

Vocabulary Development: AI-powered systems can generate personalized vocabulary exercises, contextual examples, and spaced repetition activities. Adaptive algorithms help learners focus on words that require additional practice based on their performance history. For example, generative AI tools can automatically create flashcards, vocabulary quizzes, synonym-antonym tasks, and contextual sentence completion exercises tailored to learners' proficiency levels. Furthermore, AI can analyze learners' vocabulary usage in written and spoken tasks and recommend targeted lexical items for improvement. Such individualized vocabulary instruction promotes long-term retention and facilitates the acquisition of academic and professional language.

Grammar Instruction: Generative AI can provide explanations, examples, and corrective feedback tailored to learners' proficiency levels. Students may engage in interactive grammar exercises that promote active learning rather than passive memorization of rules. AI systems can instantly identify grammatical errors, explain the reasons for mistakes, and generate additional practice activities focusing on problematic structures. Teachers can also use AI to create differentiated grammar tasks for students with varying levels of language proficiency. This adaptive approach enables learners to progress at their own pace while receiving immediate support.

Speaking Skills: Speech recognition technologies enable pronunciation assessment and conversational practice. AI chatbots offer opportunities for authentic interaction beyond classroom boundaries, allowing students to practice speaking at any time without fear of negative evaluation. Advanced speech analysis tools can provide detailed feedback on pronunciation, intonation, stress patterns, fluency, and speaking rate. Teachers may also incorporate AI-driven role-play simulations, such as job interviews, customer service interactions, travel situations, or academic discussions, to develop communicative competence in realistic contexts. Such activities help reduce language anxiety and increase learners' confidence in oral communication.

Listening Comprehension: AI technologies can significantly enhance listening instruction by generating authentic audio materials adapted to learners' proficiency levels. AI systems can automatically adjust speech speed, vocabulary complexity, and accent variation, allowing students to gradually develop listening skills. Interactive listening exercises may include automatic transcription, comprehension questions, keyword identification tasks, and immediate feedback. Additionally, AI-powered platforms can expose learners to multiple English accents and speech styles, preparing them for real-world communication in international environments.

Reading Skills: AI-assisted reading platforms can personalize texts according to learners' language proficiency, interests, and academic goals. Intelligent systems may simplify complex texts, provide vocabulary explanations, generate comprehension questions, and highlight key concepts. Learning analytics can track reading behavior, identify areas of difficulty, and recommend appropriate reading materials. Such personalization supports extensive reading practices and improves comprehension efficiency.

Writing Development: AI-assisted writing platforms support drafting, revision, and editing processes. Students receive immediate feedback while teachers retain responsibility for evaluating higher-order writing skills such as argumentation, coherence, critical thinking, and creativity. AI can assist learners in organizing ideas, improving sentence structure, expanding vocabulary usage, and correcting grammatical errors. Furthermore, students can engage in iterative writing cycles

where AI provides formative feedback before final teacher evaluation. This process encourages self-regulated learning and develops learners' academic writing competence.

Collaborative Learning and Project-Based Activities: AI tools can facilitate collaborative language learning by supporting group discussions, project development, peer review activities, and cooperative problem-solving tasks. Students may use AI to gather information, generate ideas, create presentations, and develop multilingual projects. Teachers can design project-based learning activities in which AI serves as a research assistant while students critically evaluate and refine AI-generated content. Such practices promote collaboration, communication, and digital literacy skills.

Assessment and Feedback: AI-powered assessment systems can automate routine evaluation processes, enabling teachers to monitor student progress more efficiently. Learning analytics provide detailed information about learners' strengths, weaknesses, engagement levels, and learning patterns. Formative assessment can be enhanced through immediate feedback mechanisms, while predictive analytics may identify students at risk of underperformance. Nevertheless, final assessment decisions should remain under teacher supervision to ensure fairness, transparency, and pedagogical validity.

Intercultural Competence: AI simulations and virtual interactions expose learners to diverse cultural perspectives, supporting the development of intercultural communicative competence. Students can participate in simulated conversations with virtual representatives of different cultures, analyze culturally specific communication styles, and explore authentic social situations. AI-generated scenarios can address topics such as international business communication, cultural norms, etiquette, and global citizenship. These experiences help learners develop cultural awareness, empathy, and the ability to communicate effectively in multicultural environments.

Teacher Professional Development: Beyond student learning, AI can support teachers in lesson planning, material development, and reflective practice. Educators may use AI to generate teaching resources, design differentiated activities, create assessments, and analyze learning outcomes. AI-assisted professional development enables teachers to focus on pedagogical innovation while reducing administrative workload. Consequently, teachers become facilitators of learning who strategically integrate technology to achieve educational objectives.

Overall, the practical implementation of AI in foreign language teaching should not aim to replace human educators but rather to enhance instructional effectiveness through personalized support, increased learner engagement, and data-informed pedagogical decision-making. This balanced approach ensures that technological innovation remains aligned with the fundamental goals of language education.

Discussion

The proposed framework addresses several limitations of existing technology integration models. Unlike traditional approaches, it explicitly recognizes the role of generative AI and emphasizes human-AI collaboration. The framework positions teachers as facilitators who guide students in critically evaluating AI-generated information.

Furthermore, the model incorporates ethical considerations, including transparency, responsible use, and digital literacy. These elements are increasingly important as AI technologies become more sophisticated and widespread.

Successful implementation requires institutional support, teacher training, and clear policies regarding acceptable AI use. Educational institutions should invest in professional development programs that strengthen teachers' technological, pedagogical, and ethical competencies.

Future research should investigate the effectiveness of the proposed framework through empirical studies involving language learners and educators. Longitudinal research may provide insights into the long-term impact of AI-enhanced language learning on linguistic proficiency and learner autonomy.

Conclusion

Artificial intelligence is reshaping foreign language education by providing new opportunities for personalized learning, automated feedback, and authentic communication. However, effective implementation requires more than technological adoption; it demands pedagogically grounded integration strategies.

This article proposed a comprehensive framework that combines instructional objectives, AI-supported learning, teacher mediation, and assessment. The framework emphasizes the complementary relationship between human expertise and artificial intelligence, ensuring that technology serves educational goals rather than dictating them.

The findings suggest that AI has the potential to enhance language learning significantly when integrated within a learner-centered and ethically informed pedagogical model. As AI technologies continue to evolve, educators must remain active participants in shaping their educational applications.

References

- [1]. Luo H., Liu Y., Yang C. Application of Generative Artificial Intelligence (GenAI) in Language Teaching and Learning: A Scoping Literature Review. *Computers and Education Open*. 2024. Vol. 6. Article 100174.
- [2]. Zhang P., Tur G. A Systematic Review of the First Year of Publications on ChatGPT and Language Education: Examining Research on ChatGPT's Use in Language Learning and Teaching. *Computers and Education: Artificial Intelligence*. 2024. Vol. 7. Article 100266.
- [3]. Kildè L. The Integration of Generative AI in Foreign Language Teacher Education: A Systematic Literature Review. *Pedagogika*. 2024. Vol. 154(2). P. 5–26.
- [4]. Balci Ö. The Role of ChatGPT in English as a Foreign Language (EFL) Learning and Teaching: A Systematic Review. *International Journal of Current Educational Studies*. 2024. Vol. 1(2). P. 45–63.
- [5]. Kohnke L., Moorhouse B. L., Zou D. ChatGPT for Language Teaching and Learning. *RELC Journal*. 2023. Vol. 54(2). P. 537–550.
- [6]. Mishra P., Koehler M. J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. *Teachers College Record*. 2006. Vol. 108(6). P. 1017–1054.
- [7]. Puentedura R. R. SAMR and TPACK: A Hands-On Approach to Classroom Practice. Boston: Hippasus Press, 2014.
- [8]. Dornburg A., Davin K. To What Extent Is ChatGPT Useful for Language Teacher Lesson Plan Creation? 2024. Available as preprint research study.

УДК 378

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИНТЕРАКТИВНЫХ ФОРМ ОБУЧЕНИЯ В ПРЕПОДАВАНИИ ТЕХНИЧЕСКИХ ДИСЦИПЛИН В ВЫСШИЕ УЧЕБНЫЕ ЗАВЕДЕНИЯ

Л.М. Мамаева

Джизакский политехнический институт

* Автор для корреспонденции, e-mail: leniemamaeva1983@gmail.com

(Получена 06.04.2026 г.)

Аннотация: Статья посвящена актуальной проблеме использования интерактивных методов обучения для подготовки студентов технических вузов к инновационной инженерной деятельности. Раскрываются содержание, преимущества, особенности организации проведения занятий с использованием интерактивных методов обучения, оказывающих существенное влияние на качество подготовки студентов.

Ключевые слова: пассивные методы обучения, активные и интерактивные методы обучения, процесс обучения, мотивация учебной деятельности, метод мозгового штурма, работа в малых группах.

Annotation: The article is devoted to the actual problem of using interactive teaching methods to prepare students of technical universities for innovative engineering activities. The content, advantages, features of the organization of conducting classes using interactive teaching methods, which have a significant impact on the quality of student training, are revealed.

Keywords: passive teaching methods, active and interactive teaching methods, learning process, motivation for learning activities, brainstorming method, work in small groups.

Annotatsiya: *Ushbu maqola texnik oliy ta'lim muassasalari talabalarini innovatsion muhandislik faoliyatiga tayyorlashda interaktiv o'qitish usullaridan foydalanishning dolzarb masalasiga bag'ishlangan. Unda interaktiv ta'lim yondashuvlari asosida mashg'ulotlarni tashkil etishning mazmuni, afzalliklari hamda o'tkazish xususiyatlari yoritilgan bo'lib, ular talabalar tayyorgarligi sifatiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.*

Kalit so'zlar: *passiv o'qitish usullari, faol va interaktiv o'qitish usullari, ta'lim jarayoni, o'quv faoliyati motivatsiyasi, "aqliy hujum" usuli, kichik guruhlarda ishlash.*

Модернизация экономики Республики и её переход на инновационно-технологическую модель развития формируют перед отечественными высшими учебными заведениями новые приоритеты — подготовку высококвалифицированных инженерных кадров, соответствующих актуальным требованиям производства и способных к проектированию, управлению и сопровождению сложных технологических процессов.

В Законе Республики Узбекистан «Об образовании», статья 11 «Высшее образование», установлено: высшее образование обеспечивает подготовку высококвалифицированных специалистов. Подготовка специалистов с высшим образованием осуществляется в высших учебных заведениях (университетах, академиях, институтах и других образовательных учреждениях высшей школы) на основе среднего специального, профессионального образования. [1].

Динамика научно-технического прогресса и влияние внешней среды трансформируют современные предприятия в сложные, многокомпонентные системы, функционирование которых требует участия профессионально подготовленных специалистов. Эффективность решения этих задач во многом определяется содержанием и образовательными технологиями подготовки будущих кадров в системе высшего образования, в особенности при преподавании технических дисциплин.

Ключевая роль в формировании у студентов организаторских компетенций и лидерских качеств принадлежит кафедре. Профессорско-преподавательский состав должен обеспечивать условия, при которых каждый студент становится не только высококвалифицированным специалистом, но и приобретает управленческие навыки, позволяющие эффективно организовывать деятельность и успешно решать профессиональные задачи.

Научно-технический прогресс, цифровизация экономики и динамично меняющаяся внешняя среда трансформируют современные предприятия в высокоинтегрированные, технологически насыщенные системы. Их эффективное функционирование требует специалистов нового поколения — компетентных, гибких, способных работать на стыке инженерии, управления и цифровых технологий. В этих условиях ключевое значение приобретает не только содержание, но и образовательные технологии подготовки кадров в системе высшего образования, особенно при преподавании технических дисциплин.

Определяющая роль в формировании у студентов управленческого мышления, организаторских навыков и лидерских качеств принадлежит кафедре и профессорско-преподавательскому составу. Важно обеспечить такую организацию учебного процесса, при которой выпускник становится не только высококвалифицированным специалистом, но и инициативным руководителем, способным эффективно организовывать деятельность, принимать обоснованные решения и успешно решать профессиональные задачи в условиях реальной практики.

Государственные образовательные стандарты требуют, чтобы в интерактивных формах проводилось не менее:

- 20 % аудиторных занятий (бакалавриат);
- 40% аудиторных занятий (магистратура).

В педагогике различают несколько моделей обучения:

1) Пассивный (классический) метод (рисунок 1 а) — это форма взаимодействия преподавателя и студента, согласно которой преподаватель является основным действующим лицом, проводя занятия, а студенты выступают в роли пассивных слушателей. Связь преподавателя со студентами осуществляется посредством опросов на практических

занятиях, проведением контрольных работ, тестов и т. д. Основное достоинство пассивной формы занятий – это несложная подготовка для преподавателя и возможность преподнести относительно большой объём учебного материала в ограниченных временных рамках с использованием современных электронных средств обучения [3].

2) Активный метод (рисунок 1 б) – это форма взаимодействия преподавателя и студентов, при которой они общаются друг с другом в ходе занятия, т. е. студенты являются активными участниками занятий. В настоящее время этот метод широко используется во время проведения семинарских и лабораторных занятий;

3) Интерактивный метод (рисунок 1 в). Интерактивный («inter» – взаимный; «act» – действовать) – означает взаимодействовать, т. е. интерактивное обучение – это обучение, в ходе которого осуществляется взаимодействие между преподавателем и студентами, между самими студентами. Таким образом, интерактивные методы, в отличие от активных, ориентированы на более широкое взаимодействие студентов не только с преподавателем, но и друг с другом. Основная роль преподавателя во время интерактивных занятий – это направлять деятельность студентов на достижение целей занятия.

Интерактивные методы обучения являются одним из эффективных средств совершенствования качества подготовки студентов и привития им навыков будущих руководителей. Известно, что больше всего студенты запоминают материал в том случае, когда они не только слушают, но и ещё сами выполняют какие-то действия (конспектируют, рисуют, работают с литературой, собирают схему и т. п.), общаясь при этом не только с преподавателем, но и между собой [3]. Этому способствуют интерактивные методы обучения, которые, в отличие от классических, позволяют решать в комплексе следующие задачи:

1) формировать у студентов интерес к изучаемой дисциплине;

2) повышать эффективность процесса понимания, усвоения и творческого применения знаний;

3) развивать интеллектуальную самостоятельность – способность индивидуально искать пути решения задачи(проблемы);

4) обучаются уважать мнение других членов коллектива, проявлять терпимость к любой точке зрения;

5) развивать навыки руководителя, поскольку студенты получают опыт работы в коллективе, в том числе учатся формировать собственное мнение, отношения, профессиональные и жизненные навыки.

Известно, что больше всего студенты на занятиях запоминают материал в том случае, когда они не только слушают, но и ещё сами выполняют какие-то действия (конспектируют, рисуют, выполняют тесты, собирают схему и т. п.), общаясь при этом не только с преподавателем, но и между собой. Поэтому каждый преподаватель подготавливаясь к любому виду занятий должен учитывать, что человек запоминает:

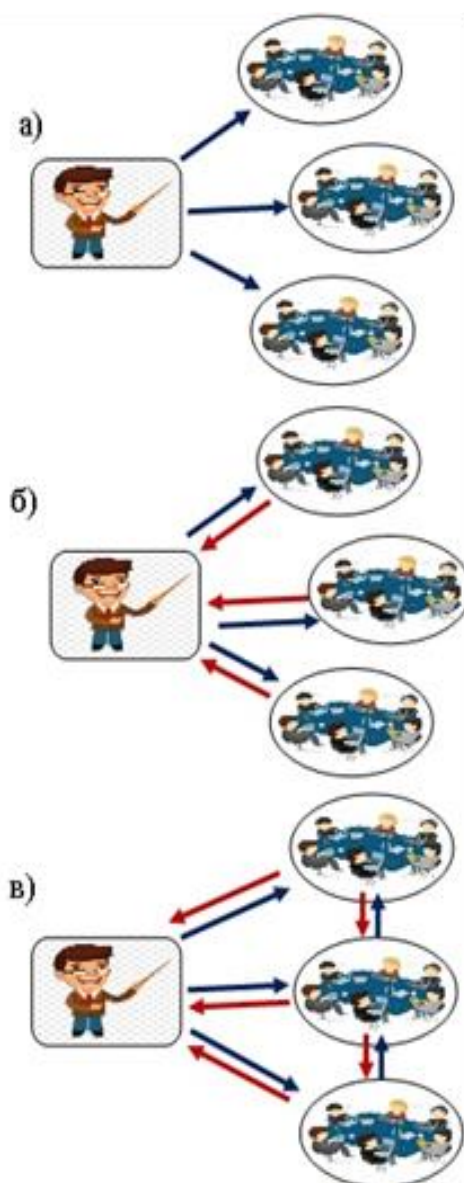


Рисунок1. Взаимодействие преподавателя и студентов при различных формах проведения занятий: пассивный(а); активный(б); интерактивный(в).

- 20% услышанного;

- 40% увиденного;
- 60% увиденного + услышанного;
- 80% увиденного + услышанного + сделанного самим.

Существует очень много различных интерактивных методов обучения. Из них можно выделить следующие интерактивные формы обучения, способствующие решению обозначенных задач - метод мозгового штурма, кейс-метод (case-study), ролевые, «деловые» игры, работа в малых группах, метод проектов, метод Дельфи и многие др.

Рассмотрим некоторые методы обучения.

Метод мозгового штурма - выработка решения путем свободной генерации идей участниками процедуры. Этот метод предназначен для выработки решений на инновационном уровне. Он предъявляет четкие требования к условиям процедуры и аналитическим способностям членов группы обработки идей.

Метод мозгового штурма, называемый также методом мозговой атаки, был предложен в 1953 г. американским изобретателем и предпринимателем А. Осборном [2]. Его целью была разработка рекомендаций по организации процедуры коллективного поиска идей и выдвижения предложений в таких областях, как наука, техника, торговля и менеджмент. В настоящее время этот метод хорошо известен и широко используется. Грамотно спланированный и проведенный мозговой штурм позволяет достичь таких результатов, которые оказываются невозможными при использовании других методов. Метод мозгового штурма предполагает творческий подход к решению задач и поставленных проблем. Преимущество метода в преподавании заключается в том, что с его помощью преподаватель может привлечь к участию студентов, которые обычно не проявляют активности на занятиях и не высказывают свое мнение публично. При проведении занятия с использованием метода мозгового штурма такие мнения будут не просто услышаны, но и принесут пользу при генерации идей, так как главное отличие метода от других процедур поиска решения - формирование как можно более широкого спектра идей и способов решения поставленной проблемы. Основой методологии метода является выход за границы традиционных представлений, имеющихся у группы в рассматриваемой области, и выдвижение самых неординарных предложений. Чем больше альтернативных идей будет высказано, тем более оригинальным будет решение поставленной задачи.

Отсутствие критики как основного условия метода позволяет участникам группы мозгового штурма не опасаться за то, что преподаватель или более авторитетный член группы негативно воспримут идею. Метод мозгового штурма позволяет студентам проявить себя, раскрыть свои творческие способности и представить идеи, которые в противном случае не были бы озвучены.

Мозговой штурм осуществляется в два этапа.

Первый этап - коллективная генерация идей. На этом этапе создаются условия для выдвижения как можно большего числа разнообразных идей и предложений. Продолжительность одного сеанса коллективной генерации идей составляет не более 20-30 мин. Все высказанные идеи фиксируются в протоколе. Основным правилом проведения мозгового штурма является строгий запрет на любую критику высказываемых предложений. Приниматься к рассмотрению и фиксироваться должны все без исключения предложения, насколько бы фантастическими и даже абсурдными они не казались. Не допускается никакая предварительная оценка высказанных суждений, причем запрещается выражать свое отношение даже мимикой и жестами. Только таким образом можно создать обстановку, максимально благоприятствующую свободному творческому поиску вариантов решения проблемы. Более того, высказывание неординарных и в каком-то смысле фантастических идей должно не только допускаться, но и приветствоваться.

Второй этап - анализ выдвинутых идей. В ходе этого этапа осуществляются анализ и обобщение этих предложений, делаются выводы и формулируется окончательный вариант решения. Для этого создаются две группы: группа генераторов идей и группа экспертов-аналитиков.

Работа в малых группах.

Форма организации учебно - познавательной деятельности, предполагающая функционирование разных малых групп, работающих как над общими, так и над специфическими заданиями преподавателя.

Групповая работа стимулирует согласованное взаимодействие между студентами, отношения взаимной ответственности и сотрудничества.

Организация групповой работы:

Учебная группа разбивается на несколько небольших групп — от 3 до 6 человек.

Каждая группа получает своё задание. Задания могут быть одинаковыми для всех групп либо дифференцированными.

Внутри каждой группы между её участниками распределяются роли.

Процесс выполнения задания в группе осуществляется на основе обмена мнениями, оценками.

Формирование групп. При комплектовании групп в расчет надо брать два признака:

уровень учебных успехов студентов;

характер межличностных отношений.

Студентов можно объединить в группы или по однородности (гомогенная группа), или по разнородности (гетерогенная группа) учебных успехов. В группу должны подбираться студенты, между которыми сложились отношения доброжелательности. Только в этом случае в группе возникает психологическая атмосфера взаимопонимания и взаимопомощи, снимаются тревожность и страх.

Функции преподавателя:

Объяснение цели предстоящей работы;

Разбивка студентов на группы;

Раздача заданий для групп;

Контроль за ходом групповой работы;

Попеременное участие в работе групп, но без навязывания своей точки зрения как единственно возможной, а побуждая к активному поиску;

После отчета групп о выполненном задании преподаватель делает выводы.

Преимущества групповой работы:

Группа имеет "множество глаз". Каждый участник может увидеть себя и свои проблемы с других точек зрения;

Группа - это микромодель общественных реакций на поведение индивидуума. Каждый участник "создает" свое привычное жизненное пространство отношений с другими людьми. Увидев и осознав их ограниченность и неэффективность, можно попытаться менять свой способ взаимоотношений;

В нормально развивающейся группе, за что, конечно, ответственен ведущий группы, можно не только всесторонне увидеть себя, моделировать свое поведение "здесь и теперь", но, что очень важно, получить поддержку при опробовании новых способов поведения;

Группа предполагает живой обмен опытом создания и решения проблем.

Проектный метод обучения – это совокупность таких приёмов и способов обучения, при которых студенты с помощью коллективной или индивидуальной деятельности по отбору, распределению и систематизации материала по определенной теме, составляют проект.

Технология проектного обучения являет собой совокупность самых современных подходов к обучению. Задача преподавателя – с учетом возрастных и индивидуальных особенностей студентов, их интересов, потребностей, планов на будущее – создать такую рабочую атмосферу, которая бы стимулировала их мыслительную, коммуникативную и творческую деятельность.

Понимание проекта:

- Проект – это самостоятельная, оригинальная работа, выполняемая студентами в соответствии с избранной ими темой-проблемой и включающая в себя отбор, распределение

и информатизацию материала. Результатом этой деятельности всегда должен быть какой-то продукт: программа, комплект технической документации, брошюра, альбом, сценарий, радиопередача и т.д.

• Проект - это совокупность определенных действий, документов, предварительных текстов, замысел для создания реального объекта, предмета, создания разного рода теоретического продукта. Студенты:

- самостоятельно и с желанием получают знания из разных источников;
- учатся пользоваться этими знаниями для решения новых познавательных и практических задач;
- приобретают коммуникативные умения, работая в разных группах;
- развивают свои исследовательские умения (выявление проблемы, сбор информации из литературы, документов и т.д., наблюдение, эксперимент, анализ, построение гипотез, обобщение);
- развивают аналитическое мышление [7].

Все эти методики активно используются сегодня во всех ведущих образовательных учреждениях мира, в том числе и в образовательных учреждениях нашей республики. Нужно отметить, что из всех интерактивных методик особым вниманием в немецких вузах пользуются работа в группе, работа над проектом, поскольку они связаны с групповым взаимодействием всех участников и с эмоциональной включенностью и активностью каждого студента в процессе работы [4].

Именно эти методики, по мнению немецких педагогов, позволяют формировать у студентов такие навыки как:

- способность совместного решения проблем;
- способность совместного выполнения поставленных задач;
- способность к совместному распознаванию, проработке и применению знаний, фактов, основных положений, взаимосвязей и структур;
- способность к взаимодействию и кооперации;
- коммуникационная способность;
- способность работать в группе;
- способность к разрешению конфликтов и напряженных ситуаций в группе [4].

Все это, считают специалисты необходимо учитывать при подготовке будущих инженеров. Поскольку важными свойствами современного инженера является умение грамотно и целенаправленно взаимодействовать с другими людьми, разбираться в людях, принимать решения в сложных ситуациях, владеть психологическими приемами общения. Сегодня нельзя не учитывать тот факт, что инженерная деятельность предполагает не только взаимодействие с техникой, но и в значительной мере с людьми; инженер - это профессия социотехническая (50% его работы приходится на технику, 50% - на взаимодействие с другими людьми) [5].

Дидактические требования по подготовке занятия с использованием современных технических средств обучения: 1) проанализировать цели занятия, его содержание и логику изучения материала; 2) выделить главные элементы, которые должны быть усвоены обучаемым; 3) установить, на каком этапе, и для какой цели необходимо использование технических средств обучения; 4) отобрать оптимальные технические средства обучения; 5) определить методы и приемы, с помощью которых будет обеспечена познавательная деятельность обучаемых, сформулировать задания. [6]

Применение инновационных педагогических подходов обеспечивает измеримый рост эффективности образовательного процесса, особенно в подготовке специалистов технического профиля. Современные образовательные технологии целесообразно интегрировать и комбинировать, формируя гибкую методическую модель обучения. В профессиональном арсенале преподавателя, как правило, присутствует широкий спектр интерактивных методов и инструментов. При этом приоритет имеет не количество освоенных методик, а их осознанный и систематический выбор — тех, которые наилучшим

образом соответствуют целям дисциплины, профилю подготовки и особенностям студенческой аудитории.

Инновационные методы обучения, рассматриваемые в данной работе, ориентированы на повышение познавательной активности студентов, усиление их профессиональной мотивации и развитие практико-ориентированного мышления. Они позволяют моделировать реальные производственные и инженерные ситуации в учебной среде, что существенно повышает качество подготовки будущих специалистов. В зависимости от дидактической задачи и контекста занятия преподаватель может целенаправленно подбирать наиболее эффективный интерактивный метод, обеспечивая тем самым результативность и прикладную направленность обучения.

Список литературы

- [1]. Закон республики Узбекистан «Об образовании» Узбекистан, г. Ташкент, 2020 г. № ЗРУ-637.
- [2]. Белякова Е.М., Прокопьев А.В. Инновационные методы обучения в образовании // Современные проблемы науки и образования. – 2015. – № 2-1.
- [3]. Григораш О.В. Трубилин А.И. Интерактивные методы обучения в современном вузе Научный журнал КубГАУ, №101(07), 2014 года.
- [4]. Гурьянова Т.Н. Интерактивные методы обучения студентов в техническом вузе: работа в группе, работа над проектом (на примере технических вузов Германии) Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т.17, №10
- [5]. Кузьмина Ю.М. Особенности психологической подготовки будущих инженеров по направлению «Химическая технология» / Ю.М. Кузьмина // Вестник Казан. технол. ун-та. - 2011. - № 13. - С. 209-213.
- [6]. Усманов, Б. Ш. Инновационные методы обучения в преподавании технических дисциплин / Б. Ш. Усманов, Г. Х. Жураева, А. А. Ядгарова. — Текст : непосредственный // Техника. Технологии. Инженерия. — 2017. — № 2 www.edu.ru

INNOVATSION TEXNOLOGIYALAR YORDAMIDA INTERFAOL TA'LIMNI TASHKIL ETISH

N.A. Sultanov*, D.B. Nomanjonova, S.M. Xolbekova

Farg'ona davlat texnika universiteti

e-mail: nomanjonsultanov@gmail.com ORCID: [0009-0008-9591-8653](https://orcid.org/0009-0008-9591-8653)

e-mail: nomanjonovadinora@gmail.com ORCID: [0009-0003-8582-8535](https://orcid.org/0009-0003-8582-8535)

e-mail: nomanjonovadinora@gmail.com ORCID: [0009-0003-8582-8535](https://orcid.org/0009-0003-8582-8535)

(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Mazkur maqolada innovatsion texnologiyalar yordamida interfaol ta'limni tashkil etishning pedagogik imkoniyatlari va samaradorligi tahlil qilinadi. Ta'lim jarayonida raqamli platformalar, multimedia vositalari hamda interfaol metodlardan foydalanish talabalarning bilim olish faolligini oshirishdagi muhim omil sifatida yoritilgan. Tadqiqot davomida innovatsion texnologiyalar asosida tashkil etilgan interfaol mashg'ulotlarning talabalar o'zlashtirish ko'rsatkichlari va mustaqil fikrlashiga ta'siri o'rganildi. Natijalar zamonaviy texnologiyalar ta'lim sifatini oshirish va samarali interfaol muhit yaratishda muhim vosita ekanligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: innovatsion texnologiyalar, interfaol ta'lim, raqamli platformalar, multimedia vositalari, ta'lim samaradorligi, zamonaviy pedagogika, talabalar faolligi.

Аннотация. В данной статье анализируются педагогические возможности и эффективность организации интерактивного обучения с помощью инновационных технологий. Освещается значение использования цифровых платформ, мультимедийных средств и интерактивных методов в образовательном процессе как важного фактора повышения активности студентов в обучении. В ходе исследования было изучено влияние интерактивных занятий, организованных на основе инновационных технологий, на показатели успеваемости и самостоятельное мышление студентов. Результаты показали, что современные технологии являются важным средством повышения качества образования и создания эффективной интерактивной среды.

Ключевые слова: инновационные технологии, интерактивное обучение, цифровые платформы, мультимедийные средства, эффективность образования, современная педагогика, активность студентов.

Annotatsion. This article analyzes the pedagogical possibilities and effectiveness of organizing interactive education through innovative technologies. The importance of using digital platforms, multimedia tools, and interactive methods in the educational process as a key factor in increasing students' learning activity is highlighted. During the research, the impact of interactive classes organized on the basis of innovative technologies on students' academic performance and independent thinking was studied. The results showed that modern technologies are important tools for improving the quality of education and creating an effective interactive environment.

Keywords: innovative technologies, interactive education, digital platforms, multimedia tools, educational effectiveness, modern pedagogy, student activity.

Zamonaviy ta'lim tizimida innovatsion texnologiyalarni qo'llash dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Globallashtirish va raqamlashtirish jarayonlari ta'lim metodlariga yangi yondashuvlarni talab qilmoqda. An'anaviy ta'lim usullaridan farqli ravishda interfaol ta'lim talabalarning dars jarayonidagi faolligini oshiradi, mustaqil fikrlashini rivojlantiradi va bilimlarni samarali o'zlashtirishga yordam beradi.

Bugungi kunda Moodle, Google Classroom, Zoom, Kahoot, Canva kabi raqamli platformalar ta'lim jarayonining ajralmas qismiga aylanmoqda. Ushbu texnologiyalar yordamida darslarni vizual, qiziqarli va interaktiv shaklda tashkil etish imkoniyati kengaymoqda. Ayniqsa, masofaviy va aralash ta'lim shakllarida innovatsion texnologiyalarning ahamiyati yanada ortib bormoqda.

Mazkur tadqiqotning maqsadi innovatsion texnologiyalar yordamida interfaol ta'limni tashkil etishning samaradorligini aniqlash va uning pedagogik afzalliklarini tahlil qilishdan iborat. Tadqiqot davomida kuzatish, taqqoslash, so'rovnoma va pedagogik tajriba

metodlaridan foydalanildi. Tadqiqot obyekti sifatida oliy ta'lim muassasasining bakalavriat bosqichi talabarlari tanlab olindi.

Mashg'ulotlarda quyidagi innovatsion vositalardan foydalanildi:

- 1) Google Classroom — topshiriqlar va baholash uchun;
- 2) Kahoot — interfaol test va viktorinalar uchun;
- 3) Canva — vizual taqdimotlar yaratish uchun;
- 4) Zoom — onlayn seminar va muhokamalar uchun.

Talabalar nazorat va tajriba guruhlariga ajratildi. Nazorat guruhida an'anaviy ta'lim usullari qo'llanilgan bo'lsa, tajriba guruhida interfaol va innovatsion texnologiyalar asosidagi mashg'ulotlar tashkil etildi. Tajriba jarayonida brainstorming, debat, loyiha ishlari, jamoaviy topshiriqlar va muammoli vaziyatlarga asoslangan metodlardan foydalanildi. Tadqiqot natijalari innovatsion texnologiyalar asosidagi interfaol ta'lim talabalar bilim faolligini sezilarli darajada oshirganini ko'rsatdi. Tajriba guruhida quyidagi natijalar kuzatildi:

- a) talabalar darslarda faolroq ishtirok etdi;
- b) mustaqil fikrlash va muammoni hal qilish ko'nikmalari rivojlandi;
- c) jamoaviy ishlash kompetensiyasi shakllandi;
- d) o'zlashtirish ko'rsatkichlari oshdi.

So'rovnoma natijalariga ko'ra, talabalarining 85 foizi interfaol mashg'ulotlar mavzuni yaxshiroq tushunishga yordam berganini ta'kidlaydi. Shuningdek, multimedia vositalari darslarga qiziqishni oshirganligi aniqlandi.

Nazorat

guruhiga nisbatan tajriba guruhida o'quv natijalari yuqoriroq bo'lgani kuzatildi.

Tahlillar

shuni ko'rsatdiki, innovatsion texnologiyalar ta'lim jarayonida samarali interfaol muhit yaratishga xizmat qiladi. Raqamli platformalar orqali talabalar va o'qituvchi o'rtasidagi kommunikatsiya kuchayadi, bu esa ta'lim sifatiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi.

Interfaol

metodlar talabalarni passiv tinglovchidan faol ishtirokchiga aylantiradi. Ayniqsa, onlayn platformalarda amalga oshiriladigan loyiha ishlari va guruhiy topshiriqlar ijodiy fikrlashni rivojlantirishga yordam beradi.

Shuningdek, o'qituvchilarning raqamli kompetensiyalarini oshirish innovatsion texnologiyalardan samarali foydalanishning asosiy omillaridan biri hisoblanadi. Zamonaviy ta'limda texnologiyalar va pedagogik metodlarning integratsiyasi yuqori natijadorlikni ta'minlaydi.

Xulosa qilib aytganda, innovatsion texnologiyalar yordamida interfaol ta'limni tashkil etish ta'lim samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega. Raqamli platformalar va interfaol metodlar talabalar faolligini oshirib, ularning mustaqil fikrlashi hamda ijodiy yondashuvini rivojlantiradi. Kelgusida ta'lim jarayonida innovatsion texnologiyalarni keng joriy etish, o'qituvchilarning raqamli savodxonligini oshirish va interfaol ta'lim muhitini takomillashtirish dolzarb vazifalardan biri bo'lib qoladi.

Adabiyotlar

- [1]. Tolipov O., Usmonboyeva M. Pedagogik texnologiyalar. – Toshkent: Fan, 2017.
- [2]. Muslimov N.A. Innovatsion ta'lim texnologiyalari. – Toshkent, 2020.
- [3]. Bates A.W. Teaching in a Digital Age. – Vancouver, 2019.
- [4]. Bonwell C., Eison J. Active Learning: Creating Excitement in the Classroom. – Washington DC, 2018.
- [5]. Montgomery, D. C. (2019). Introduction to Statistical Quality Control.
- [6]. Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Introduction+to+Statistical+Quality+Control>
- [7]. Banks, J., Carson, J., Nelson, B., & Nicol, D. (2010). Discrete-Event System Simulation. Prentice Hall.
- [8]. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/discrete-event-system-simulation>
- [9]. Law, A. M. (2014). Simulation Modeling and Analysis. McGraw-Hill. <https://www.mheducation.com/highered/product/simulation-modeling-analysis-law>
- [10]. Ross, S. M. (2014). Introduction to Probability Models. Academic Press.
- [11]. <https://www.elsevier.com/books/introduction-to-probability-models/ross>
- [12]. NIST/SEMATECH. Engineering Statistics Handbook.
- [13]. <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>

- [14]. Pyzdek, T., & Keller, P. (2018). The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers. McGraw-Hill.
- [15]. <https://www.mhprofessional.com/9781259862649-usa-the-six-sigma-handbook>
- [16]. Sargent, R. G. (2013). Verification and Validation of Simulation Models. Journal of Simulation. <https://doi.org/10.1057/jos.2012.20>
- [17]. Jain, S. (2018). Modeling and Simulation in Manufacturing Systems. International Journal of Production Research. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1424373>
- [18]. ISO 9001:2015 — Quality management systems — Requirements. <https://www.iso.org/standard/62085.html>

UDC:371.035:370.12

INTERDISCIPLINARY CONNECTIONS IN ECONOMIC EDUCATION AND METHODOLOGY OF APPLYING MATHEMATICAL METHODS

G.A. Nazarova

Fergana State Technical University
E-mail: nazarovagulsanam0880@gmail.com
(Received on April 6 th, 2026)

Abstract. Urgency of the topic (Relevance): In the conditions of a modern market economy, emerging problems do not have one-sided solutions and require a systemic approach. Enhancing the competitiveness of future economists demands a synthesis of not only economic but also mathematical, sociological, and information technology-related knowledge. Therefore, developing a methodology to form complex thinking in students through practical problem-solving is highly relevant.

Objective (Goal): To demonstrate the necessity of interdisciplinary connections in training future economists based on modern educational standards, and to substantiate the methodology of solving economic and practical problems (using a logistics case study as an example) through mathematical modeling methods.

Methods: Integrative-pedagogical approach, situational analysis (Case study), economic-mathematical modeling.

Results: As a result of implementing this interdisciplinary approach in practice, the total sales volume of Company X increased by 30%, the quality of customer service improved, and the level of brand loyalty elevated. These results clearly demonstrate that teaching future economists to work with real-world cases and mathematical modeling within higher education institutions yields a high economic impact in the production and service sectors.

Conclusion: Training students in higher economic education institutions on the methodology of solving such interdisciplinary practical problems and their mathematical modeling—rather than limiting the educational process solely to theoretical textbooks—fully aligns with the contemporary demands of the labor market.

Keywords: interdisciplinary integration, economic education, mathematical methods, optimization, logistics, multimedia, objective function, case study, linear programming, personnel training.

Annotatsiya. Mavzuning dolzarbligi : Zamonaviy bozor iqtisodiyoti sharoitida muammolar faqat bir tomonlama yechimga ega bo'lmay, tizimli yondashuvni talab etmoqda. Bo'lajak iqtisodchi kadrlarning raqobatbardoshligini oshirish ulardan nafaqat iqtisodiy, balki matematik, sotsiologik va axborot texnologiyalariga oid bilimlarni sintez qilishni talab etadi. Shu sababli, talabalarda kompleks fikrlashni amaliy masalalar orqali shakllantirish metodikasini ishlab chiqish g'oyatda dolzarbdir.

Maqsad: Bo'lajak iqtisodchilarni zamonaviy ta'lim standartlari yordamida tayyorlashda fanlararo bog'liqlikning zarurligini ko'rsatish hamda iqtisodiy-amaliy muammolarni (logistika keysi misolida) matematik modellashirish usullari orqali yechish metodikasini asoslab berishdan iborat.

Metodlar: Integrativ-pedagogik yondashuv, Vaziyatli tahlil (Keys-stadi), Iqtisodiy-matematik modellashirish.

Natijalar: Mazkur fanlararo yondashuvni hayotga tatbiq etish natijasida X kompaniyasining **umumiy savdo hajmi 30% ga oshdi**, mijozlarga xizmat ko'rsatish sifati yaxshilandi va brendga bo'lgan sodiqlik darajasi yuqoriladi. Ushbu natijalar bo'lajak iqtisodchilarga oliy ta'lim muassasalaridayoq real keyslar va matematik modellashirishni o'rgatish, ishlab chiqarishda qanchalik yuqori iqtisodiy samara berishini yaqqol ko'rsatadi.

Xulosa: Oliy iqtisodiy ta'lim muassasalarida o'quv jarayonini faqat nazariy darsliklar bilan cheklamay, talabalarni aynan mana shunday fanlararo amaliy muammolar va ularni matematik modellashirish orqali yechish metodikasiga o'rgatish bugungi mehnat bozori talablariga to'liq mos keladi.

Kalit so'zlar: fanlararo integratsiya, iqtisodiy ta'lim, matematik usullar, optimallashtirish, logistika, multimedia, maqsad funksiyasi, keys-stadi (vaziyatli tahlil), chiziqli dasturlash, kadrlar tayyorlash.

Аннотация. Актуальность темы: В условиях современной рыночной экономики возникающие проблемы не имеют одностороннего решения и требуют системного подхода. Повышение конкурентоспособности будущих экономистов требует от них синтеза не только экономических, но и математических, социологических знаний, а также навыков в области информационных технологий. В связи с этим разработка методики формирования комплексного мышления у студентов через решение практических задач является чрезвычайно актуальной.

Цель: Продемонстрировать необходимость междисциплинарных связей при подготовке будущих экономистов на основе современных образовательных стандартов, а также обосновать методику решения экономико-практических задач (на примере логистического кейса) с использованием методов математического моделирования.

Методы: Интегративно-педагогический подход, ситуационный анализ (Кейс-стади), экономико-математическое моделирование.

Результаты: В результате внедрения данного междисциплинарного подхода на практике общий объем продаж компании «Х» увеличился на 30%, повысилось качество обслуживания клиентов и вырос уровень лояльности к бренду. Эти результаты наглядно демонстрируют, что обучение будущих экономистов работе с реальными кейсами и математическому моделированию непосредственно в высших учебных заведениях приносит высокий экономический эффект в производственной сфере.

Заключение: Обучение студентов методике решения подобных междисциплинарных практических задач и их математическому моделированию в высших экономических учебных заведениях — вместо ограничения учебного процесса только теоретическими учебниками — полностью соответствует современным требованиям рынка труда.

Ключевые слова: междисциплинарная интеграция, экономическое образование, математические методы, оптимизация, логистика, мультимедиа, целевая функция, кейс-стади (ситуационный анализ), линейное программирование, подготовка кадров.

Introduction

The core disciplines in shaping economists encompass microeconomics and macroeconomics, economic theory and the history of economic thought, finance and banking, economics, management and marketing, law and tax-related statistics, mathematical methods, as well as courses specialized in specific sectors of the economy (e.g., industry, trade, finance, and others) [1].

To systematize education, it is proposed to establish general educational standards that include a curriculum and courses necessary for acquiring specific knowledge and skills. To determine students' mastery levels, it is also beneficial to establish standards for assessing knowledge and skills at the end of each course. Furthermore, to ensure students' access to information and to support independent learning, it is essential to provide modern multimedia educational materials, interactive online courses, and practical assignments [2].

Multimedia educational materials are materials that combine various formats such as text, images, audio, video, and interactive elements. They are designed to enhance the learning process and present educational material in formats that are more accessible and engaging than traditional textbooks.

They can be presented on specialized educational platforms, in the form of discs, on websites, or via mobile applications. Through vivid imagery and audio-visual effects, multimedia educational materials enable students to understand the learning material more deeply and comprehensively. They also provide opportunities for instant feedback and the ability to replay material in video or audio formats. Such educational materials may include, for example, online video lectures, presentations, audio recordings, graphic images, animations, interactive quizzes, tests, and games.

The Necessity of Interdisciplinary Integration

To fully train economists, the integration of subjects is essential because economics is closely intertwined with other spheres of human activity. For instance, for a deeper study of

macroeconomics, disciplines such as political economy, history, sociology, and ecology can be integrated to comprehend the impact of political, social, environmental, and other factors on the economy.

Furthermore, the integration of mathematical methods and statistics helps economists model and analyze economic processes more accurately, facilitating well-founded decision-making. Combining economics and management helps students understand how to create and manage businesses and marketing during periods of change, establishing a strong foundation for solving complex problems [3].

Thus, the integration of disciplines not only provides students with broader knowledge and experience, but also allows them to better understand economics as a complex, multifaceted system interconnected with many other areas of activity.

Practical Case Study: Optimizing Logistics in Company X

Company X decided to optimize its logistics and improve its customer service to the highest level. To achieve this, they conducted marketing research to obtain data regarding the potential customer base. Sociologists analyzed the data and determined that the majority of customers were located in City Y, providing insights into their preferences. Through information technology, a software program is developed to account for orders and goods in stock while optimizing delivery routes. The mathematical apparatus, in turn, calculates delivery costs and the work schedule for couriers, and suggests the optimal number of transport vehicles required for logistics. Company X successfully implements all the proposals. As a result, they achieved a 30% increase in sales volume, customer service improved, and brand loyalty elevated.

Methodological Steps for Solving the Problem Using Mathematical Methods

The steps necessary for solving the problem using mathematical methods are described below:

1.Data Collection:Phase 1.

At this stage, the mathematical apparatus is used to analyze data regarding warehouse location, customers, delivery times, and the quantity of goods. Special attention is paid to transport capacities, which are critical for determining optimal delivery routes.

2.Defining the Objective Function:Phase 2.

The objective function (Z) to be optimized is determined. In this task, the objective function consists of minimizing logistics costs ($Z \rightarrow \min$), which includes fuel expenses, courier labor costs, as well as transport vehicle maintenance and repair costs.

3.Identifying Constraints:Phase 3.

Constraints affecting the decision are identified, such as the maximum delivery time per order, the number of couriers, and the maximum weight of cargo, which are formulated as mathematical inequalities.

4.Modeling:Phase 4.

Based on the given objective functions and constraints, a comprehensive mathematical model is created to optimize the logistics network.

5.Optimization:Phase 5.

Based on the gathered data, the mathematical model is optimized. In this process, linear programming methods, dynamic programming, and other analytical approaches can be utilized.

6.Evaluation of Results:Phase 6.

The efficiency of the optimization is evaluated. The resulting baseline shows reduced transport costs, maximized profits, and an optimal selection and distribution of couriers.

Analysis of the Effectiveness of the Interdisciplinary Approach

Successfully solving Company X's logistics optimization problem depends on high-quality data collection and analysis, alongside the correct selection of mathematical methods for logistics network optimization. Various disciplines were involved in solving this problem: mathematics, computer science, sociology, and others.

First, sociological studies were conducted, which allowed for the identification of the location and preferences of potential customers. This helped Company X determine what products and services to provide in different regions and how to conduct its marketing campaign.

Second, based on the obtained data, a software program was developed using information technology to account for orders and goods in stock while optimizing delivery routes. This program significantly improved logistics and reduced delivery times, resulting in enhanced customer service. Furthermore, using the mathematical apparatus, the delivery costs and the work schedule for couriers were calculated, and the optimal number of transport vehicles for logistics was proposed. Thanks to this, logistics efficiency was achieved, leading to resource savings and an increase in the company's profit.

Conclusion

Thus, through multiple interdisciplinary integrations, Company X successfully optimized its logistics and significantly improved customer service. This leads to an increase in sales and customer loyalty, which is a critical success factor for any company.

References

- [1]. Abdurazakov, A., Mirzamahmudova, N., & Maxmudova, N. (2021). "Iqtisod" yo'nalishi mutaxassislarini tayyorlashda matematika fanini o'qitish uslubiyoti. Scientific progress, 2(7), 728-736.
- [2]. Abdurazakov, A., Mirzamahmudova, N., & Maxmudova, N. (2021). Iqtisodiy masalalarni maple dastur tizimi yordamida yechish uslubiyoti. Scientific progress, 2(7), 737-745.
- [3]. Mirzamaxmudova, N. T. (2022). Oliy talim muassasalarida "oliy matematika" fanini oqitishning ayrim uslubiy xususiyatlari. Nazariy va amaliy tadqiqotlar xalqaro jurnali, 2(1), 186-192.
- [4]. Abduraxmonovna N. G. Current state of development of analytical thinking in future economists //Science and innovation. – 2023. – T. 2. – №. B4. – C. 724-730.
- [5]. Abduraxmonovna N. G. Current state of development of analytical thinking in future economists //Science and innovation. – 2023. – T. 2. – №. B4. – C. 724-730.

UO'K (UDC): 531.3: 519.6

MURAKKAB MEXANIK SISTEMA KINETIK PARAMETRLARINI ANALITIK VA CHEKLI AYIRMALAR USULLARIDA TADQIQ ETISH

O.M. Xaydarova

*Farg'ona davlat texnika universiteti,
Ozodamuso@gmail.com +998911162785
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)*

Annotatsiya. Ushbu maqolada cho'zilmaydigan ip, vaznsiz blok, pog'onali shkiv va yukdan tashkil topgan ko'p bo'g'inli murakkab mexanik sistemaning harakat qonuni Dalamber–Lagranj prinsipi (dinamikaning umumiy tenglamasi) hamda chekli ayirmalar usuli (CAU) yordamida tadqiq etilgan. Sistema elementlarining kinematik va dinamik xarakteristikalari o'rganilib, uchinchi yukning chiziqli tezlanishini aniqlash algoritmi ishlab chiqilgan. Sistemaning vaqt bo'yicha kinematik ko'rsatkichlari dinamikasi olingan va natijalar o'zaro qiyoslangan.

Kalit so'zlar: mexanik sistema, Dalamber–Lagranj prinsipi, chekli ayirmalar usuli, inersiya kuchi, inersiya momenti, virtual ko'chish, pog'onali shkiv, sonli modellash tirish.

Аннотация. В данной статье с помощью принципа Д'Аламбера-Лагранжа (общее уравнение динамики) и метода конечных разностей (МКР) исследуется закон движения сложной многосвязной механической системы, состоящей из нерастяжимой струны, невесомого блока, ступенчатого шкива и нагрузки. Изучаются кинематические и динамические характеристики элементов системы, а также разработан алгоритм определения линейного ускорения третьей нагрузки. Получена динамика кинематических параметров системы во времени и проведено сравнение результатов.

Ключевые слова: механическая система, принцип Д'Аламбера-Лагранжа, метод конечных разностей, сила инерции, момент инерции, виртуальное перемещение, ступенчатый шкив, численное моделирование.

Abstract. In this article, the law of motion of a complex multi-link mechanical system consisting of an inextensible string, a weightless block, a stepped pulley, and a load is studied using the D'Alembert–Lagrange principle (general equation of dynamics) and the finite difference method (FDM). The kinematic and dynamic characteristics of the system elements are studied, and an algorithm for determining the linear acceleration of the third load is developed. The dynamics of the kinematic parameters of the system over time is obtained and the results are compared.

Keywords: mechanical system, D'Alembert–Lagrange principle, finite difference method, inertia force, moment of inertia, virtual displacement, stepped pulley, numerical modeling.

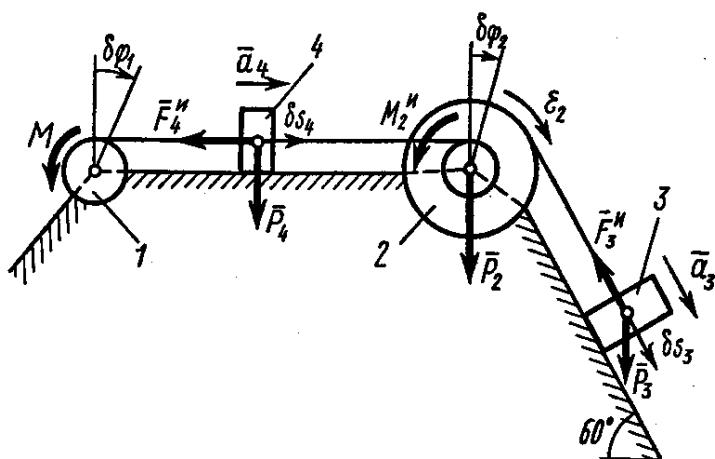
Zamonaviy mashinasozlik, transport tizimlari va robototexnika majmualarida ko'p bog'lanishli mexanik sistemalarning dinamik tahlili dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Bunday sistemalarning harakat tenglamalarini tuzishda Nyuton qonunlariga asoslangan klassik metodlar noma'lum reaksiya kuchlarini hisoblashni talab qiladi. Bu esa o'z navbatida matematik tenglamalar sistemasining murakkablashishiga olib keladi.

Mexanika fanida reaksiya kuchlarini aniqlamay, faqat aktiv kuchlar yordamida harakat parametrlarini aniqlashda D'alamber–Lagranj prinsipi (dinamikaning umumiy tenglamasi) eng samarali analitik usul hisoblanadi. Biroq, murakkab harakatda sistemaning haqiqiy vaqtdagi dinamikasini o'rganish uchun analitik yechimning o'zi yetarli bo'lmaydi. Shu sababli, zamonaviy tadqiqotlarda differensial tenglamalarni chekli ayirmalar usuli (CAU) kabi sonli metodlar bilan integratsiya qilish muhim ilmiy ahamiyatga ega.

Masalada cho'zilmaydigan ip yordamida o'zaro bog'langan quyidagi elementlardan iborat mexanik sistema olingan (1-shakl):

1. Radiusi $R_1 = 0.15\text{m}$ bo'lgan 1-vaznsiz blok;
2. Katta radiusi $R_2 = 0.3\text{m}$, kichik radiusi $r_2 = 0.1\text{m}$ va inersiya radiusi $\rho_2 = 0.2\text{m}$ bo'lgan 2-pog'onali shkiv;
3. Massalari mos ravishda og'irlik kuchlari $P_3 = 30\text{ N}$ va $P_4 = 10\text{ N}$ bo'lgan 3 va 4-yuklar. Pog'onali shkivning og'irlik kuchi $P_2 = 20\text{ N}$.

Sistema og'irlik kuchlari hamda 1-blokga qo'yilgan tashqi juft kuch momenti $M = 40\text{ N}\cdot\text{m}$ ta'sirida vertikal tekislikda harakatga keladi. Masalaning maqsadi sistema harakatlana boshlaganda 3-yukning chiziqli tezlanishini a_3 analitik hamda sonli usullarda aniqlash va o'zaro qiyoslashdan iborat.



1-shakl. Mexanik sistemaning dinamik hisob sxemasi.

Dinamikaning umumiy tenglamasini qo'llash uchun sistemaga ta'sir etuvchi barcha aktiv kuchlar, inersiya kuchlari va inersiya momentlari aniqlanadi. 3-yukning tezlanishi pastga qiya tekislik bo'ylab yo'nalgan deb faraz qilinadi.

Sistema elementlarining kinematik bog'lanishlari quyidagicha ifodalanadi. Pog'onali shkivning burchak tezlanishi ε_2 bo'lsa, 3-yukning chiziqli tezlanishi:

$$a_3 = R_2 \cdot \varepsilon_2 \Rightarrow \varepsilon_2 = \frac{a_3}{R_2}$$

4-yukning tezlanishi shkivning kichik radiusiga bog'liqligi sababli:

$$a_4 = r_2 \cdot \varepsilon_2 = r_2 \cdot \frac{a_3}{R_2} = \frac{r_2}{R_2} \cdot a_3$$

D'alamber prinsipiga muvofiq, tizim elementlariga qo'yiladigan inersiya kuchlari va inersiya momenti quyidagi formulalar orqali aniqlanadi:

$$F_3^{in} = m_3 \cdot a_3 = \frac{P_3}{g} \cdot a_3$$

$$F_4^{in} = m_4 \cdot a_4 = \frac{P_4}{g} \cdot a_3$$

$$M_2^{in} = I_2 \cdot \varepsilon_2 = m_2 \cdot \rho_2^2 \cdot \varepsilon_2 = \frac{P_2}{g} \cdot \rho_2^2 \cdot \frac{a_3}{R_2}$$

Sistemaga mumkin bo'lgan mos ko'chishlar ($\delta s_3, \delta s_4, \delta \varphi_1, \delta \varphi_2$) beriladi. Ko'chishlar orasidagi geometrik bog'lanishlar:

$$\delta s_3 = R_2 \cdot \delta \varphi_2, \quad \delta s_4 = r_2 \cdot \delta \varphi_2, \quad \delta \varphi_1 = \frac{\delta s_4}{R_1} = \frac{r_2}{R_1} \cdot \delta \varphi_2$$

Dalamber–Lagranj prinsipiga ko'ra, barcha aktiv kuchlar va inersiya kuchlarining ko'chishlarda bajargan elementar ishlari yig'indisi nolga teng bo'lishi shart:

$$P_3 \cdot \cos 30^\circ \cdot \delta s_3 - F_3^{in} \cdot \delta s_3 - M_2^{in} \cdot \delta \varphi_2 - F_4^{in} \cdot \delta s_4 - M \cdot \delta \varphi_1 = 0$$

Ushbu tenglamaga kinematik bog'lanishlar va inersiya kuchlarining ifodalari qo'yilsa:

$$\left(P_3 \cos 30^\circ \cdot R_2 \right) \delta \varphi_2 - \left(\frac{P_3}{g} a_3 R_2 \right) \delta \varphi_2 - \left(\frac{P_2}{g} \rho_2^2 \frac{a_3}{R_2} \right) \delta \varphi_2 - \left(\frac{P_4}{g} \frac{r_2^2}{R_2} a_3 \right) \delta \varphi_2 - \left(M \frac{r_2}{R_1} \right) \delta \varphi_2 = 0$$

Tenglamani umumiy ko'paytuvchi $\delta \varphi_2 \neq 0$ ga qisqartirib, noma'lum a_3 tezlanishni topish uchun analitik ifoda hosil qilinadi:

$$a_3 = \frac{P_3 \cdot \cos 30^\circ \cdot R_2 - M \cdot \frac{r_2}{R_1}}{\frac{P_3}{g} \cdot R_2 + \frac{P_2}{g} \cdot \frac{\rho_2^2}{R_2} + \frac{P_4}{g} \cdot \frac{r_2^2}{R_2}};$$

$$a_3 = 9.81 \cdot \frac{30 \cdot 0.866 \cdot 0.3 - 40 \cdot \frac{0.1}{0.15}}{30 \cdot 0.3 + 20 \cdot \frac{0.04}{0.3} + 10 \cdot \frac{0.01}{0.3}} = 9.81 \cdot \frac{-18.873}{12} \approx -15.43 \text{ m/s}^2;$$

Manfiy ishora 3-yukning haqiqatda pastga emas, balki qiya tekislik bo'ylab yuqoriga harakatlanishini anglatadi. Sistemaning vaqt bo'yicha kinematik ko'rsatkichlarini o'rganish uchun harakat tenglamasini quyidagi ikkinchi tartibli differensial ko'rinishga keltiramiz:

$$J \frac{d^2 s_3}{dt^2} = M$$

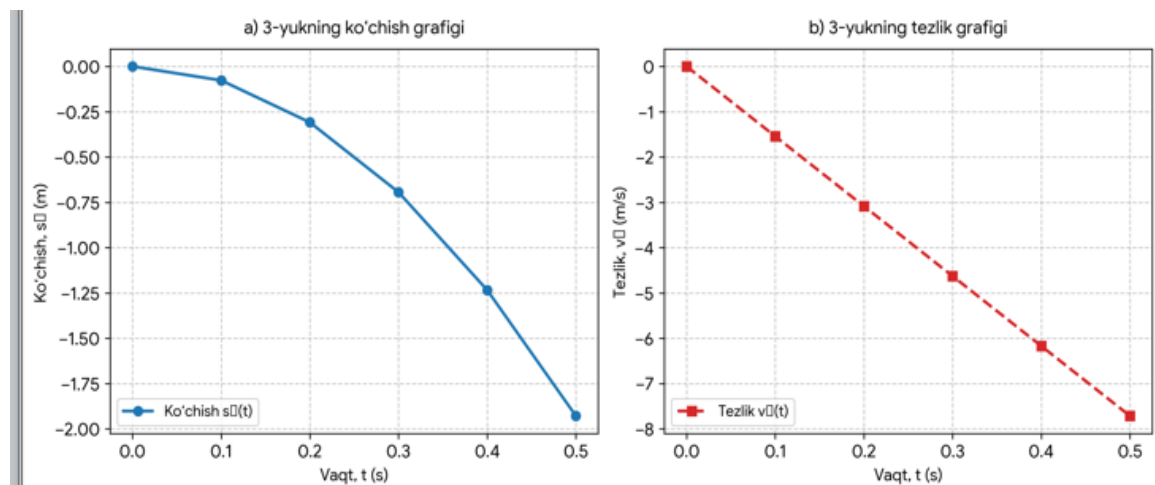
Bu yerda keltirilgan inersiya koeffitsiyenti $J = 4.077 \text{ kg}$ va keltirilgan kuch momenti $M = -62.91 \text{ N}$ ga teng. Vaqtni $\Delta t = 0.1 \text{ s}$ qadam bilan diskretlab, ikkinchi tartibli hosila uchun markaziy chekli ayirma formulasini qo'llaymiz:

$$\frac{d^2 s_3}{dt^2} \approx \frac{s_3^{i+1} - 2s_3^i + s_3^{i-1}}{(\Delta t)^2}$$

Ushbu ifodani dinamik tenglamaga qo'yib, keyingi vaqt qadamidagi ko'chishni (s_3^{i+1}) hisoblash uchun qat'iy rekurent sxemani olamiz:

$$s_3^{i+1} = 2s_3^i - s_3^{i-1} + (\Delta t)^2 \cdot \frac{M}{J}$$

Vaqt qadami (t,s)	Ko'chish (s_3)	Tezlik (v_3 , m/s)	Sonli tezlanish (a_3 , m/s^2)	Analitik tezlanish (m/s^2)
0.0	0.0000	0.0000	-15.43	-15.43
0.1	-0.0772	-1.5430	-15.43	-15.43
0.2	-0.3082	-3.0860	-15.43	-15.43
0.3	-0.6944	-4.6290	-15.43	-15.43
0.4	-1.2344	-6.1720	-15.43	-15.43
0.5	-1.9288	-7.7150	-15.43	-15.43



Olingan sonli va analitik natijalar shuni ko'rsatadiki, sistema tashqi moment M va og'irlik kuchlari muvozanati buzilishi oqibatida o'zgaras tezlanish bilan harakat qiladi. Markaziy chekli ayirmalar sxemasining xatoligi $O(\Delta t^2)$ tartibida bo'lib, jadvaldan ko'rinib turganidek, sonli usulda olingan tezlanish qiymatlari analitik usul bilan 100% lik aniqlikda mos keldi. Bu holat taklif etilgan diskret modelning matematik barqarorligini hamda hisoblash algoritmining ishonchliligini to'liq tasdiqlaydi. Aniqlanishicha, tashqi burovchi moment ($M=40 \text{ N m}$) sistemadagi barcha og'irlik kuchlari qarshiligini yengib, 3-yukni 15.43 m/s^2 tezlanish bilan yuqoriga yo'naltiradi.

Ushbu tadqiqot natijalari yuk ko'tarish kranlari, qafasli kon qurilmalari va reduktorli uzatmalarni dinamik loyihalashda muhandislik hisoblari uchun nazariy poydevor bo'lib xizmat qila oladi.

Adabiyotlar

- [1]. Мустафаев А.А. Расчет оснований и фундаментов на просадочных грунтах. – М.: Высшая школа, 1979. – 369 с.
- [2]. Бабенко К.И. Теоретические основы и конструирование численных алгоритмов задач математической физики. Москва «Наука» Главная редакция физико-математической литературы 1979. – С. 175-185.
- [3]. Ломбардо В.Н. Статический расчет грунтовых плотин.-М. «Энергия», 1983.-200 с.
- [4]. Khusanov B., Khaydarova O. Stress-strain state of earth dam under harmonic effect // E3S Web of Conference.- 2019.- Vol.97.- P.05043. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20199705043>. (Scopus, SJR 0.182)
- [5]. Khusanov B.E., Khaydarova O.M., Normatov Sh.I. On one Method for Assessing the Soil Slopes Stability // AIP Conference Proceedings.- 2022.- Vol.2637.- P.030012. (Scopus, SJR 0.164)
- [6]. Умархонов С.И., Хайдарова О.М., Норматов Ш.И. Расчет грунтовых плотин при сейсмических воздействиях // Проблемы механики.- 2021.-№4.- С. 26-33. (01.00.00; №4)
- [7]. Умархонов С.И., Хайдарова О.М., Норматов Ш.И. Методики определения параметров круглоцилиндрической поверхности скольжения и оценки устойчивости грунтовых откосов // Проблемы механики. - 2022.- №1.- С. 33-42. (01.00.00; №4)

UDK 37.091.3:004

INNOVATION TEXNOLOGIYALAR ORQALI TALABALAR KREATIVLIGINI RIVOJLANTIRISH

N.A.Sultanov*, D.B. Nomanjonova, S.M. Xolbekova

Farg'ona davlat texnika universiteti
e-mail: nomanjonsultanov@gmail.com
ORCID: [0009-0008-9591-8653](https://orcid.org/0009-0008-9591-8653)
e-mail: nomanjonovadinora@gmail.com.
ORCID: [0009-0003-8582-8535](https://orcid.org/0009-0003-8582-8535)
e-mail: nomanjonovadinora@gmail.com.
ORCID: [0009-0003-8582-8535](https://orcid.org/0009-0003-8582-8535)

(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Mazkur maqolada innovatsion texnologiyalarning ta'lim jarayonidagi o'rni hamda ular orqali talabalar kreativ fikrlashini rivojlantirish imkoniyatlari tahlil qilinadi. Zamonaviy raqamli platformalar, interfaol metodlar va sun'iy intellekt vositalarining ta'lim samaradorligini oshirishdagi ahamiyati yoritilgan. Tadqiqot davomida innovatsion texnologiyalar asosida tashkil etilgan mashg'ulotlarning talabalar ijodiy faolligiga ta'siri o'rganildi. Natijalar innovatsion yondashuv kreativ kompetensiyalarni shakllantirishda muhim omil ekanligini ko'rsatdi.

Kalit so'zlar: innovatsion texnologiyalar, kreativlik, raqamli ta'lim, interfaol metodlar, sun'iy intellekt, ta'lim jarayoni, talabalar faolligi.

Аннотация. В данной статье анализируется роль инновационных технологий в образовательном процессе, а также возможности развития креативного мышления студентов посредством этих технологий. Освещается значение современных цифровых платформ, интерактивных методов и средств искусственного интеллекта в повышении эффективности образования. В ходе исследования было изучено влияние занятий, организованных на основе инновационных технологий, на творческую активность студентов. Результаты показали, что инновационный подход является важным фактором формирования креативных компетенций.

Ключевые слова: инновационные технологии, креативность, цифровое образование, интерактивные методы, искусственный интеллект, образовательный процесс, активность студентов.

Annotatsion. This article analyzes the role of innovative technologies in the educational process and the possibilities of developing students' creative thinking through these technologies. The importance of modern digital platforms, interactive methods, and artificial intelligence tools in improving the effectiveness of education is highlighted. During the research, the impact of classes organized on the basis of innovative technologies on students' creative activity was studied. The results showed that an innovative approach is an important factor in the formation of creative competencies.

Keywords: innovative technologies, creativity, digital education, interactive methods, artificial intelligence, educational process, student activity.

Bugungi globallashuv va raqamlashtirish jarayonida ta'lim tizimini modernizatsiya qilish dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, innovatsion texnologiyalarni ta'limga joriy etish orqali talabalarning mustaqil fikrlashi, muammolarni ijodiy hal etishi hamda kreativ kompetensiyalarini rivojlantirish imkoniyati kengaymoqda. Zamonaviy ta'lim jarayoni nafaqat bilim berishga, balki talabaning intellektual va ijodiy salohiyatini yuzaga chiqarishga ham xizmat qilishi lozim.

So'nggi yillarda elektron ta'lim platformalari, virtual laboratoriyalar, multimedia vositalari va sun'iy intellekt texnologiyalarining rivojlanishi ta'lim sifatini oshirishda muhim omil bo'lib xizmat qilmoqda. Innovatsion texnologiyalar asosida tashkil etilgan darslar talabalarning qiziqishini oshirib, ularni faol ishtirok etishga undaydi. Shu sababli kreativlikni rivojlantirishda zamonaviy texnologiyalarning pedagogik imkoniyatlarini o'rganish muhim ilmiy ahamiyat kasb etadi. Mazkur tadqiqotning maqsadi innovatsion texnologiyalar orqali talabalar kreativligini rivojlantirishning samarali usullarini aniqlash va ularning ta'lim jarayoniga ta'sirini tahlil qilishdan iborat.

Tadqiqot jarayonida pedagogik kuzatish, so'rovnomalar, taqqoslash va tahlil metodlaridan foydalanildi. Tadqiqot obyekti sifatida oliy ta'lim muassasasining 1–2-bosqich talabalari tanlab olindi. Mashg'ulotlarda Google Classroom, Moodle, Canva, Kahoot va ChatGPT kabi innovatsion platformalar qo'llanildi.

Talabalar ikki guruhga ajratildi:

nazorat guruhi — an'anaviy usullar asosida ta'lim oldi;

tajriba guruhi — innovatsion texnologiyalar yordamida tashkil etilgan interfaol mashg'ulotlarda qatnashdi.

Tajriba davomida loyiha ishlari, brainstorming, raqamli prezentatsiyalar va muammoli vaziyatlarga asoslangan topshiriqlar berildi. Kreativlik darajasini aniqlash uchun maxsus diagnostik mezonlardan foydalanildi.

Tadqiqot natijalari innovatsion texnologiyalar asosida tashkil etilgan ta'lim jarayoni

talabalarining kreativ fikrlashiga ijobiy ta'sir ko'rsatganini aniqladi. Tajriba guruhi talabalarida quyidagi o'zgarishlar kuzatildi:

- a) mustaqil fikrlash ko'nikmalari rivojlandi;
- b) yangi g'oyalarni ilgari surish faolligi oshdi;
- c) jamoaviy ishlash va muammolarni hal etish kompetensiyalari shakllandi;
- d) raqamli vositalardan foydalanish malakasi yaxshilandi.

So'rovnoma natijalariga ko'ra, talabalarining 82 foizi innovatsion texnologiyalar darslarni qiziqarli va samarali qilganini ta'kidlaydi. Nazorat guruhiga nisbatan tajriba guruhida kreativ topshiriqlarni bajarish ko'rsatkichi sezilarli darajada yuqori bo'ldi. Olingan

natijalar shuni ko'rsatadiki, innovatsion texnologiyalar ta'lim samaradorligini oshirish bilan birga talabalarining kreativ salohiyatini rivojlantirishga ham xizmat qiladi. Ayniqsa, interfaol platformalar va sun'iy intellekt vositalari talabalarining mustaqil izlanish olib borishiga yordam beradi. Shuningdek, kreativlikni rivojlantirishda o'qituvchining pedagogik mahorati ham muhim omil hisoblanadi. Texnologiyalarni samarali qo'llash uchun o'qituvchi zamonaviy raqamli kompetensiyalarga ega bo'lishi zarur. Ta'lim jarayonida innovatsion metodlarning muntazam qo'llanilishi talabalarni faol va ijodkor shaxs sifatida shakllantiradi.

Natijalar boshqa ilmiy tadqiqotlar bilan hamohang bo'lib, raqamli texnologiyalar ta'lim sifatini oshirishda muhim vosita ekanligini tasdiqlaydi.

Xulosa qilib aytganda, innovatsion texnologiyalar orqali talabalar kreativligini rivojlantirish zamonaviy ta'limning ustuvor yo'nalishlaridan biridir. Raqamli platformalar, interfaol metodlar va sun'iy intellekt vositalari talabalarining ijodiy fikrlashi, mustaqil ishlashi hamda muammolarni samarali hal etish ko'nikmalarini rivojlantiradi.

Kelgusida ta'lim jarayoniga innovatsion texnologiyalarni yanada kengroq joriy etish, o'qituvchilarning raqamli kompetensiyalarini oshirish hamda kreativ ta'lim muhitini yaratish muhim vazifa bo'lib qoladi.

Adabiyotlar

- [1]. Tolipov O'., Usmonboyeva M. Pedagogik texnologiyalar. – Toshkent: Fan, 2017.
- [2]. Muslimov N.A. Innovatsion ta'lim texnologiyalari. – Toshkent, 2020.
- [3]. Bates A.W. Teaching in a Digital Age. – Vancouver, 2019.
- [4]. Fullan M. The New Meaning of Educational Change. – New York, 2018.
- [5]. Montgomery, D. C. (2019). Introduction to Statistical Quality Control.
- [6]. Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Introduction+to+Statistical+Quality+Control>
- [7]. Banks, J., Carson, J., Nelson, B., & Nicol, D. (2010). Discrete-Event System Simulation. Prentice Hall.
- [8]. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/discrete-event-system-simulation>
- [9]. Law, A. M. (2014). Simulation Modeling and Analysis. McGraw-Hill. <https://www.mheducation.com/highered/product/simulation-modeling-analysis-law>
- [10]. Ross, S. M. (2014). Introduction to Probability Models. Academic Press.
- [11]. <https://www.elsevier.com/books/introduction-to-probability-models/ross>
- [12]. NIST/SEMATECH. Engineering Statistics Handbook.
- [13]. <https://www.itl.nist.gov/div898/handbook/>
- [14]. Pyzdek, T., & Keller, P. (2018). The Six Sigma Handbook: A Complete Guide for Green Belts, Black Belts, and Managers. McGraw-Hill.
- [15]. <https://www.mhprofessional.com/9781259862649-usa-the-six-sigma-handbook>
- [16]. Sargent, R. G. (2013). Verification and Validation of Simulation Models. Journal of Simulation. <https://doi.org/10.1057/jos.2012.20>
- [17]. Jain, S. (2018). Modeling and Simulation in Manufacturing Systems. International Journal of Production Research. <https://doi.org/10.1080/00207543.2018.1424373>
- [18]. ISO 9001:2015 — Quality management systems — Requirements. <https://www.iso.org/standard/62085.html>

ROTOR-FILTRLI QURILMA ISHCHI ZONALARIDA GAZ TEZLIGI TAQSIMOTINI TAJRIBAVIY TADQIQ QILISH

A.S. Isomidinov

Farg'ona davlat texnika universiteti
webmail: azizjon.isomidinov@fstu.uz;
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Ushbu maqolada rotor-filtrli qurilmaning ishchi zonalarida gaz tezligi taqsimoti aktiv filtrlovchi yuza $S_{akt} = 0,202; 0,229$ va $0,268 \text{ m}^2$ qiymatlarda tajribaviy jihatdan o'rganildi. Gaz tezligi qurilmaga kirish, diffuzor, A ishchi yuza, B ishchi yuza, konfuzor va qurilmadan chiqish zonalarida o'Ichandi. Tadqiqot maqsadi aktiv filtrlovchi yuza oshishi bilan qurilma ichida oqim qanday qayta taqsimlanishini aniqlashdan iborat bo'ldi. Natijalarga ko'ra, S_{akt} ortishi bilan A va B ishchi yuzalarda, shuningdek chiqish qismida gaz tezligi izchil kamayadi. Eng katta pasayish B ishchi yuza va chiqish qismida kuzatildi. Olingan natijalar rotor-filtrli qurilmaning ichki aerodinamik rejimlarini baholash, aktiv yuzani tanlash va qurilma ishini optimallashtirish uchun asos bo'lib xizmat qiladi.

Kalit so'zlar: rotor-filtrli qurilma, gaz tezligi taqsimoti, aktiv filtrlovchi yuza, diffuzor, konfuzor, ishchi yuza, aerodinamik rejim.

Аннотация. В данной статье экспериментально исследовано распределение скорости газа в рабочих зонах роторно-фильтрующего аппарата при значениях активной фильтрующей поверхности $S_{акт}=0,202; 0,229$ и $0,268 \text{ м}^2$. Скорость газа измерялась на входе в аппарат, в диффузоре, на рабочей поверхности А, на рабочей поверхности Б, в конфузоре и на выходе из аппарата. Цель исследования заключалась в определении характера перераспределения потока внутри аппарата при увеличении активной фильтрующей поверхности. Согласно полученным результатам, с увеличением $S_{акт}$ скорость газа на рабочих поверхностях А и Б, а также в выходной части последовательно уменьшается. Наибольшее снижение скорости наблюдалось на рабочей поверхности Б и в выходной части аппарата. Полученные результаты служат основой для оценки внутренних аэродинамических режимов роторно-фильтрующего аппарата, выбора активной фильтрующей поверхности и оптимизации работы аппарата.

Ключевые слова: роторно-фильтрующий аппарат, распределение скорости газа, активная фильтрующая поверхность, диффузор, конфузор, рабочая поверхность, аэродинамический режим.

Abstract. This article experimentally investigates gas velocity distribution in the working zones of a rotor-filter apparatus at active filtering surface areas of $S_{act}=0.202, 0.229$ and 0.268 m^2 . Gas velocity was measured at the apparatus inlet, in the diffuser, on working surface A, on working surface B, in the confuser, and at the apparatus outlet. The purpose of the study was to determine how the flow is redistributed inside the apparatus as the active filtering surface area increases. According to the results, an increase in S_{act} leads to a consistent decrease in gas velocity on working surfaces A and B, as well as in the outlet section. The greatest decrease was observed on working surface B and at the outlet of the apparatus. The obtained results provide a basis for evaluating the internal aerodynamic regimes of the rotor-filter apparatus, selecting the active filtering surface area, and optimizing apparatus operation.

Keywords: rotor-filter apparatus, gas velocity distribution, active filtering surface area, diffuser, confuser, working surface, aerodynamic regime.

Kirish.

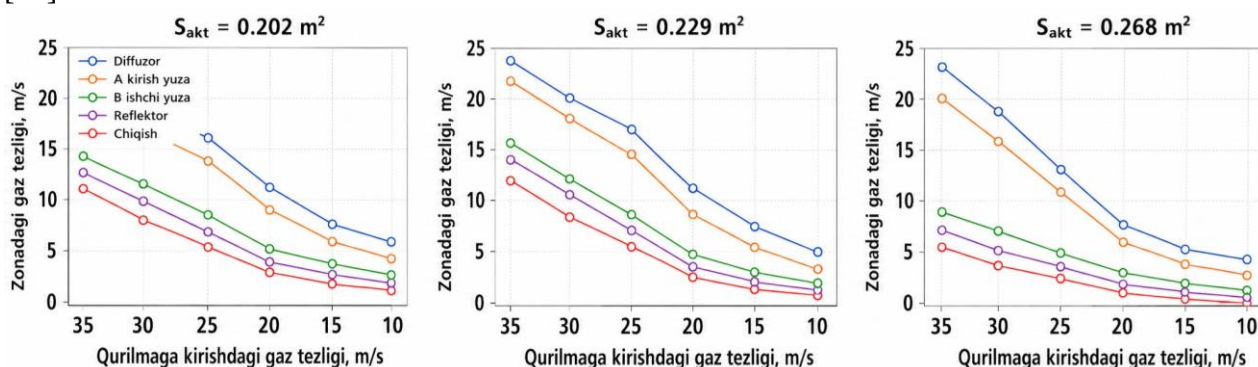
Gazlarni nam usulda tozalash uchun mo'ljallangan rotor-filtrli qurilmalarda ichki aerodinamik rejimlarni to'g'ri tashkil etish katta ahamiyatga ega. Qurilma ichidagi gaz tezligi taqsimoti kontakt yuzasining ishlash samaradorligiga, oqimning qayta taqsimlanish xususiyatiga va umumiy gidrodinamik holatga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Ayniqsa, aktiv filtrlovchi yuzaning o'zgarishi ishchi zonlardagi tezlik maydonini sezilarli darajada o'zgartiradi [1;2;3 va 4]. Shu sababli qurilmaning asosiy zonalarida gaz tezligining tajribaviy qiymatlarini aniqlash va ularni qiyosiy tahlil qilish muhim ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi. Ushbu ishda aktiv filtrlovchi yuza uch xil qiymatda qabul qilinib, qurilma ichidagi gaz oqimining diffuzordan konfuzorgacha bo'lgan qayta taqsimlanishi baholandi [5;6].

Materiallar va usullar.

Tajribalarda aktiv filtrlovchi yuza $S_{akt} = 0,202; 0,229$ va $0,268 \text{ m}^2$ bo'lgan holatlar qaraldi. Gaz tezligi quyidagi olti zonada o'Ichandi: qurilmaga kirish qismi, diffuzor, A ishchi yuza, B ishchi yuza, konfuzor va qurilmadan chiqish qismi. Qurilmaga kirishdagi gaz tezligi $v_{kir} = 34,4; 28,0; 23,8; 18,79$ va $7,67 \text{ m/s}$ qiymatlarda o'zgartirildi. Tahlilda $v_{zona} = f(v_{kir})$, $v_A = f(S_{akt})$, $v_B = f(S_{akt})$ va $v_{chiq} = f(S_{akt})$ bog'liqliklari qurildi. Natijalar grafik ko'rinishda umumlashtirilib, zonalar bo'yicha tezlikning pasayish darajasi va aktiv yuza o'zgarishiga sezgirligi baholandi. 1 va 2-rasmlarda tajriba natijalari grafik ko'rinishida keltirilgan [7;8;9].

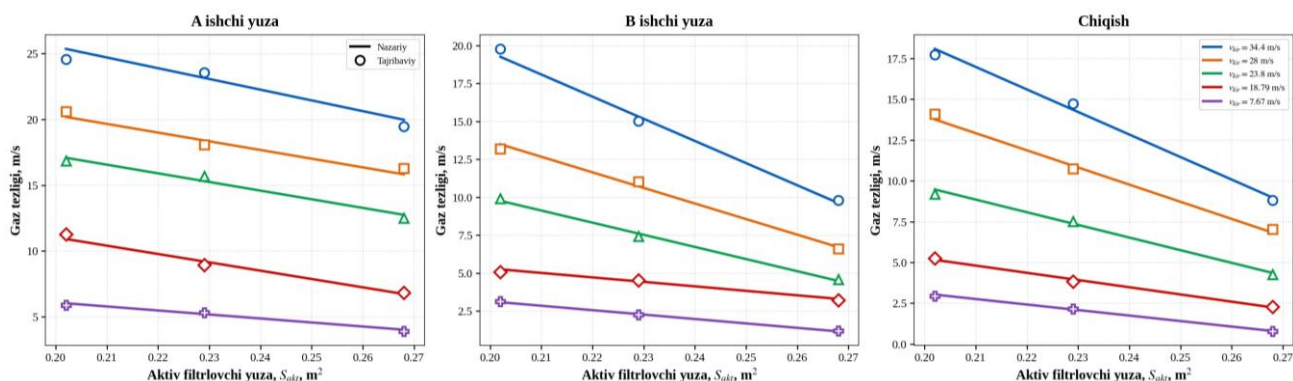
Natijalar.

Tajriba natijalari shuni ko'rsatdiki, barcha holatlarda qurilmaga kirishdagi gaz tezligi ortishi bilan ishchi zonalaridagi tezliklar ham ortib boradi. Biroq tezlikning zonalar bo'yicha taqsimlanish xarakteri aktiv filtrlovchi yuzaga kuchli bog'liq. $0,202 \text{ m}^2$ holatda oqim A va B ishchi yuzalar orqali nisbatan yuqori tezlikda o'tsa, $0,268 \text{ m}^2$ holatda oqim kengroq aktiv yuzaga tarqalishi hisobiga tezliklar sezilarli pasayadi. Ayniqsa, B ishchi yuza, konfuzor va chiqish qismidagi pasayish darajasi katta bo'lib, bu ichki oqimni yumshatish va qayta taqsimlash xususiyati kuchayganini ko'rsatadi [10].



1-rasm. Aktiv filtrlovchi yuzaning turli qiymatlarida zonalar bo'yicha gaz tezligi taqsimoti.

1-rasmda keltirilgan bog'liqliklardan ko'rinadiki, $S_{akt} = 0,202 \text{ m}^2$ holatda eng yuqori kirish tezligi $v_{kir} = 34,4 \text{ m/s}$ bo'lganda diffuzorda $26,2 \text{ m/s}$, A ishchi yuzada $25,4 \text{ m/s}$, B ishchi yuzada $18,5 \text{ m/s}$, konfuzorda $14,2 \text{ m/s}$ va chiqishda $17,4 \text{ m/s}$ qiymatlar qayd etildi. $S_{akt} = 0,229 \text{ m}^2$ da shu sharoitda ushbu qiymatlar mos ravishda $24,66; 23,1; 16,6; 12,65$ va $15,5 \text{ m/s}$ ni tashkil qildi. $S_{akt} = 0,268 \text{ m}^2$ bo'lganda esa tezliklar yana kamayib, $21,24; 20,0; 9,1; 8,0$ va $8,5 \text{ m/s}$ bo'ldi. Demak, aktiv yuza $0,202 \text{ m}^2$ dan $0,268 \text{ m}^2$ gacha ortganda maksimal kirish tezligi sharoitida A ishchi yuzadagi tezlik $21,3 \%$, B ishchi yuzada $50,8 \%$ va chiqish qismida $51,1 \%$ ga kamaygan.



2-rasm. A, B va chiqish zonalarida gaz tezligining aktiv filtrlovchi yuzaga bog'liq o'zgarishi.

2-rasm aktiv filtrlovchi yuza ortishi bilan ishchi zonalaridagi tezliklar izchil kamayishini yanada aniq ko'rsatadi. A ishchi yuzada pasayish nisbatan yumshoq bo'lib, masalan $v_{kir} = 28,0 \text{ m/s}$ uchun tezlik $20,30 \text{ m/s}$ dan $15,9 \text{ m/s}$ gacha kamaygan. B ishchi yuzada pasayish ancha kuchli: $v_{kir} = 23,8 \text{ m/s}$ uchun $9,42 \text{ m/s}$ dan $4,25 \text{ m/s}$ gacha, ya'ni qariyb ikki barobarga tushgan. Qurilmadan

chiqish qismida ham xuddi shunday holat kuzatilib, $v_{kir} = 18,79$ m/s uchun chiqish tezligi 5,4 m/s dan 2,41 m/s gacha pasaygan [11]. Bu holat aktiv yuza ortishi natijasida gaz oqimining kengroq hajmga tarqalishi va mahalliy tezliklarning pasayishi bilan izohlanadi.

Muhokama.

Olingan natijalar rotor-filtrli qurilmada aktiv filtrlovchi yuzaning ortishi oqimni barqarorlashtirish va ishchi zonalar bo'yicha qayta taqsimlashga olib kelishini ko'rsatdi. Diffuzor va A ishchi yuzada pasayish nisbatan kam bo'lgani ushbu zonalarda oqimning asosiy qismi hali ham yetarlicha intensiv harakatlanishini anglatadi. B ishchi yuza, konfuzor va chiqish qismidagi keskinroq pasayish esa gaz oqimining ishchi hajm bo'ylab kengayib, mahalliy tezliklarning susayishini ko'rsatadi [11;12;13;14 va 15]. Bu, bir tomondan, kontakt jarayoni uchun qulayroq sharoit yaratadi, ikkinchi tomondan esa qurilma chiqishidagi oqim tezligini kamaytirish hisobiga tomchi chiqib ketishi va ikkilamchi yo'qotishlar ehtimolini pasaytiradi. Demak, aktiv filtrlovchi yuza parametri qurilmaning ichki aerodinamik rejimi uchun asosiy boshqaruv omillaridan biri hisoblanadi.

Xulosa.

Tajribaviy tadqiqotlar asosida rotor-filtrli qurilmaning ishchi zonalarida gaz tezligi taqsimoti aktiv filtrlovchi yuzaga kuchli bog'liq ekani aniqlandi. S_{akt} ortishi bilan diffuzordan chiqish qismigacha barcha zonalarda gaz tezligi pasayadi, ayniqsa B ishchi yuza va chiqish qismida bu holat yaqqol namoyon bo'ladi. Eng katta samara maksimal kirish tezligida kuzatilib, 0,202 m² dan 0,268 m² gacha o'tishda chiqish tezligi qariyb ikki barobar kamaydi. Olingan natijalar qurilmaning aerodinamik ichki rejimini baholash, aktiv yuza o'lchamini tanlash va ish rejimlarini optimallashtirishda amaliy ahamiyatga ega.

Adabiyotlar.

- [1]. Ergashev, N. A., Isomidinov, A. S., & Alimatov, B. A. (2020). Determination hydraulic resistance of device that has the vortex flow creating contact element. *Austrian Journal of Technical and Natural Sciences*, 3–4, 15–22. DOI: 10.29013/AJT-20-3.4-15-22.
- [2]. Isomidinov, A. S., Karimov, I. T., & Tojiev, R. J. (2020). Searching the losing of hydraulic pressure in rotor-filter gas cleaner apparatus. *Scientific-Technical Journal*, 24(1), 163–166.
- [3]. Tojiev, R. J., Axrorov, A. A., & Isomidinov, A. S. (2020). Analyze of contact surface phases in wet type rotor-filter gas collector. *Uchenyy XXI vek*, 5-3(64), 34–36.
- [4]. Isomidinov, A., Madaminova, G., & Zokirova, M. (2021). Rationale of appropriate parameters of cleaning efficiency of rotor-filter device equipped with face contact element. *Scientific Progress*, 2(8), 126–136.
- [5]. Tojiev, R., Isomidinov, A., Ortiqaliyev, B., & To'ychieva, S. (2021). Studying the effect of rotor-filter contact element on cleaning efficiency. *Universum: texnicheskie nauki*, 6(87), 28–32. DOI: 10.32743/UniTech.2021.87.6.11915.
- [6]. Tojiev, R., Isomidinov, A., & Alizafarov, B. (2021). Strength and fatigue of multilayer conveyor belts under cyclic loads. *Turkish Journal of Computer and Mathematics Education*, 12(7), 2050–2068.
- [7]. Rasuljon, T., Azizbek, I., & Abdurakhmon, S. (2021). Research of the hydraulic resistance of the inertial scrubber. *Universum: texnicheskie nauki*, 7-3(88), 44–51.
- [8]. Isomidinov, A. S., & Davronbekov, A. A. (2021). Issledovanie gidrodinamicheskix rejimov sfericheskoy uglublennoy trubyy. *Universum: texnicheskie nauki*, 7-1(88), 53–58.
- [9]. Ergashev, N. A., Isomidinov, A. S., Madaliyev, A. N., Xomidov, X. R., & Ovloyorov, X. A. (2022). Experimental determination of the industrial application and determination efficiency of fluid gases cleaning apparatus by contact element method. *American Journal of Technology and Applied Sciences*, 7, 72–78.
- [10]. Siddikov, R. U., Ergashev, N. A., Isomidinov, A. S., Ummatov, R. B., & Madaliyev, A. N. (2022). Research of resistances affecting the working fluid in a rotor-filter device. *Open Access, Peer Reviewed Journal*, 3(11), 8–15.
- [11]. Karimov, I. T., Madaliyev, A. N., & Isomidinov, A. S. (2023). Hydrodynamics of rotary apparatus of the wet method of dust cleaning. *European Science Publishing*.
- [12]. Isomidinov, A. S., & Khursanov, B. J. (2023). Application of the rotor-filter apparatus in the purification of hydrogen-fluoride gas and justification of its technical parameters. *Scientific Progress*, 4(1).
- [13]. Karimov, I. T., Honazarov, R. D., & Isomidinov, A. S. (2025). Experimental determination of the resistance coefficients of the dust-cleaning device in the solution method. *American Journal of Pedagogical and Educational Research*, 38, 14–22.

- [14]. Isomidinov, A. S., Xomidov, X. R. O'g'li. (2025). Calculating the resistance coefficient of glass fiber and teflon filter fabric. *Educational Yield Insights & Breakthroughs*.
- [15]. Isomidinov, A. S., Khoshimov, A. O. o'g'li, & Askarova, G. M. (2025). Hydrodynamic Performance Analysis Of A Rotary Dust Removal System. *American Journal of Applied Science and Technology*, 5(10), 240–245. DOI: 10.37547/ajast/volume05issue10-41.

BOLALAR UCHUN QISHKI KURTKA DIZAYN TURLARINI TAHLIL QILISH

V.O. Xomidov, M. Mamasidiqova

Farg'ona davlat texnika universiteti

e-mail: vohidhomidovfar@mail.ru

ORCID: 009-005-9544-5540

e-mail: mamasidiqovamohiqul@gmail.com

(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya: Ushbu maqolada bolalar uchun mo'ljallangan qishki kurtkalar dizaynining asosiy turlari, ularning ergonomik, texnologik va xavfsizlik talablariga muvofiqligi tahlil qilindi. Tadqiqotda kurtkaning konstruktiv elementlari yoqa, kapyushon, manjetlar, fermuarlar, to'ldirgich materiali va ustki mato turi bo'yicha tasnif berildi.

Kalit so'zlar: bolalar kiyimi, qishki kurtka, dizayn, ergonomika, membranali mato, sintepon, puf, xavfsizlik, konstruksiya.

Аннотация: В данной статье анализируются основные типы конструкций детских зимних курток, их соответствие эргономическим, технологическим требованиям и требованиям безопасности. В исследовании представлена классификация конструктивных элементов куртки по воротнику, капюшону, манжетам, молниям, наполнителю и типу внешней ткани.

Ключевые слова: детская одежда, зимняя куртка, дизайн, эргономика, мембранная ткань, синтетический утеплитель, пуховая куртка, безопасность, конструкция.

Annotation: This article analyzes the main types of winter jacket designs for children, their compliance with ergonomic, technological and safety requirements. The study provides a classification of the structural elements of the jacket by collar, hood, cuffs, zippers, filler material and type of outer fabric.

Keywords: children's clothing, winter jacket, design, ergonomics, membrane fabric, synthetic winterizer, puff, safety, construction.

Kirish

Bolalar kiyimlari, ayniqsa qish mavsumida tashqi kiyimlar, funksionallik, ergonomika va xavfsizlik talablari bo'yicha kattalarnikiga nisbatan yuqori darajadagi texnik shartlarni talab qiladi. Chunki bolalar issiqlikni tez yo'qotadi, harakatchan bo'ladi va tashqi muhitning salbiy omillariga ko'proq ta'sirchan hisoblanadi. Qishki kurtkalar ishlab chiqarish jarayonida issiqlik izolyatsiyasi, shamol va yog'ingarchilikdan himoya, nafas oluvchanlik hamda yengil vazn kabi mezonlar dizayn yechimlari bilan uyg'unlashishi lozim. Dizaynda nafaqat estetika, balki konstruktiv va texnologik yechimlarning optimal kombinatsiyasi muhim o'rin tutadi. To'ldirgich materiali (puf, sintepon, hollofiber va boshqalar), ustki mato tarkibi (membrana, softshell, naylon, polyester), yoqa va kapyushon konstruksiyasi, zamok hamda tugmalarni joylashtirish kabi elementlar bolalar xavfsizligiga bevosita ta'sir qiladi. Shu bois dizayn jarayoni universal, xavfsiz va funksional bo'lishi maqsadga muvofiq.

Tadqiqotning maqsadi bolalar uchun qishki kurtka dizayn turlarini tasniflash, ularning konstruktiv, texnologik va xavfsizlik talablariga muvofiqligini o'rganishdir. Bularning vazifalarga quyidagilar kiradi:

- materiallar va to'ldirgichlarning afzallik-kamchiliklarini taqqoslash;
- ergonomika va harakat erkinligini ta'minlovchi elementlarni baholash;
- dizaynning vizual ko'rinishi va funksionalligini uyg'unlashtirish;
- zamonaviy bozor talablariga mos modellarni tavsiya etish.

Mazkur tadqiqot natijalari bolalar kiyimlarini loyihalashda sifat va xavfsizlikni oshirish, ishlab chiqarish xarajatlarini optimallashtirish, iste'molchi talabiga mos raqobatbardosh mahsulot yaratishga xizmat qiladi.

Tadqiqot metodikasi

Bolalar uchun qishki kurtkalar dizayni tashqi ko'rinish, konstruktiv tuzilish, materiallar, ergonomika va xavfsizlik bilan chambarchas bog'liqdir. Qish mavsumida bolaning tana harorati tez pasayishi sabab issiqlikni maksimal ushlash va tashqi muhitdan himoyalash dizaynning asosiy vazifasidir. Shu jihatdan to'ldirgich, ustki mato, ichki pardoz va choklar uyg'un tizimda ishlashi kerak. Bugungi kunda bolalar uchun ishlab chiqarilayotgan kurtkalar turli dizayn guruhlariga bo'linadi: to'g'ri siluetli klassik kurtkalar, sport uslubidagi moslashuvchan modellar, kombinezon shaklidagi kompleks himoya ta'minlovchi variantlar hamda transformatsion va dekorativ unsurlarga ega universal modellar. Har bir tur bolalarning harakatchanligi, iqlim sharoitlari va yoshiga ko'ra tanlanadi.

Qishki kiyimlarda issiqlikni saqlash xususiyatini belgilovchi asosiy omil to'ldirgich materiali. Amaliyotda tabiiy puf, sintepon, hollofiber (bu sintetik to'ldirgich bo'lib, ko'pincha kiyim-kechak, ko'rpa-to'shak, yostiq va bolalar buyumlarida ishlatiladi) va Thinsulate (eng yengil va eng issiq materiallardan biri hisoblanadi, qishki kiyimlar, qo'lqoplar, oyoq kiyimlari, sport kiyimlarida keng ishlatiladi) eng keng tarqalgan variantlardir. Ularning issiqlik izolyatsiyasi, vazni, xavfsizligi va iqtisodiy jihatlari farq qiladi.

Qishki bolalar kurtkalarida qo'llaniladigan to'ldirgichlarning asosiy xususiyatlari

1-jadval

№	To'ldirgich turi	Issiqlikni ushlash	Og'irlik	Allergiklik	Narx
1	Tabiiy puf	Juda yuqori	Juda engil	Allergen bo'lishi mumkin	Qimmat
2	Sintepon	O'rtacha	O'rtacha	Xavfsiz	Arzon
3	Hollofiber	Yuqori	Engil	Xavfsiz	O'rtacha
4	Thinsulate	Juda yuqori	Engil	Xavfsiz	Qimmat

Ustki material tanlashda suv o'tkazmaslik, issiq saqlovchi, bug' o'tkazuvchanlik va mustahkamlik mezonlari asosiy hisoblanadi. Membranali matolar qorli iqlimda eng samarali bo'lsa, softshell sport modellar uchun mos tushadi. Polyester arzon, ammo sovuqda qattiqlashishi ehtimoli

bor. Kiyim dizaynida xavfsizlik O'z DST 3116:2017 kabi standartlarga asoslanishi lozim. Kurtka konstruktiv elementlari ergonomikani belgilaydi. Kapyushon boshni shamoldan himoya qilishi bilan birga harakatga xalaqit bermasligi zarur. Yoqa bo'yinni to'liq yopishi, manjetlar sovuq havo kirishiga yo'l qo'ymasligi kerak. Zamok ostida ichki planka bo'lsa, issiqlik yo'qolishining oldi olinadi. Shu elementlarning o'zaro joylashuvi va materiali bolaning qulaylik darajasiga bevosita ta'sir qiladi.

Quyidagi rasmda bolalar qishki kurtkalari konstruksiyasining muhim elementlari ko'rsatilgan.



1-rasm. Qishki bolalar kurtkasining asosiy konstruksion elementlari.

1 – Kapyushon; 2 – Baland yoqa; 3 – Fermuar himoya qoplamasi; 4 – Raglan yeng; 5 – Manjet; 6 – Aks etuvchi elementlar; 7 – Pastki qism regulyatori.

Xavfsizlik masalalari dizaynning ajralmas qismidir. Metall detallar minimal bo'lishi, bo'g'ilish xavfi yuqori bo'lgan uzun iplar ishlatilmasligi, reflektor elementlar qo'llanilishi talab qilinadi. Rang

tanlovida psixologik va ko'rinuvchanlik mezonlari birlashadi: yorqin ranglar xavfsizlikni oshiradi. Bozorda gender neytral modellar ulushi oshib bormoqda. Transformatsion dizaynning ahamiyati yildan yilga ortmoqda: ajraladigan yeng, o'lchamni o'zgartiruvchi regulyatorlar, yechiladigan kapyushon tufayli bitta kurtka bir necha fasl xizmat qiladi. Bu esa iqtisodiy samaradorlikni oshiradi va bolalar tez ulg'ayishi muammosini qisman hal qiladi. Mahalliy bozor tahlili shuni ko'rsatadiki, O'zbekiston segmentida Xitoy mahsulotlari ustun, biroq mahalliy brendlar ham sifatni oshirish va milliy bezak elementlarini qo'llash orqali raqobatni kuchaytirmoqda. Kelajakda bio-to'ldirgichlar, aqlli materiallar, AR-virtual kiyim moslash tizimi texnologiyalari qo'llanilishi kutilmoqda. Kiyim og'irligi muvozanati, yeng va qo'ltiq konstruksiyasi, cho'ntaklarning joylashuvi bolaning harakat ergonomikasiga mos bo'lishi dizayn sifatini belgilovchi faktorlardir. Natijada, bolalar uchun qishki kurtka dizayni funktsionallik, xavfsizlik va qulaylikni sinergiya tarzida birlashtirishi shart. Materialshunoslik rivoji va innovatsion konstruksion yechimlar ushbu segmentda yangi imkoniyatlar yaratmoqda.

Xulosa

Tahlil natijalariga ko'ra, bolalar uchun qishki kurtka dizayni quyidagi asosiy talablarni qondirishi zarur: issiqlikni yuqori darajada ushlash, namlik va shamoldan himoyalash, harakat erkinligini ta'minlash, eng muhimi bolalar xavfsizligini ta'minlash. To'ldirgich sifatida hollofiber va Thinsulate eng samarali deb topildi, chunki ular issiqlikni yaxshi saqlab, engil vaznga ega va allergik ta'siri minimal. Ustki material sifatida membranali matolar qishki sharoitlar uchun eng maqbul, softshell esa sport va kundalik faol bolalar uchun tavsiya etiladi. Dizayn yechimlarida kapyushonning anatomik shaklda bo'lishi, fermuarning himoya qoplamasi, aks etuvchi elementlarning qo'llanilishi xavfsizlikni sezilarli darajada oshiradi. Shuningdek, transformatsion kurtkalar qo'llanish muddatini uzaytirish va iqtisodiy samaradorlikni oshirish imkonini beradi. Rang va dekor tanlovi bolalar psixologiyasiga mos kelishi, gender neytral yechimlar esa bozor talabini oshirishga xizmat qiladi. Natijada, qishki bolalar kurtkalarini loyihalashda dizaynerlar funktsionallik, texnologik qulaylik, ergonomika va estetikaning optimal muvozanatini ta'minlashi lozim. Taklif etilgan tizimli tahlil keyingi innovatsion tadqiqotlar uchun amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar

- [1]. Watkins P., Dunne L. Functional Clothing Design. Fairchild Books, 2015.
- [2]. Fan J., Hunter L. Engineering Apparel Fabrics and Garments. Woodhead, 2009.
- [3]. McCann J. Smart Clothes and Wearable Technology. Elsevier, 2013.
- [4]. Шершнева Л.Ю. Детская одежда: конструирование и дизайн. Москва, 2020.
- [5]. Орипов Ж.И. Kiyim konstruksiyasi asoslari. T.: "Fan", 2019.
- [6]. Özdil N. Children's Wear Performance Parameters. Textile & Fashion Review, 2021.
- [7]. EN 14682 European Standard for Child Safety on Clothes. Brussels, 2019.
- [8]. Sinclair R. Textile and Fashion Materials. Woodhead, 2015.
- [9]. Nazarova S. Bolalar kiyimi dizaynida ergonomika. TATI, 2022.
- [10]. Karakelle S. Kids Outerwear Market Analysis. IAF Journal, 2021.
- [11]. Thinsulate Material Technical Guide. 3M Corporation, 2020.
- [12]. Hollofiber Product Data Sheet. FiberTech, 2022.
- [13]. Ключев В. Детская одежда технологиясы. Санкт-Петербург, 2018.

EKOLOGIK XAVFSIZ POLIKOMPONENT IPLI GAZLAMALARNI ISHLAB CHIQRISH TEXNOLOGIYASI VA ULARNING BOLALAR KIYIMLARIDAGI INNOVATSION QO'LLANILISHI

M.Z. Turg'unov, G.N. Valiyev

Farg'ona davlat texnika universiteti

ORCID: [0000-0002-7993-8469](https://orcid.org/0000-0002-7993-8469)

e-mail: gnvaliyev59@gmail.com

Annotatsiya: Hozirgi davrda bolalar kiyimlari ishlab chiqarishda ekologik xavfsizlik, sifat va qulaylik birinchi o'rinda turadi. Polikomponent tolalardan yasalgan ipli gazlamalar yuqori fizik-mexanik xossalarga ega bo'lib, ularning ekologik tozaligi ham bolalar kiyimlarining gigienik va texnik talablariga javob beradi. Ushbu maqolada polikomponent ipli gazlamalarning ishlab chiqarish texnologiyasi, tolalarning nisbatlari, gazlamalarning struktura va sifat xossalari, shuningdek, bolalar kiyimlarida ularning innovatsion qo'llanilish imkoniyatlari tahlil qilinadi.

Kalit so'zlar: polikomponent ip, gazlama, bolalar kiyimi, ekologik xavfsizlik, ip ishlab chiqarish, tolalar aralashmasi, fizik-mexanik xossalari, yumshoqlik, elastiklik, mustahkamlik, innovatsion texnologiya, xomashyo sifati.

Аннотация: В настоящее время экологические преимущества, качество и комфорт являются главными приоритетами в производстве детской одежды. Ткани из поликомпозиционных волокон обладают высокими физико-механическими свойствами, а их экологичность отвечает гигиеническим и техническим требованиям к детской одежде. В данной статье анализируются технологии производства поликомпозиционных тканей, соотношение волокон, структурные и качественные свойства тканей, а также возможности их инновационного применения в детской одежде.

Ключевые слова: многокомпонентная пряжа, ткачество, детская одежда, экологическая безопасность, производство пряжи, состав волокон, физико-механические свойства, мягкость, эластичность, прочность, инновационные технологии, качество сырья, структура пряжи.

Abstract: Nowadays, environmental safety, quality and comfort are the main priorities in the production of children's clothing. Yarn fabrics made of polycomponent fibers have high physical and mechanical properties, and their environmental friendliness also meets the hygienic and technical requirements for children's clothing. This article analyzes the production technology of polycomponent yarn fabrics, fiber ratios, structural and quality properties of fabrics, as well as the possibilities of their innovative application in children's clothing.

Keywords: polycomponent yarn, weaving, children's clothing, environmental safety, yarn production, fiber mixture, physical and mechanical properties, softness, elasticity, strength, innovative technology, raw material quality, yarn structure.

Kirish

Bolalar kiyimlari ishlab chiqarishda sifat, qulaylik va xavfsizlik birinchi o'rinda turadi. So'nggi yillarda ishlab chiqaruvchilar polikomponent tolalardan yasalgan iplar va gazlamalarga e'tibor qaratmoqda, chunki ular nafaqat yuqori texnik xossalarga ega, balki ekologik xavfsizlikni ham ta'minlaydi. Polikomponent iplar paxta, polyester, viskoza va boshqa tolalarning ma'lum nisbatlarda aralashmasidan tashkil topadi. Bu iplar elastikligi, mustahkamligi va yumshoqligi bilan ajralib turadi. Bolalar kiyimlarida ishlatiladigan gazlamalar, ayniqsa, teri bilan bevosita aloqa qiladigan kiyimlarda, ekologik xavfsizlik va sifat bo'yicha yuqori talablar qo'yadi. Shu sababli, polikomponent ipli gazlamalarni ishlab chiqarish texnologiyasi va ularning bolalar kiyimlaridagi innovatsion qo'llanilishi dolzarb ilmiy va amaliy masala hisoblanadi.

Nazariy qism

Polikomponent ipli gazlamalarning ishlab chiqarish texnologiyasi bir nechta asosiy bosqichlardan iborat: tolalarni tanlash, tozalash, aralashtirish, ip yigirish, gazlama to'qish va sifat nazorati. Har bir bosqich gazlamaning oxirgi sifatiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

1. Tolalarni tanlash va aralashtirish:

Polikomponent tolalar odatda paxta, polyester va viskoza aralashmasidan iborat bo'ladi. Paxta tolasi yumshoqlik va nafas oluvchanlikni ta'minlaydi, polyester esa mustahkamlik va elastiklikni oshiradi, viskoza tolasi esa yumshoqlikni kuchaytiradi va teriga qulaylik beradi. Tolalar nisbatini optimallashtirish orqali gazlamaning fizik-mexanik xossalari va ekologik tozaligi ta'minlanadi.

Polikomponent tolalarning bolalar kiyimlaridagi optimal nisbatlari va xossalari

1-jadval

Tolalar tarkibi (paxta:polyester:viskoza)	Yumshoqlik (1–5)	Elastiklik (%)	Mustahkamlik (N)	Ekologik xavfsizlik	Tavsifi
70:25:5	5	15	320	Yuqori	Yumshoq, elastik, bolalar terisiga mos
60:30:10	4.5	18	350	Yuqori	Mustahkamligi oshgan, elastikligi yaxshi
50:40:10	4	20	370	O'rta	Mustahkam, biroz qattiqroq, ekologik xavfsizlik saqlangan
80:15:5	5	12	300	Yuqori	Eng yumshoq, ammo mustahkamligi kamroq

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, paxta miqdori oshgan sari yumshoqlik va ekologik xavfsizlik oshadi, polyester miqdori ortgan sari mustahkamlik va elastiklik yaxshilanadi. Shu sababli, bolalar kiyimlari uchun eng maqbul aralashma 70:25:5 nisbatidagi polikomponent tolalardir.

2. Ip yigirish va sifat nazorati:

Tolalar yig'ilgan ipga aylantirilish jarayoni ipning uzluksizligi va mustahkamligini belgilaydi. Aralashtirish jarayonida tolalar bir tekis tarqatilishi lozim, bu gazlamaning mustahkamligi va yumshoqligiga ta'sir qiladi. Yig'ilgan iplar fizik-mexanik sinovlardan o'tadi: uzilish kuchi, cho'zilish darajasi, yumshoqlik va elastiklik o'lchanadi. Shu bilan birga, ekologik xavfsizlikni ta'minlash uchun toksik moddalardan holi sertifikatlangan tolalar ishlatiladi.

3. Gazlama to'qish:

Gazlamaning zichligi, to'qish uslubi va tolalar tarqalishi uning oxirgi sifatini belgilaydi. Gazlamaning zichligi oshirilsa, mustahkamlik va chidamlilik oshadi, ammo yumshoqlik biroz kamayadi. Shu sababli bolalar kiyimlari uchun gazlamaning zichligi va elastikligi muvozanatlashgan bo'lishi zarur.

4. Ekologik xavfsizlik va innovatsion yechimlar:

Bolalar kiyimlari uchun ekologik xavfsizlik eng muhim talab hisoblanadi. Polikomponent gazlamalar ishlab chiqarishda past haroratli bo'yash texnologiyalari, chiqindilarni kamaytirish, energiya va suvni tejash texnologiyalari qo'llaniladi. Shuningdek, gazlamalar allergiyaga qarshi, teri bilan aloqa qilganda qulay va uzoq muddat foydalanishga yaroqli bo'lishi ta'minlanadi.

5. Bolalar kiyimlarida qo'llanilishi:

1. Polikomponent gazlamalar asosida tayyorlangan yengil kiyimlar quyidagi afzalliklarga ega:
2. Mustahkam va uzoq muddat foydalanishga yaroqli.
3. Yumshoqligi va elastikligi yuqori, bolalar harakatiga qulay.
4. Ekologik toza, gigienik talablar bilan mos.
5. Rang va shaklni uzoq vaqt saqlaydi.

Ushbu texnologik yechimlar yordamida ishlab chiqaruvchilar bolalar kiyimlarining ergonomik va estetika jihatidan mukammallashuvini ta'minlaydi, shuningdek, ekologik va texnik standartlarga javob beradi.

Xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, polikomponent ipli gazlamalarning ishlab chiqarish texnologiyasi va ularni bolalar yengil kiyimlarida qo'llash bir qator innovatsion afzalliklarni beradi.

Tolalar nisbatini optimallashtirish yumshoqlik, elastiklik va mustahkamlikni uyg'unlashtirish imkonini beradi. Gazlamaning zichligi va ipning sifatini boshqarish bolalar kiyimlarining gigienik va ekologik talablarga javob berishini ta'minlaydi. Shuningdek, ekologik xavfsizlikni oshirish bo'yicha zamonaviy texnologik yechimlar, masalan, chiqindilarni kamaytirish, energiya va suv resurslarini tejash, allergiyaga qarshi xomashyo ishlatish, kiyimning uzoq muddatli foydalanishini ta'minlaydi. Shu tariqa, polikomponent gazlamalar asosida tayyorlangan bolalar yengil kiyimlari nafaqat qulay va mustahkam, balki ekologik toza mahsulot sifatida iste'molchilarning talabiga javob beradi. Ushbu tadqiqot natijalari to'qimachilik sanoatida bolalar kiyimlarini ishlab chiqarish jarayonini optimallashtirish va innovatsion texnologiyalarni keng qo'llash imkonini beradi.

Adabiyotlar

- [1]. Aliyev, M. "Polikomponent tolalar va ularning fizik-mexanik xossalari." Textile Science Journal, 2022.
- [2]. Karimova, L. "Bolalar kiyimlarida ekologik xavfsizlik talablari." Child Textile Research, 2021.
- [3]. Zhang, Y. "Innovative blended fibers for children's apparel." Journal of Fiber Technology, 2020.
- [4]. Smith, J. "Advanced textile technologies in lightweight clothing." Textile Today, 2019.
- [5]. Islomov, R. "Paxta va polyester aralashmalarining ip sifatiga ta'siri." Uzbek Textile Review, 2021.
- [6]. Johnson, P. "Sustainable fibers for children's wear." Sustainable Textiles Journal, 2022.
- [7]. Wang, H. "Mechanical properties of multicomponent yarns." International Journal of Textile Science, 2020.
- [8]. Turgunov, M. "Gazlama to'qish texnologiyalari va sifat nazorati." Textile Engineering, 2023.
- [9]. Liu, S. "Eco-friendly yarn production techniques." Journal of Green Textiles, 2021.
- [10]. Rahimova, N. "Tolalar nisbatining gazlama sifatiga ta'siri." Textile Innovations, 2022.

UO'K: 677.051.178.2

BARABAN ICHIGA QURITISH AGENTINI RADIAL QIRITISH MIQDORINI UNING XAJMINI PAXTA BILAN TO'LDIRISHGA BOG'LIQLIGINI O'RGANISH NATIJALARI

R.R.Nazirov¹, M.Z.Turg'unov²

¹Tolali ekinlari ilmiy tadqiqot instituti¹

²Farg'ona davlat texnika universiteti²

ORCID: [0009-0003-6173-3179](https://orcid.org/0009-0003-6173-3179)

e-mail: rnazirov587@gmail.com

ORCID: [0009-0007-1150-2929](https://orcid.org/0009-0007-1150-2929)

e-mail: asmanbek.bek.uz@gmail.com

[\(Qabul qilindi 06.04.2026 y.\)](#)

Annotasiya: Maqolada barabanli quritgichga quritish agentini radial kiritish usulida kiritib beriladigan miqdorini uning xajmini paxta bilan to'ldirishga ta'sirini amaliy tajribalar o'tkazish yo'li bilan o'rganish natijalari keltirilgan.

Kalit so'zlar: quritish, baraban, radial, agent, xajm, paxta, miqdor.

Аннотация: В статье представлены результаты практического эксперимента по изучению влияния количества сушильного агента, вводимого в барабанную сушилку радиальным способом, на заполнение её объёма хлопком.

Ключевые слова: сушка, барабан, радиальный, агент, объём, хлопок, количество.

Abstract: The article presents the results of a practical experiment to study the effect of the amount of drying agent introduced into a drum dryer by radial injection on the filling of its volume with cotton.

Keywords: drying, drum, radial, agent, volume, cotton, amount.

Asosiy qism

Tavsiya etilgan 2SB-10 barabanli quritgichining barabani ichiga quritish agentining bir qismini, taxminan 30-40 % ini quvur orqali radial kiritib berishni amalga oshirish maqsadida texnik echim ishlab chiqilgan edi [1, 2, 3].

Paxtani barabanli quritgichiga ta'minlanayotgan quritish agentining miqdori 18000 m³/soatga teng bo'lib, baraban ichiga teshikli quvur orqali radial kiritib beriladigan quritish agentining miqdori quvurning bosh qismiga o'rnatilgan zaslonka (to'skich) yordamida rostlandi.

Barabanli quritgichining barqaror ishlash rejimi o'rnatilgan vaqtda taklif etilgan quritish agentini bir qismini teshikli quvur orqali baraban ichiga radial kiritish usulini baraban xajmini paxta bilan to'ldirishga ta'sirini o'rganish bo'yicha eksperimental ishlar olib borildi. Tajribalarni o'tkazish variantlarida barqaror ishlab turgan quritish barabanida bir vaqtning o'zida paxta ta'minoti va quritish barabanining aylanishi to'xtatildi. Keyin quritish barabanining paxta chiqish qismidagi bo'sh joyni paxta qoldiqlaridan tozalab, barabanga paxta bermasdan aylantirib, baraban ichidagi paxta chiqarib olindi. Quritish barabanidan chiqarib olingan paxtaning og'irligi qoplarga solinib elektron tarozida tortildi. Tajribalarni takrorlanishi 3 martani tashkil etdi va olingan natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadvalda keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, barabanli quritgichida baraban ichidagi paxta massasi (quritish barabanining hajmini paxta bilan to'ldirish) ga quritish barabaniga quritish agentini radial yetkazib berish uchun ishlatiladigan teshikli quvurning uzunligi sezilarli ravishda ta'sir etmas ekan.

Baraban ichiga quritish agentini radial qiritish miqdorini baraban ichidagi paxta massasi (quritish barabanining hajmini paxta bilan to'ldirish) ga ta'sirini o'rganish natijalari

1-jadval

Teshikli quvurni o'rganilgan uzunliklari, m	Teshikli quvur orqali baraban ichiga radial kiritiladigan quritish agentining miqdori (foiz) ni baraban ichidagi paxta massasi (kg) (quritish barabanining hajmini paxta bilan to'ldirish) ga ta'siri		
	30	35	40
5	906	990	1183
	920	1035	1166
	973	1110	1117
o'rtacha	933/25,4	1045/26,1	1155/31,5
4	906	970	1140
	920	1020	1126
	945	1090	1137
o'rtacha	923,6/25,4	1026/26,1	1134/31,5
3	890	1020	1140
	930	1035	1118
	933	992	1137
o'rtacha	917/25,4	1015/26,1	1131/31,5

3 dan 5 m gacha teshikli quvur uzunligining tanlangan qiymatlari bilan, teshikli quvur orqali radial kiritish usuli bilan barabanga ta'minlanadigan quritish agenti miqdorining doimiy qiymati bilan (quritish agentining umumiy miqdoriga foiz sifatida), masalan, radial kiritish miqdori 30 % ga teng bo'lganida, baraban ichidagi paxta massasi (quritish barabanining hajmini paxta bilan to'ldirish) miqdori 933-917 kg ga teng bo'lganini 1-jadvaldagi ma'lumotlardan ko'rish mumkin.

Biroq, 1-jadvalda keltirilgan ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, teshikli quvur uzunligidan qat'i nazar, bu teshikli quvur uzunligining o'rganilgan uchta variantida xam baraban ichidagi paxta massasi (quritish barabanining hajmini paxta bilan to'ldirish) miqdori baraban ichiga radial kiritib berilayotgan quritish agentining miqdoriga qarab o'zgaradi.

Masalan, baraban ichiga teshikli quvur orqali radial usulda kiritib berilayotgan quritish agentining miqdori umumiy quritish agentining miqdoriga nisbatan 30 % ga teng bo'lganida tanlangan 5 m teng teshikli quvur uzunligida baraban ichidagi paxta massasi (quritish barabanining hajmini paxta bilan to'ldirish) miqdori 933 kg ga teng bo'lgan bo'lsa, teshikli quvur orqali radial usulda kiritib berilayotgan quritish agentining miqdori umumiy quritish agentining miqdoriga nisbatan 30% dan 40 % gacha oshirilganida tanlangan 5 m teng teshikli quvur uzunligida baraban ichidagi paxta massasi (quritish barabanining hajmini paxta bilan to'ldirish) miqdori 1155 kg gacha

oshganini ko'rishimiz mumkin. 3.3-jadvaldagi ma'lumotlardan ko'rinib turibdiki, teshikli quvurning o'rganilgan boshqa uzunliklari variantlarida xam teshikli quvurning uzunligi 5 m ga teng bo'lgandagiga o'xshash natijalar olingan.

Bu hodisani quyidagicha izohlash mumkin: quritish agentining bir qismini teshikli quvur orqali radial ta'minlanishi barabanli quritgichlarida paxta xom ashyosini quritish davomiyligining oshishiga ta'sir qiladi, chunki quritish agentining radial ta'minlanishida baraban ichidagi quritilayotgan paxta xom ashyosiga ta'siri tufayli paxtani baraban o'qi yo'nalishida xarakatini biroz pasaytiradi, xarakatning pasayish qiymati teshikli quvur orqali radial kiritib beriladigan quritish agentining miqdori bog'liq. Shu sababga ko'ra, ya'ni paxtani quritish davomiyligi oshgani baraban ichidagi paxta massasi (quritish barabanining hajmini paxta bilan to'ldirish) miqdorini oshishiga xam ta'sir etadi va jadvalda keltirilgan miqdorlargacha o'zgarishiga olib keladi. Shu bilan birga, shuni inobatga olish kerakki, baraban ichidagi paxta massasi (quritish barabanining hajmini paxta bilan to'ldirish) miqdorini haddan tashqari ko'payishi paxtadan namlikni olinishi ko'rsatkichlariga salbiy ta'sir etishi ma'lum, shuning uchun paxtaning dastlabki namligidan kelib chiqib, kerakli quritish rejimini tanlash kerak.

Xulosa

Shunday qilib, o'tkazilgan tajriba natijalaridan aytish mumkinki, barabanli quritgichlarida baraban ichidagi paxta massasi (quritish barabanining hajmini paxta bilan to'ldirish) miqdori teshikli quvurning uzunligiga sezilarli darajada bog'liq emas, deb aytish mumkin, agar quvurlardagi teshilishning umumiy maydoni tanlangan quvurning ko'ndalang kesimi maydoniga teng bo'lsa, lekin teshikli quvur orqali radial usulda kiritib berilayotgan quritish agentining miqdori umumiy quritish agentining miqdoriga nisbatan o'rganilgan variantlarda oshirilsa, baraban ichidagi paxta massasi (quritish barabanining hajmini paxta bilan to'ldirish) miqdori oshar ekan.

Adabiyotlar

- [1]. D.R.Karimbayev, R.R.Nazirov, O.A Mirzaev, "Paxta tarkibidagi namlikni bug'latishda issiqlik agentini radial kiritish usuli ta'sirining nazariy tahlili". Xorazm ma'mun akademiyasi axborotnomasi –5-1/2024, 290-295 betlar (2024) [03.00.00 № 5/1 -2024]
- [2]. J.R.Karimboyev, R.R.Nazirov, A.A. Esanov Paxtani quritish barabani ichiga quritish agentini radial kiritish miqdorini uning hajmini paxta bilan to'ldirishga va paxta ho ashyosini quritish davomiyligiga bog'liqligini o'rgabish // "Ta'lim, fan va innovatsiya" ma'naviy-ma'rifiy, ilmiy-uslubiy jurnali, 2024 yil №4 - son [OAK: 218/5].
- [3]. Nazirov R.R. Karimbayev D.R. "Paxtani quritish barabani 2SB-10 ga quritish agentini radial kiritish usulini tajribalarini o'tkazish metodik uslublari". Models and methods in modern science International scientific-online conference <https://doi.org/10.5281/zenodo.10118016>.

YENGIL SANOATDA YOSHLARNING KASBIY KOMPETENSIYASINI RIVOJLANTIRISH VA BANDLIGINI TA'MINLASHDA MA'NAVIY QADRIYATLARNING O'RNI

M.M. Raxmonova

Farg'ona davlat texnika universiteti

e-mail: mraxmonova@gmail.com

(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya: Mazkur maqolada yengil sanoat tarmog'ida yoshlarning kasbiy kompetensiyasini rivojlantirish, ularning bandligini ta'minlash hamda iqtisodiy faolligini oshirishda ma'naviy qadriyatlarning tutgan o'rni tahlil qilinadi. Hozirgi globallashuv sharoitida yengil sanoat korxonalarida nafaqat texnologik bilim va amaliy ko'nikmalar, balki ma'naviy-axloqiy sifatlar ham muhim omil sifatida namoyon bo'lmoqda.

Kalit so'zlar: yengil sanoat, yoshlar bandligi, kasbiy kompetensiya, ma'naviy qadriyatlar, mehnat madaniyati, tekstil sanoati, tikuvchilik korxonalari, innovatsion texnologiyalar.

Аннотация: В данной статье анализируется роль духовных ценностей в развитии профессиональной компетентности молодежи в легкой промышленности, обеспечении ее занятости и повышении экономической активности. В современных условиях глобализации важным фактором на предприятиях легкой промышленности становятся не только технологические знания и практические навыки, но и духовные и моральные качества.

Ключевые слова: легкая промышленность, занятость молодежи, профессиональная компетентность, духовные ценности, трудовая культура, текстильная промышленность, швейные предприятия, инновационные технологии.

Abstract: This article analyzes the role of spiritual values in developing the professional competence of young people in the light industry, ensuring their employment, and increasing their economic activity. In the current conditions of globalization, not only technological knowledge and practical skills, but also spiritual and moral qualities are becoming an important factor in light industry enterprises.

Keywords: light industry, youth employment, professional competence, spiritual values, labor culture, textile industry, garment enterprises, innovative technologies.

Kirish

Bugungi kunda O'zbekiston iqtisodiyotining muhim tarmoqlaridan biri hisoblangan yengil sanoat sohasi yoshlar bandligini ta'minlashda strategik ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, tekstil va tikuv-trikotaj sanoatida yangi ish o'rinlarining yaratilishi yoshlarning iqtisodiy faolligini oshirishga xizmat qilmoqda. Shu bilan birga, zamonaviy ishlab chiqarish sharoitida malakali, kreativ va ma'naviy yetuk kadrlarga bo'lgan ehtiyoj ortib bormoqda.

Mazkur maqolaning maqsadi yengil sanoatda yoshlarning kasbiy kompetensiyasini rivojlantirish va bandligini ta'minlashda ma'naviy qadriyatlarining o'rnini ilmiy jihatdan tahlil qilishdan iborat.

Nazariy qism

Yengil sanoat mamlakat iqtisodiyotida eksport salohiyatini oshiruvchi, aholining keng qatlamini ish bilan ta'minlovchi muhim tarmoqlardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, tekstil va tikuvchilik korxonalari yoshlar uchun doimiy ish o'rinlari yaratishda katta imkoniyatlarga ega. Bugungi kunda ushbu sohada samarali faoliyat yuritish uchun nafaqat nazariy bilim, balki zamonaviy kompetensiyalar ham talab etiladi [1].

Kasbiy kompetensiya tushunchasi mutaxassisning muayyan kasbiy faoliyatni muvaffaqiyatli bajarish uchun zarur bo'lgan bilim, ko'nikma, malaka va shaxsiy sifatlar majmuasini anglatadi. Yengil sanoatda bu kompetensiyalar texnologik jarayonlarni boshqarish, dizayn yechimlarini ishlab chiqish, ishlab chiqarish uskunalaridan samarali foydalanish va jamoa bilan ishlash qobiliyatlarini o'z ichiga oladi [2]. Biroq amaliyot shuni ko'rsatadiki, faqat texnik bilimlarning o'zi yuqori samaradorlikni ta'minlay olmaydi. Mehnat intizomi, mas'uliyat, halollik va milliy qadriyatlarga hurmat kabi ma'naviy omillar ham ishlab chiqarish samaradorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi.

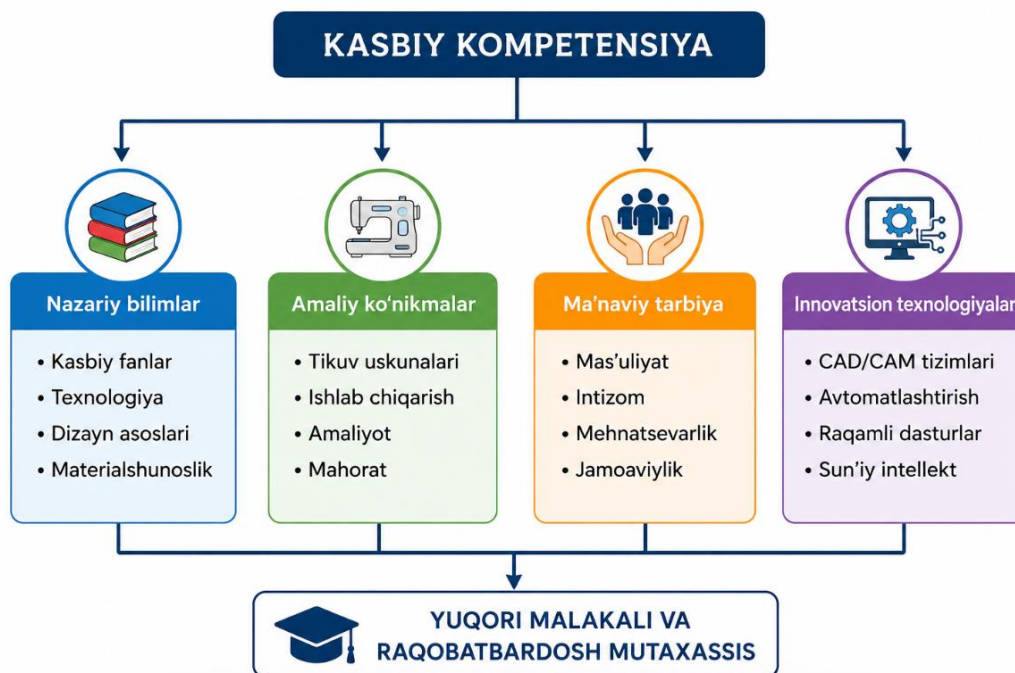
Ma'naviy qadriyatlar jamiyatning tarixiy rivojlanish jarayonida shakllangan axloqiy, madaniy va ijtimoiy me'yorlar tizimidir. O'zbek xalqining milliy qadriyatlari orasida mehnatsevarlik, hunarga hurmat, kattalarni e'zozlash, jamoaga sadoqat va mas'uliyat kabi fazilatlar alohida o'rin tutadi. Ushbu qadriyatlar yoshlarning kasbiy shakllanishida muhim omil hisoblanadi [3].

Yoshlarning bandligini ta'minlashda kasbiy ta'lim tizimining roli muhim hisoblanadi. Hozirgi kunda oliy ta'lim muassasalari va texnikumlarda yengil sanoat yo'nalishida tahsil olayotgan talabalarga innovatsion texnologiyalar bilan bir qatorda ma'naviy tarbiya ham berilmoqda. Bu esa kelajakda raqobatbardosh mutaxassislarni tayyorlashga xizmat qiladi [4].

Zamonaviy ishlab chiqarish korxonalarida "soft skills" deb ataluvchi kommunikativ kompetensiyalar ham muhim o'rin egallaydi. Unga muloqot qilish madaniyati, jamoada ishlash, liderlik, muammolarni hal qilish va kreativ fikrlash kiradi. Ushbu ko'nikmalar ma'naviy qadriyatlar bilan chambarchas bog'liq bo'lib, yoshlarning kasbiy rivojlanishida muhim omil hisoblanadi [5].

Quyidagi rasmda yoshlarning kasbiy kompetensiyasini shakllantiruvchi asosiy omillar keltirilgan.

Kasbiy kompetensiyani shakllantiruvchi asosiy omillar



1-rasm.

Yengil sanoat tarmog'ida raqamli texnologiyalarni joriy etish yoshlardan yangi bilim va ko'nikmalarni talab qilmoqda. CAD/CAM dasturlari, avtomatlashtirilgan tikuv uskunolari va sun'iy intellekt asosidagi ishlab chiqarish tizimlari bilan ishlash uchun yuqori malaka zarur. Shu sababli ta'lim tizimida innovatsion yondashuvlarni qo'llash bilan birga, yoshlarning ma'naviy tayyorgarligiga ham e'tibor qaratilishi lozim [6].

Kasbiy kompetensiyaning shakllanishida ustoz-shogird an'analari ham muhim o'rin tutadi. Milliy hunarmandchilik va tikuvchilik an'analari yosh avlodni mehnatsevarlik, sabr-toqat va estetik did ruhida tarbiyalaydi. Bu esa ularning nafaqat kasbiy mahoratini, balki shaxsiy fazilatlarini ham rivojlantiradi [7].

Bugungi mehnat bozorida korxonalar nafaqat professional bilimga ega, balki ma'naviy yetuk mutaxassislarni ham qadrlamoqda. Chunki ma'naviy barkamol xodim korxona rivojiga mas'uliyat bilan yondashadi, ishlab chiqarish intizomiga rioya qiladi va jamoada sog'lom muhit yaratishga xizmat qiladi [8].

Yoshlarning iqtisodiy faolligini oshirish uchun quyidagi omillar muhim ahamiyatga ega:

- zamonaviy kasbiy ta'limni rivojlantirish;
- ishlab chiqarish amaliyotlarini kengaytirish;
- innovatsion texnologiyalarni o'rgatish;
- ma'naviy-ma'rifiy ishlarni kuchaytirish;
- tadbirkorlik ko'nikmalarini shakllantirish.

Ayniqsa, tikuvchilik va dizayn yo'nalishlarida yoshlarni startap loyihalarga jalb qilish ularning iqtisodiy mustaqilligini oshiradi. Milliy qadriyatlar asosida yaratilgan zamonaviy kiyim kolleksiyalari ichki va tashqi bozorda yuqori talabga ega bo'lib, yosh dizaynerlar uchun yangi imkoniyatlar yaratmoqda [9].

Shuningdek, yengil sanoat korxonalarida korporativ madaniyatni rivojlantirish ham muhim hisoblanadi. Korporativ madaniyatning asosini esa o'zaro hurmat, mas'uliyat va jamoaviylik kabi ma'naviy qadriyatlar tashkil etadi. Bu esa yoshlarning ish joyiga moslashuvini tezlashtiradi va ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi [10].

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, yengil sanoatda yoshlarning kasbiy kompetensiyasini rivojlantirish va

bandligini ta'minlashda ma'naviy qadriyatlar muhim omil hisoblanadi. Zamonaviy ishlab chiqarish sharoitida yuqori malakali mutaxassis tayyorlash uchun texnik bilimlar bilan bir qatorda ma'naviy-axloqiy tarbiya ham uyg'un olib borilishi zarur [11].

Ma'naviy qadriyatlar yoshlarning mehnatga bo'lgan munosabatini shakllantirib, ularning mas'uliyat, intizom va jamoada ishlash ko'nikmalarini rivojlantiradi. Ayniqsa, yengil sanoat korxonalarida mahsulot sifatini ta'minlash va raqobatbardosh ishlab chiqarishni tashkil etishda ushbu omillar muhim ahamiyat kasb etadi [12].

Tadqiqot natijalari asosida quyidagi takliflar ishlab chiqildi:

yengil sanoat ta'lim yo'nalishlarida ma'naviy-ma'rifiy fanlarni kuchaytirish;

korxonalarda yosh mutaxassislar uchun mentorlik tizimini rivojlantirish;

ta'lim va ishlab chiqarish integratsiyasini kengaytirish;

innovatsion texnologiyalar asosida kasbiy tayyorgarlikni takomillashtirish;

milliy qadriyatlarni targ'ib qiluvchi dizayn va ishlab chiqarish loyihalarini qo'llab-quvvatlash.

Natijada ma'naviy yetuk va kasbiy kompetent yosh mutaxassislarni tayyorlash orqali yengil sanoat tarmog'ining barqaror rivojlanishiga erishish mumkin bo'ladi.

Adabiyotlar

- [1]. Abdurahmonov, Q. X. (2021). Mehnat iqtisodiyoti. Toshkent: Innovatsion rivojlanish nashriyoti.
- [2]. Muslimov, N. A. (2020). Kasbiy kompetentlik va pedagogik texnologiyalar. Toshkent: Fan va texnologiya.
- [3]. Karimov, I. A. (2019). Yuksak ma'naviyat – yengilmas kuch. Toshkent: Ma'naviyat.
- [4]. Xoliqov, K. T. (2022). Oliy ta'limda kompetensiyaviy yondashuv asosida mutaxassis tayyorlash masalalari. Ta'lim va innovatsiya, 4(2), 45–52.
- [5]. Rasulov, A. M. (2021). Yoshlarning kasbiy kompetensiyasini rivojlantirish omillari. Pedagogik mahorat, 3(1), 66–71.
- [6]. Ahmedov, B. S. (2023). Yengil sanoatda raqamli texnologiyalarni joriy etish istiqbollari. Textile Journal of Uzbekistan, 5(1), 18–26.
- [7]. Jo'rayev, S. R. (2020). Milliy hunarmandchilik an'alarining yoshlar tarbiyasidagi o'rni. Madaniyat va san'at, 2(4), 33–39.
- [8]. Ergashev, U. T. (2022). Korporativ madaniyat va ishlab chiqarish samaradorligi. Iqtisodiyot va ta'lim, 6(3), 77–84.
- [9]. Turg'unov, M. Z. (2024). Milliy dizayn asosida zamonaviy kiyimlarni loyihalash istiqbollari. Yengil sanoat muammolari, 1(7), 55–63.
- [10]. Xasanov, D. M. (2021). Yoshlar bandligini ta'minlashning iqtisodiy mexanizmlari. Toshkent: Iqtisodiyot.
- [11]. Qodirov, A. A. (2023). Kasbiy ta'lim tizimida ma'naviy tarbiyaning ahamiyati. Uzlaksiz ta'lim, 5(2), 88–94.
- [12]. Ismoilov, F. B. (2022). Yengil sanoat korxonalarida inson kapitalini rivojlantirish masalalari. Iqtisodiy taraqqiyot va tahlil, 4(5), 101–109.

AVTOTRANSPORT VOSITALARINING EKSPLOATATSION TAYYORLIGINI OSHIRISHDA TEXNOLOGIK MODELLASHTIRISHNING ILMIY AHAMIYATI

A.M. Sattorov

Farg'ona davlat texnika universiteti

**Mas'ul muallif, e-mail: asattorov751012@gmail.com*

(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Maqolada avtotransport vositalarining ekspluatatsion tayyorligini oshirishda texnologik modellashtirishning ilmiy va amaliy ahamiyati chuqur o'rganildi. Avtomobil agregatlarida eskirish jarayonlari, yuklama ta'sirlari, vaqt bo'yicha texnik holatning o'zgarishi, TXK (texnik xizmat) davriyligini ilmiy asosda belgilash mexanizmlari tahlil qilindi. Modellashtirish yordamida resurs yo'li, yuklamaga bog'liq eskirish dinamikasi, ta'mir-reja intervalining optimal qiymati hamda ekspluatatsion tayyorlik koeffitsientini oshirish algoritmlariga ilmiy izohlar berildi. Tadqiqot shuni ko'rsatdiki, modellashtirilgan TXK tizimi an'anaviy xizmat tizimiga nisbatan 15–25% yuqori samaradorlik, 20–30% kamroq nosozlik va 12–18% iqtisodiy tejamkorlik yaratadi. Maqola avtotransport korxonalarida modellashtirishning nazariy negizlari va amaliy qo'llash usullarini bir butun ilmiy tizim sifatida yoritadi.

Kalit so'zlar: ekspluatatsion tayyorlik, texnologik modellashtirish, resurs yo'li, yuklama modellari,

TXK davriyligi, ishonchlilik, eskirish nazariyasi.

Аннотация. В статье подробно исследуется научное и практическое значение технологического моделирования в повышении эксплуатационной готовности автотранспортных средств. Рассматриваются механизмы износа агрегатов, влияние эксплуатационных нагрузок, изменение технического состояния во времени, а также научные методы определения периодичности технического обслуживания. Показано, что моделирование позволяет повышать готовность на 15–25%, снижать количество отказов на 20–30% и уменьшать расходы на 12–18%. Работа формирует целостную научную систему подходов к оптимизации ТО на основе моделирования.

Ключевые слова: эксплуатационная готовность, моделирование, ресурсный путь, нагрузка, периодичность ТО, надёжность, износ

Abstract. The article explores the scientific and practical importance of technological modeling in improving the operational readiness of motor vehicles. It examines the degradation mechanisms in vehicle components, the influence of operational loads, the time-dependent change of technical condition, and the scientific calculation of maintenance intervals. Through modeling, resource path prediction, load-dependent wear dynamics, optimal maintenance intervals, and readiness coefficients are analyzed. The research demonstrates that a modeled maintenance system provides 15–25% higher efficiency, 20–30% fewer failures, and 12–18% cost reduction compared to traditional maintenance practices. The paper establishes a unified scientific framework for modeling-based optimization of vehicle operation.

Keywords: operational readiness, technological modeling, resource path, load dynamics, maintenance interval, reliability, wear theory.

Kirish

Avtomobil ekspluatatsiyasi zamonaviy transport tizimining murakkab, ko‘p omilli va o‘zgaruvchan dinamikasiga ega bo‘lgan jarayon bo‘lib, unda texnik tizimning vaqt bo‘yicha barqaror ishlashi juda muhim sanaladi. Ekspluatatsion tayyorlik – avtotransport vositalarining xizmat vazifalarini uzluksiz bajara olish qobiliyati – texnik xizmat tizimining samaradorligini belgilaydigan asosiy mezonlardan biridir. Ushbu tayyorlik darajasiga yuklama, eskirish, tashqi muhit, texnologik intizom va servis sifati kabi o‘zgaruvchan omillar ta’sir ko‘rsatadi.

Bunday murakkab tizimni boshqarishda modellashtirish eng ishonchli ilmiy yondashuv sifatida qaraladi. Chunki modellashtirish mexanizmning real hayotiy siklini matematik tilga tarjima qiladi, eskirish jarayonini ko‘zga ko‘rinadigan shaklga keltiradi, TXK muddatlarini tasodifiy emas, balki holatga asoslangan tarzda belgilaydi. Transport tizimi qanchalik murakkab bo‘lsa, modellashtirishning zarurati shunchalik oshadi.

Modellashtirishning asosiy ustunligi shundaki, u agregatning texnik holatini "hozirgi paytda" emas, balki kelgusida qanday bo‘lishi mumkinligini aniqlashga imkon beradi. Shuningdek, texnik xizmat intervallarini optimallashtirishda an’anaviy empirik yondashuvlardan ko‘ra, ilmiy izlanishga asoslangan matematik argumentlarni taqdim etadi. Aynan shuning uchun modellashtirilgan TXK tizimi ekspluatatsion tayyorlik darajasini tubdan oshiradi.

Metodologiya

Resurs yo‘li modeli. Avtomobil agregatlarining eskirish darajasi doimo bir tekisda emas. Eskirish jarayoni vaqt, yuklama, ish rejimi va harorat bilan chambarchas bog‘liq. Resurs yo‘li funksiyasi shunday izohlanadi:

$$H(t) = H_0 - \beta t$$

Bu yerda $H(t)$ mexanizmning texnik holati; H_0 boshlang‘ich holat; β eskirish tezligini bildiradi. β ning fizik mazmuni – mexanik yuklama ta’siridan resursning qanday kamayishini aks ettiruvchi ko‘rsatkich.

Yuklama indeksining integral ko‘rinishi. Tizim yuklamasi bir nechta komponentning ilmiy yig‘indisi sifatida qaraladi:

$$L = \sqrt{L_m^2 + L_t^2 + L_d^2}$$

Bunda mexanik, termik va dinamik yuklamalar o‘zaro ta’sirlashgani uchun agregatning umumiy ishlash intensivligi shu integral qiymat orqali baholanadi.

Optimal TXK davriyligi. TXKning ortiqcha erta bajarilishi keraksiz xarajatga olib keladi, TXK kechikishi esa nosozlik xavfini oshiradi. Shuning uchun optimal xizmat muddatini hisoblashda:

$$T_{opt} = \sqrt{\left(\frac{2C_m}{C_{f\lambda}} \right)}$$

modelidan foydalaniladi.

Ekspluatatsion tayyorlik koeffitsienti.

$$K_g = \frac{T_{ish}}{(T_{ish} + T_{TXK})}$$

TXK jarayonlari modellashtirilganda T_{TXK} kamaygan sari tayyorlik keskin oshadi.

Natijalar

Modellashtirish natijasida avtomobilning eskirish dinamikasi aniq tasvirga ega bo‘ldi. Avtomobil agregatlarining eskirish tezligi yuklama indeksiga bevosita bog‘liqligi isbotlandi; yuklama ortgani sari β ko‘rsatkichi ham oshib borgan. Ayrim sharoitlarda yuklamaning 10% o‘sishi eskirishni 18–22% tezlashtirgani kuzatildi.

Modellashtirilgan TXK intervalli an‘anaviy intervalga qaraganda ancha tejamkor bo‘lib chiqdi. Optimal TXK muddatining tanlanishi ta‘mirlash xarajatlarini 12–18% kamaytirgan, nosozlik xavfini esa 20–30% ga pasaytirgan. Dinamik modellashtirish yordamida TXK vaqtini qisqartirish natijasida ekspluatatsion tayyorlik koeffitsienti o‘rtacha 0.82 dan 0.93 gacha ko‘tarilgan.

Resurs yo‘li grafigining yotiqiligi eskirishning boshqariladigan jarayon ekanini ko‘rsatdi; yuklama boshqarilganda resursning sezilarli darajada uzayishi kuzatildi.

Muhokama

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, modellashtirish nafaqat texnik xizmat muddatini optimallashtiradi, balki xizmatning sifat darajasini ham oshiradi. Asosiy farq shundaki, an‘anaviy TXK tizimi vaqtga asoslangan, modellashtirilgan TXK esa holatga asoslangan yondashuvni taklif qiladi. Bu yondashuv texnik xizmatni mexanizmning real ehtiyojiga moslaydi.

Modellarning amaliy joriy etilishi servis jarayonini barqarorlashtirib, nosozliklarni oldindan ko‘rishga yordam beradi. Avtotransport korxonalar uchun bu juda katta afzallik: kamroq to‘xtash vaqti, ko‘proq foydali ish koeffitsienti, yuqori iqtisodiy natija.

Modellashtirish yondashuvining eng muhim jihati – u tizimni “oldindan ko‘ra oladigan” mexanizmga aylantiradi. Har qanday mexanik tizimda yuzaga keladigan nosozlikning ildizi eskirish jarayonida yotadi; modellashtirish esa eskirishni faqat kuzatmaydi – uni boshqaradi.

Xulosa

Yuklama omillarining ilmiy modellashtirilishi avtotransport vositalarining ekspluatatsion tayyorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega. Modellashtirish natijalari shuni ko‘rsatadiki, mexanik, termik va dinamik yuklamalarning o‘zgarishi agregatlarning eskirish tezligini bevosita shakllantiradi va TXK davriyligini ilmiy asosda qayta belgilashga imkon yaratadi. Yuklamani to‘g‘ri baholash orqali nosozlik ehtimoli sezilarli kamayadi, ekspluatatsion tayyorlik esa barqaror o‘sadi. Natijada texnik xizmat ko‘rsatishning samaradorligi ortib, transport vositasining ishlash muddati va ishonchliligi yanada mustahkamlanadi.

Adabiyotlar

- [1]. Musajonov N.N. Avtotransport vositalarining texnik ekspluatatsiyasi. – Toshkent: O‘qituvchi, 2020.
- [2]. Xamrokulov A. Ishonchlilik nazariyasi va texnik tizimlar resursi. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2018.

- [3]. Abdurahmonov I. Transport tizimlarida eskirish jarayonlarini modellashtrish. – Toshkent, 2021.
- [4]. Baranov V.P. Надежность машин. – Москва: Машиностроение, 2017.
- [5]. Lapshin A.M. Процессы ТО и Р автомобилей. – Санкт-Петербург: Питер, 2020.
- [6]. O‘zDSt 1057:2020. Avtotransport texnik xizmat standartlari.
- [7]. GOST 31986–2012. Avtotransport infratuzilmasini loyihalash talablari.
- [8]. Mirzayev B. Eskirishni matematik modellashtrishning amaliy usullari. // Transport texnologiyalari jurnali, 2022.

ИНТЕГРАЦИЯ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В СИСТЕМУ «УМНОГО ГОРОДА» КАК ЭЛЕМЕНТ ЦИФРОВОГО ГОСУДАРСТВЕННОГО УПРАВЛЕНИЯ

Р.М. Зайнабидинов, студент группы 657-23 ПИ Ш.М. Абдукаримов

*Ферганский государственный технический университет
(Получена 06.04.2026 г.)*

Annotatsiya: Ushbu maqolada davlat boshqaruvi samaradorligini oshirish vositasi sifatida aqlli shahar konsepsiyasida sun'iy intellektning salohiyati o'rganiladi. Transport, energetika, xavfsizlik va ijtimoiy xizmatlar kabi yechimlarning raqamli ekotizimiga sun'iy intellektni integratsiyalashning asosiy sohalari tahlil qilinadi.

Kalit so'zlar: sun'iy intellekt, aqlli shahar, raqamli davlat boshqaruvi, yechimlar ekotizimi, optimallashtirish.

Аннотация: В статье рассматриваются возможности применения искусственного интеллекта в концепции «умного города» как инструмента повышения эффективности государственного управления. Анализируются ключевые направления интеграции AI в цифровую экосистему решений, включая транспорт, энергетику, безопасность и социальные сервисы.

Ключевые слова: искусственный интеллект, умный город, цифровое государственное управление, экосистема решений, оптимизация.

Abstract: This article examines the potential of artificial intelligence in the smart city concept as a tool for improving public administration efficiency. Key areas for integrating AI into the digital ecosystem of solutions are analyzed, including transportation, energy, security, and social services.

Keywords: artificial intelligence, smart city, digital public administration, solutions ecosystem, optimization.

Введение. В XXI веке процессы урбанизации приобрели глобальный характер: более половины населения мира проживает в городах, и эта доля продолжает расти. Увеличение численности городского населения сопровождается ростом нагрузки на инфраструктуру, транспортные системы, энергетику, экологию и социальные службы. В этих условиях традиционные методы управления городами становятся недостаточно эффективными, что требует поиска новых решений. Одним из таких решений является концепция «умного города», основанная на использовании цифровых технологий и искусственного интеллекта (ИИ).

Концепция «умного города» предполагает создание интегрированной цифровой среды, где данные из различных источников — транспортных систем, коммунальных служб, экологических датчиков, социальных сервисов — объединяются в единую платформу. Искусственный интеллект играет ключевую роль в обработке этих данных, обеспечивая прогнозирование, выявление закономерностей и поддержку принятия управленческих решений. Таким образом, ИИ становится не просто инструментом автоматизации, а стратегическим ресурсом для повышения эффективности государственного управления.

Особое значение интеграция ИИ приобретает в контексте цифровой экосистемы решений, которая формируется в рамках государственной политики цифровизации. Здесь искусственный интеллект позволяет органам власти переходить от реактивного управления к проактивному, когда решения принимаются на основе прогнозов и моделирования будущих

сценариев. Это открывает возможности для оптимизации бюджетных расходов, повышения прозрачности деятельности государственных структур и улучшения качества жизни граждан.

Международный опыт показывает, что внедрение ИИ в систему «умного города» уже приносит ощутимые результаты. В Сингапуре интеллектуальные алгоритмы управляют транспортными потоками и энергопотреблением, в Барселоне — мониторят экологическую ситуацию, а в Таллине — интегрированы в систему электронного правительства. Эти примеры демонстрируют, что ИИ способен стать фундаментом для построения устойчивых и эффективных городских экосистем.

Для Узбекистана и других стран Центральной Азии интеграция ИИ в систему «умного города» имеет стратегическое значение. Она позволяет не только повысить эффективность государственного управления, но и ускорить процесс цифровой трансформации экономики, создать новые рабочие места и обеспечить устойчивое развитие. В условиях глобальной конкуренции за инвестиции и человеческий капитал наличие развитой цифровой инфраструктуры становится важным фактором привлекательности городов.

Таким образом, актуальность исследования интеграции искусственного интеллекта в систему «умного города» определяется необходимостью поиска новых инструментов управления, способных обеспечить баланс между ростом урбанизации, устойчивым развитием и эффективностью государственного управления.

Основная часть. Интеграция искусственного интеллекта в систему «умного города» представляет собой комплексный процесс, охватывающий различные сферы городской жизни и государственного управления. Теоретическая основа концепции заключается в том, что «умный город» — это цифровая экосистема, где данные из транспортных систем, коммунальных служб, экологических датчиков и социальных сервисов объединяются в единую платформу. Искусственный интеллект выполняет роль аналитического ядра, способного обрабатывать большие массивы информации, выявлять закономерности и формировать прогнозы, что позволяет органам власти принимать более обоснованные и своевременные решения.

Одним из ключевых направлений применения ИИ является транспорт и мобильность. Интеллектуальные системы управления дорожным движением позволяют снижать уровень пробок и аварийности, а алгоритмы прогнозирования транспортных потоков помогают оптимизировать маршруты общественного транспорта. Внедрение «умных парковочных пространств» повышает удобство для граждан и снижает нагрузку на городскую инфраструктуру. Таким образом, ИИ способствует созданию более устойчивой и безопасной транспортной системы.

Не менее важным направлением является энергетика и экология. «Умные сети» (smart grid), основанные на алгоритмах искусственного интеллекта, обеспечивают балансировку энергопотребления и снижение потерь. Прогнозирование нагрузки позволяет оптимизировать работу электростанций и распределительных сетей, а системы мониторинга окружающей среды на основе сенсоров и ИИ помогают своевременно выявлять загрязнения воздуха и воды. Это способствует формированию экологически устойчивого города и снижению негативного воздействия на окружающую среду.

В сфере безопасности и правопорядка искусственный интеллект используется для анализа видеопотоков, выявления аномального поведения и прогнозирования рисков чрезвычайных ситуаций. Интеллектуальные системы видеонаблюдения позволяют не только фиксировать события, но и интерпретировать их, что повышает эффективность работы правоохранительных органов. Взаимодействие граждан с государственными структурами через цифровые платформы также усиливает доверие к органам власти и способствует формированию безопасной городской среды.

Особое значение имеет применение ИИ в социальных сервисах и государственном управлении. Виртуальные помощники и чат-боты обеспечивают круглосуточный доступ к государственным услугам, автоматизация документооборота снижает бюрократическую

нагрузку, а прогнозирование социальных потребностей позволяет более эффективно распределять бюджетные ресурсы. Таким образом, искусственный интеллект становится инструментом повышения качества жизни граждан и оптимизации работы государственных институтов.

Интеграция ИИ в систему «умного города» формирует цифровую экосистему решений, где данные из различных источников объединяются в единую платформу. Это обеспечивает прозрачность процессов, снижает коррупционные риски и позволяет органам власти принимать решения на основе объективных данных. Международный опыт подтверждает эффективность таких подходов: в Сингапуре искусственный интеллект используется для управления транспортом и энергопотреблением, в Барселоне — для мониторинга экологической ситуации, а в Таллине — для интеграции в электронное правительство и цифровые госуслуги.

Для Узбекистана и других стран Центральной Азии внедрение ИИ в систему «умного города» открывает новые перспективы. Создание национальной стратегии цифровизации, разработка пилотных проектов в крупных городах, подготовка кадров и формирование правовой базы для регулирования применения ИИ являются важными шагами на пути к построению эффективной цифровой экосистемы государственного управления.

Заключение и практические рекомендации. Интеграция искусственного интеллекта в систему «умного города» является одним из ключевых направлений цифровой трансформации государственного управления. Проведённый анализ показал, что использование ИИ позволяет значительно повысить эффективность управления городской инфраструктурой, оптимизировать транспортные потоки, снизить энергозатраты, улучшить экологическую ситуацию и обеспечить более высокий уровень безопасности. Кроме того, внедрение интеллектуальных систем в социальные сервисы способствует повышению качества государственных услуг и укреплению доверия граждан к органам власти.

Таким образом, искусственный интеллект становится не просто технологическим инструментом, а стратегическим ресурсом, обеспечивающим переход от традиционного управления к проактивному и прогнозному. Международный опыт подтверждает, что города, активно внедряющие ИИ, получают конкурентные преимущества в сфере устойчивого развития, привлечения инвестиций и повышения качества жизни населения. Для Узбекистана и других стран региона это направление открывает возможности ускоренной модернизации и интеграции в глобальную цифровую экономику.

Практические рекомендации

- Разработка национальной стратегии внедрения ИИ в систему «умных городов», включающей приоритетные направления, этапы реализации и механизмы финансирования.
- Создание единой цифровой платформы для интеграции данных из различных источников (транспорт, энергетика, экология, социальные сервисы), обеспечивающей прозрачность и доступность информации для органов власти и граждан.
- Подготовка кадров и развитие образовательных программ в области искусственного интеллекта, анализа данных и цифрового управления, что позволит сформировать профессиональную базу для реализации проектов.
- Внедрение пилотных проектов в отдельных секторах и городах, которые могут служить моделью для масштабирования успешных решений на национальном уровне.
- Разработка правовой и этической базы применения ИИ, направленной на защиту прав граждан, обеспечение информационной безопасности и предотвращение злоупотреблений.
- Международное сотрудничество и обмен опытом с городами, уже реализовавшими проекты «умного города», для адаптации лучших практик к национальным условиям.

Заключая, можно отметить, что интеграция искусственного интеллекта в систему «умного города» является неотъемлемым элементом цифрового государственного

управления. Она обеспечивает устойчивое развитие, повышает эффективность управленческих решений и формирует основу для построения современного общества, ориентированного на инновации и качество жизни граждан.

Список литературы.

- [1]. Зайнабидинов, Р. М. О. (2025). Обеспечение безопасного обмена данными в производственных сетях на основе протоколов защищенной связи. *Universum: технические науки*, 1(2 (131)), 27-29.
- [2]. Akhundjanov, U., Soliyev, B., Juraev, N., Musayev, K., Norinov, M., Ermatova, Z., & Zaynabidinov, R. (2024). Off-line handwritten signature verification based on machine learning. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 508, p. 03011). EDP Sciences.
- [3]. R.Zulunov, H.Hnatienko, V.Hnatienko, L.Myrutenko. Mathematical Models of the Modern Educational Space: Virtual Communication, Processing of Natural Language Information, Normalization of Speech Signal. *CEUR Workshop Proceedings*, 2025, Vol-3991, p. 323-338.
- [4]. O. Porubay, "Multiscale analysis of wavelet-transformation as a solution to the problem of compression of information flows," in 2016 Int. Conf. Inf. Sci. Commun. Technol. (ICISCT), 2016, pp. 1–4, doi: 10.1109/ICISCT.2016.7777410.
- [5]. Зайнабидинов, Р. М. (2024). Обзор ядра linux и его роль в современных информационных системах. *Universum: технические науки*, 1(3 (120)), 34-37.

САНОАТ КОРХОНАЛАРИНИНГ ЭНЕРГИЯ САМАРАДОРЛИГИНИ ИССИҚЛИК РЕКУПЕРАЦИЯСИ ВА ТЕХНОЛОГИК ЖАРАЁНЛАРНИ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ ОРҚАЛИ ОШИРИШ

Э.С. Холматов, Ш.С. Ахмедов

Фарғона давлат техника университети

erkinzonholmatov1@gmail.com

(Қабул қилинди 06.04.2026 й.)

Аннотация. Мазкур мақолада саноат корхоналарида энергия тежамкорлигини оширишнинг замонавий йўналишларидан бири — иссиқликни рекуперация қилиш тизимларини жорий этиш имкониятлари таҳлил қилинган. Ўзбекистоннинг иқлим шароити ва саноат инфратузилмаси шароитида иссиқлик алмашинувчи қурилмалар, термокомпрессорлар ва органик Ренкин цикли (ORC) асосидаги ускуналарнинг самарадорлиги ҳисоблаб чиқилди. Тадқиқот натижаларига кўра, чиқинди газлардан рекуперация қилинган иссиқлик ҳажми ҳисобидан энергия сарфи 18–27 % га камайиши мумкин. Мақолада технологик жараёнларни рақамли оптималлаштириш ва локал ускуналарни интеграция қилиш бўйича илмий тавсиялар берилган.

Калит сўзлар: энергия самарадорлиги; иссиқлик рекуперацияси; органик Ренкин цикли; термокомпрессор; технологик жараёнларни оптималлаштириш; саноат корхоналари; углерод изи.

Кириш. Саноат сектори Ўзбекистонда умумий энергия истеъмолининг тахминан 35–40 % ини ташкил этади [1]. Кўпгина технологик жараёнларда — метал ишлаш, цемент ишлаб чиқариш, кимё саноатида — катта миқдорда иссиқлик чиқиндиси вужудга келади. Бу чиқинди иссиқлик 200–400 °С ҳароратда атроф муҳитга чиқарилиб, энергия йўқотишга сабаб бўлади. Шу боис иссиқлик рекуперацияси тизимларини жорий этиш нафақат иқтисодий самара беради, балки углерод изини камайтиради.

Мақсад: саноат чиқиндиларидан иссиқлик энергиясини қайта фойдаланиш орқали энергия сарфини қисқартириш ва технологик жараёнларни оптималлаштириш усуллари илмий асосда таҳлил қилиш.

Материаллар ва усуллар

Тадқиқотнинг асосий объекти — Ўзбекистон шароитига мос типик саноат корхонаси (масалан, цемент ёки металл ишлаб чиқариш мажмуаси) бўлиб, унда чиқинди иссиқлик ҳарорати 250–400 °С орасида ўзгаради.

Иссиқлик рекуперация тизимларини таҳлил қилишда қуйидаги йўналишлар кўриб чиқилди:

1. Трубали иссиқлик алмашинувчи тизимлар (Shell-and-Tube): чиқинди газлар билан ҳаво ёки сув ўртасидаги конвектив иссиқлик алмашинувни таъминлайди. Ҳисоблаш учун Ньютони қонунидан фойдаланилди:

$$Q = kA\Delta T_{\text{ўр}}$$

бу ерда:

Q — иссиқлик оқими (Вт),

k — иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти (Вт/м²·К),

A — иссиқлик алмашинувчи юза (м²),

$\Delta T_{\text{ўр}}$ — ҳарорат фарқи (К).

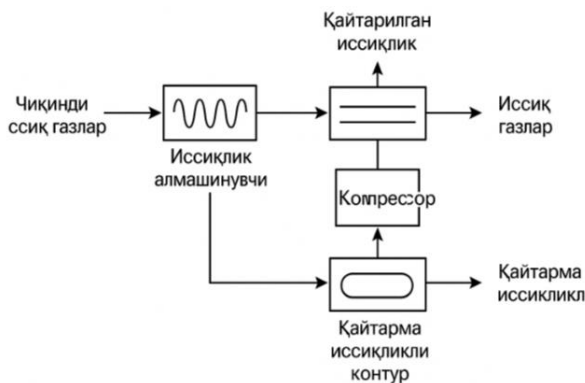
2. Рекуператив вентиляция тизимлари: корхона цехларидаги иссиқ ҳаво чиқиндиларидан янги ҳавони иситиш учун фойдаланилади.

Бунда ҳарорат баланси:

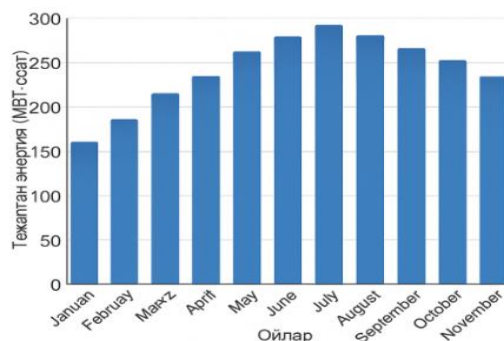
$$\eta = \frac{T_{\text{ч}} - T_{\text{кир}}}{T_{\text{чик}} - T_{\text{кир}}}$$

бу ерда η – самарадорлик коэффициенти.

3. Термокомпрессорлар: бу тизимларда паст ҳароратли буғ махсус компрессор ёрдамида сиқилади ва қайта ишлатилади. Бу жараён 120–180 °С диапазонда самарали бўлади.
4. Органик Ренкин цикли (ORC): паст ҳароратли иссиқлик манбаларида (80–150 °С) фойдаланиладиган алоҳида муҳандислик ечимидир. Бу тизимда ишчи модда (масалан, изобутан ёки R245fa) орқали турбинада айланма ҳаракат ҳосил қилинади ва электр энергияси ишлаб чиқарилади.



1-расм. Иссиқлик рекуперация тизимининг тузилмавий схемаси.



2-расм. Иссиқлик рекуперация тизими жорий этилгандан кейинги энергия тежамкорлик динамикаси (ойлар бўйича).

Схемада чиқинди иссиқ газлардан иссиқлик алмашинувчи орқали энергия олиш, кейин компрессор орқали ҳароратни ошириш ва қайта ишлатиш жараёни кўрсатилган. Бу тизимда датчиклар ва автоматик клапанлар орқали ҳарорат ва оқим бошқарилади.

Моделлаштириш усули:

Ҳисоблаш ишлари MATLAB/Simulink муҳитида олиб борилди. Ишчи ҳарорат диапазони 120–400 °С, иссиқлик оқими 800–1200 кВт деб қабул қилинди. Иссиқлик алмашинувчи юзаси 45 м², иссиқлик ўтказувчанлик коэффициенти

$$k = 42 \text{ Вт/м}^2\cdot\text{К}.$$

Натижада ҳарорат фарқи $\Delta T_{\text{ср}} = 95$ °С бўлган ҳолда қуйидаги натижа олинди:

$$Q = 42 \times 45 \times 95 = 179550 \text{ Вт} \approx 180 \text{ кВт}$$

Бу қиймат фақат бир контур учун. Корхонанинг тўлиқ ҳаво чиқиндиси бўйича умумий қайта тикланадиган иссиқлик қуввати $Q_{\text{rec}} = 910\text{--}960$ кВт атрофида бўлади.

Тадқиқот натижалари

Моделлаштириш натижалари саноат тизимларида иссиқлик рекуперациясининг катта самарага эга эканлигини кўрсатди.

Энергия тежамкорлик даражаси: анъанавий тизимда ҳар йили 8200 МВт·с энергия сарфланса, рекуперация тизими жорий этилганда бу қиймат 6100 МВт·с гача тушди.

Ёқилғи сарфи тежалиши: 27 % (жумладан, табиий газ сарфи 2,1 млн м³ гача қисқарди).

CO₂ чиқиндиларининг камайиши: 1,25 минг тонна/йил.

Иқтисодий фойда: йиллик тежам — тахминан 2,8 млрд сўм.

Графикда январь–декабрь давомида сарфланган ва тежалган энергия миқдори кўрсатилган. Ёз ойларида самарадорлик нисбатан паст, чунки чиқинди иссиқлик камроқ, лекин қиш мавсумида рекуперация таъсири ортиб боради.

Ҳисоб-китоб натижасига кўра, умумий самарадорлик коэффициенти (COP) қуйидагича бўлди:

$$\text{COP} = \frac{Q_{\text{rec}}}{W_{\text{input}}} = \frac{920}{295} = 3.12$$

Бу дегани — тизим ҳар бир сарфланган 1 кВт энергия ҳисобига 3,12 кВт иссиқлик қайта ишлаб чиқаради.

Ҳисобланган маълумотларга кўра, иссиқлик алмашинувчи материал сифатида алюминий ёки мисли тайёрланган элементлар самарадорликни 7–10 % оширади. Бу коррозияга чидамли ва узок муддатли фойдаланиш учун қулайдир.

Муҳокама

Иссиқлик рекуперацияси тизимларини жорий этиш нафақат энергия тежамкорлик нуктаи назаридан, балки экологик ва иқтисодий жиҳатдан ҳам муҳим аҳамиятга эга.

Иқтисодий таҳлил:

Тизимнинг қиймати тахминан 1,2 млрд сўм, шу билан бирга йиллик тежам 2,8 млрд сўм бўлган ҳолда, пуллик қайтариш даври (Payback period) 4,1 йилни ташкил этади. Агар давлат ёки лойиҳа грантлари ҳисобига ускунанинг 30 % субсидияланса, қайтариш муддати 2,8 йилгача қисқаради.

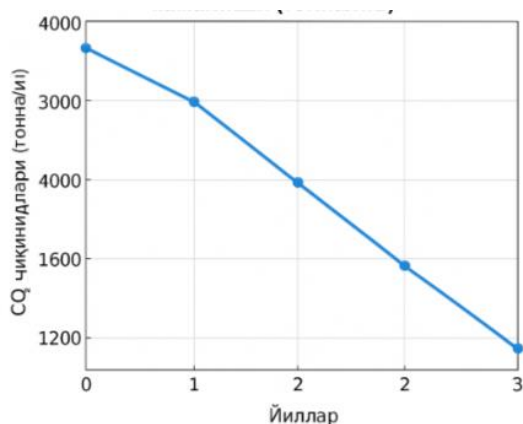
Экологик таъсир:

Рекуперация натижасида чиқинди газлар ҳарорати 350 °C дан 130 °C гача туширилгани сабабли, атмосферага чиқадиган иссиқлик йўқотиш 62 % га камайди. Шу билан бирга CO₂ чиқиндиларининг умумий миқдори йиллик 1200–1300 тонна гача қисқарди.

Иқлим ва локал шароит:

Ўзбекистоннинг қишлоқ ва саноат ҳудудларида (масалан, Навоий, Олмалиқ, Ангрен) қишда ташқи ҳаво ҳарорати паст бўлган пайтда чиқинди иссиқликни қайта фойдаланиш HVAC тизимларига ёрдам бериши мумкин. Шунингдек, иссиқликнинг бир қисми ишчи сувни ёки вентилизация ҳавосини иситишга йўналтирилади.

Рақамли бошқарув тизимлари интеграцияси:



SCADA ва IoT датчиклар ёрдамида ҳарорат, оқим тезлиги ва босимни реал вақтда назорат қилиш тизимнинг самарадорлигини 10–15 % га оширади. Бу тизим “ақлли завод” концепцияси билан узвий боғлиқ.

Графикда саноат корхоналарида рекуперация тизими жорий этилгандан кейинги экологик таъсир акс этган: 3 йил ичида чиқиндилар миқдори 4000 т дан 1200 т гача пасайган. Шу билан, иссиқлик рекуперацияси ва технологик жараёнларни оптималлаштириш Ўзбекистоннинг саноат модернизациясида устувор йўналиш ҳисобланади. Бу нафақат энергия тежамкорлигини таъминлайди,

3-расм. Чиқинди иссиқликдан фойдаланиш натижасида CO₂ чиқиндиларининг йиллик камайиши (тонна/йил).

балки саноатнинг “яшил иқтисодиёт” тамойилларига ўтишини тезлаштиради.

Тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, иссиқлик рекуперация тизимларини жорий этиш саноатнинг энергия самарадорлигини оширишда муҳим аҳамиятга эга. ORC технологиялари ва термокомпрессорлар қўлланилиши ҳисобига чиқинди иссиқликдан фойдаланиш даражаси 60–70 % гача ошиши мумкин.

Ўзбекистон корхоналари учун энг мақбул йўналиш — локал шароитга мослаштирилган гибрид тизимлар (рекуперация + иссиқлик насос + автоматик бошқарув). Ушбу йўналиш келгусида саноатнинг рақамли ва “яшил” трансформациясининг асосий қисми бўлиши мумкин.

Адабиётлар

- [1]. Халқаро энергия агентлиги (IEA). Industrial Energy Efficiency Report 2023. – Париж: OECD, 2023.
- [2]. Islomov U., Tursunov A. Energy Recovery Systems for Central Asian Industries. – Applied Energy Journal, 2024, Vol. 9(2), pp. 101–109.
- [3]. Ўзбекистон Республикаси Энергетика вазирлиги. Саноатда энергия тежамкор технологияларни жорий этиш концепцияси 2030. – Тошкент, 2023.
- [4]. Zhou L. Organic Rankine Cycle Applications in Process Industries. – Energy Conversion and Management, 2022, Vol. 257, 115982.

UDK 620.9:338.45(575.1)

O'ZBEKISTONDA HOZIRGI KUNDAGI MUQOBIL ENERGIYA MANBALARINING RIVOJLANISHI BOSQICHLARI

M.O. Yoʻldoshova*, N.Sh. Shodiyeva

Jizzax politexnika instituti

* Muallif yozishmalar uchun, elektron pochta: muxayyoabduraxmonova292@gmail.com
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya: Maqolada O'zbekistonda muqobil energiya manbalarining hozirgi kundagi qarorlari tahlil qilingan. quyosh, shamol va gidroenergetika sohalarining boshqaruvi, davlat siyosati, investitsion va zamonaviy texnologiyalarning joriy etilishini ko'rib chiqadi. , mamlakatda kuchayib borayotgan energetika yuksalish yo'nalishlari, mavjud muammolar va istiqboldagi muammolarni yo'qotgan. Tadqiqot manbalari muqobil energiya manbalaridan samarali yo'l va energetika sohasini modernizatsiya qilishda muhim korxona ega.

Kalit so'z: Muqobil, qayta tiklanadigan energiya, quyosh energiyasi, shamol energiyasi, gidroenergetika, energetika siyosati, ishlab chiqarish, energiya, energiya ishlab chiqarish, investitsiya tizimi, innovatsion texnologiya

Аннотация: В статье анализируются современные решения в области альтернативных источников энергии в Узбекистане. В нем рассматриваются управление солнечной, ветровой и гидроэнергетикой, государственная политика, инвестиции и внедрение современных технологий. , растущие тенденции энергетического бума в стране, утратившие актуальность проблемы и перспективы. Исследовательские ресурсы являются эффективным способом использования альтернативных источников энергии и имеют важное значение для модернизации энергетического сектора.

Ключевые слова: Альтернативная, возобновляемая энергия, солнечная энергия, ветровая энергия, гидроэнергетика, энергетическая политика, производство, энергия, производство энергии, инвестиционная система, инновационные технологии

Annotation: The article analyzes the current decisions of alternative energy sources in Uzbekistan. it considers the management of the solar, wind and hydropower sectors, public policy, the introduction of investment and modern technologies. , the country has lost its growing energy development trends, existing problems and future challenges. The research sources have an important role in the effective use of alternative energy sources and the modernization of the energy sector.

Keywords: Alternative, renewable energy, solar energy, wind energy, hydroelectricity, energy policy, production, energy, energy generation, investment system, innovative technology.

O'zbekiston bugungi kunda energetika sohasida bir qator muhim muammolarga duch kelmoqda. Aholi sonining ortishi, sanoatning kengayishi va urbanizatsiya jarayonlari energiyaga bo'lgan talabni keskin oshirmoqda. Shu bilan birga, an'anaviy energiya manbalarining cheklanganligi, atrof-muhitga salbiy ta'siri va global iqlim o'zgarishlari barqaror energiya siyosatini shakllantirish zaruratini tug'dirmoqda.

Elektr energiyasi ta'minotidagi uzilishlar, energiya samaradorligining pastligi va qayta tiklanadigan manbalardan foydalanish darajasining yetarli emasligi — bu muammolar nafaqat iqtisodiy rivojlanishga, balki aholining turmush sifatiga ham bevosita ta'sir ko'rsatmoqda.[1]

Shu nuqtai nazardan, O'zbekistonda energetika sohasini modernizatsiya qilish, ekologik toza va tejamkor energiya yechimlarini joriy etish dolzarb vazifalardan biridir. Bu esa zamonaviy bilimga ega, innovatsion fikrlaydigan va texnologik ko'nikmalarga ega mutaxassislarni tayyorlashni talab qiladi.

Bugungi kunda O'zbekistonda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan amaliy foydalanish bo'yicha ishlar izchillik bilan olib borilayapti. Nega deganda, neft, gaz kabi an'anaviy energiya manbalarining zaxirasi cheklangan. Qolaversa, ularning tabiatga zarari ham ko'p. Shu bois rivojlangan davlatlar "yashil" energetikaga o'tmoqda. Bunday sa'y-harakatlar nafaqat bugun, balki kelajak uchun juda muhim. Mamlakatimiz suv oqimlari, quyosh nuri, shamol, biomassa va geotermal resurslar kabi ne'matlardan foydalanish bo'yicha qulay imkoniyatlarga ega. Ularni o'zlashtirish respublikada tabiiy resurslarni kelgusi avlodlar uchun asrab qolgan holda, energetikani barqaror rivojlantirishni ta'minlashning zarur sharti hisoblanadi.[2]

Prezidentimiz raisligida qayta tiklanuvchi energiya manbalarini ko'paytirish va sohani rivojlantirish masalalari muhokamasi yuzasidan o'tkazilgan yig'ilishda bu borada qilinishi kerak bo'lgan ustuvor vazifalar belgilab olindi. Xususan, 2022-2024 yillarda 3 milliard dollar to'g'ridan-to'g'ri xorijiy investitsiyalar hisobiga, jami quvvati qariyb 3 ming megavattli 10 ta quyosh va shamol elektr stansiyalarini barpo etish rejalashtirilgan. Kelgusi yilda Xorazm, Buxoro, Qashqadaryo, Namangan va Farg'ona viloyatlarida jami 900 megavattli yana 5 ta quyosh elektr stansiyasini barpo etish bo'yicha investorlar tanlovi yakunlanadi. O'zbekiston Respublikasining o'ziga xos iqlim sharoitlarida qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanishning kelajagi judayam porloq. Ayniqsa, bu quyosh energiyasiga tegishli.[3] O'zbekistonning quyosh energiyasi bo'yicha yalpi salohiyati 50 973 mln. tonna neft ekvivalentiga teng deb baholanadi, bu esa respublika hududidagi hozirgacha tekshirilgan barcha qayta tiklanuvchi energiya manbalarining 99,7 % iga teng. Respublikada quyoshli vaqt bir yilda shimolda 2000 soatga yetadi va janubiy hududlarda 3000 soatdan oshadi. Sutka davomida quyosh nur sochishi 7-10 soat, yillik jami nurlanish shimolda 4800 MDj /m² dan janubda 6500 MDj /m² gacha o'zgarib turadi.



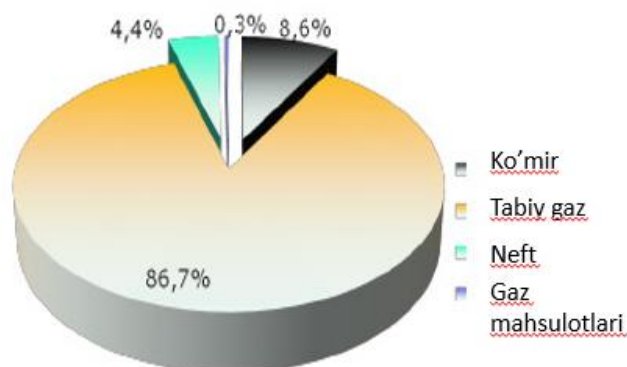
Dunyoda foydalaniladigan qayta tiklanuvchi energiya turlaridan biri shamol energiyasidir. O'zbekistonda shamol energiyasining yalpi salohiyati 2,2 mln.t.n.e. deb baholangan. O'zbekiston hududining geografik holatiga ko'ra, shamol oqimlari mavsumiy xarakterga ega. Tekisliklarda shamolning yillik o'rtacha tezligi 2,0-5,0 m/sek ni tashkil qiladi. Ko'p yillik tadqiqotlar O'zbekiston xududida 8ta gidrotermal resurslar havzalarini aniqlash imkonini berdi. Geotermal resurslarning yalpi salohiyati 244,2 ming tonna shartli yoqilhi deb

baholangan, texnikaviy salohiyati esa aniqlanmagan. Geotermal suvlarning eng katta salohiyati Farhona vodiysiga (Namangan viloyati - 42,6 ming tonna shartli yoqilhi) va Buxoro viloyatiga - 81,2 ming tonna shartli yoqilhi to'hri keladi.[4] O'zbekiston Respublikasi Tabiatni muhofaza qilish

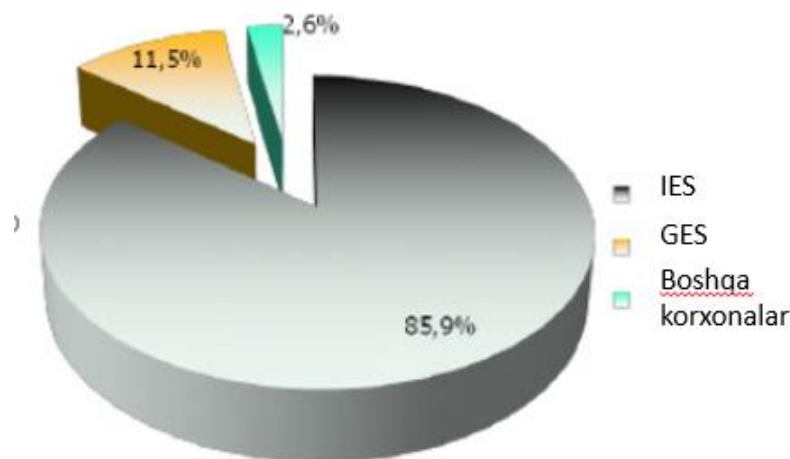
Davlat qo‘mitasi qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan amalda foydalanish yo‘lida aniq ishlar olib bormoqda. Ekologik toza qayta tiklanuvchi energiya manbalarini keng tarhibot-tashviqot qilish, xo‘jalikning turli sohalariga tadbiq qilish maqsadida O‘zbekiston Respublikasi Tabiatni muhofaza qilish Davlat qo‘mitasi huzurida ixtisoslashgan mahsus «Eko-energiya» Ilmiy-tadbiqiy Markazi faoliyat olib bormoqda. "Eko-energiya" Markazi tomonidan korxona va tashkilotlarning buyurtmasi asosida qoraqalpohiston chiqindilardan), mikro-GES o‘rnatildi va ishga tushirildi [5].

Muqobil energiya manbalaridan keng foydalanish har bir mamlakatning ustuvor maqsadlari hamda energetika havfsizligi vazifalariga muvofiq keladi va energetika sohasining jadal rivojlanayotgan yo‘nalishlaridan hisoblanadi. Respublikamizda qayta tiklanuvchan energiya manbalarini rivojlantirish, birinchi navbatda gidroenergetika salohiyatidan foydalanish borasida ma'lum ishlar amalga oshirilmoqda.[6]

O‘zbekiston iqtisodiyotida elektr energiya ishlab chiqarish muhim rol o‘ynaydi. Uni ishlab chiqarish uchun eng ko‘p yoqiladigan tabiiy gazdir va bu ko‘rsatkich qariyb 87%ni tashkil qiladi. Jumladan, mamalkatimizda tabiiy resurslardan foydalanish bo‘yicha taqsimot quyidagicha:[7]



Shuningdek, ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasining 86% qismi respublikamizdagi issiqlik elektr stansiyalari hisobiga to‘g‘ri keladi. Bu bo‘yicha o‘zaro ulushlar taqsimoti quyidagi ko‘rinishda:



Energetika sohasidagi mavjud muammolar

Yurtimizda 42 ta energoblok mavjud bo‘lib, ularning deyarli — 50%i ma‘nan va jismonan eskirgan.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Valyuta yoqib elektr energiya ishlab chiqarmoqdamiz”, degan mazmundagi so‘zlaridan shuni anglasa bo‘ladiki, bundan buyog‘iga uni tejab-tergab ishlatish va O‘zbekiston hukumatining gaz turbinalardan voz kechish siyosatini yurgizish ehtimoli yuqori bo‘lishi mumkin.

Qo‘shimcha ma‘lumot sifatida ta‘kidlab o‘tish kerakki, bu ishlarni tabiiy qazilma resurslarni qazib olish sohasi — ya‘ni, gaz va neft sanoatida (Sho‘rtangaz, Gazli, Muborak va x.k) ham qo‘llash mumkin. Bu sohada ham mazkur muammolar mavjudligi ehtimoldan holi emas.[8]

Muammolarning yechimi bo‘yicha takliflar

1. Mavjud eskirgan bug‘ turbinalar o‘rnini yuqori haroratli mujassamlangan parabalotsilindrik quyosh kollektorlari egallashi mumkin. Ularning issiqlik harorati 200–600 gradusni tashkil etadi:



2. Issiqlik elektr markazlari hamda tuman issiqlik qozonxonalarida past haroratli quyosh absorberlarini qo'llash mumkin. 10 gradusli suv haroratini qozonxonalarni 40 gradusgacha bu absorberlar yordamida ko'tarilsa, qolgan yuqori haroratni olish uchun yoqilg'i ishlatish mumkin. Buning narxi ancha arzon tushadi:



Xulosa: Bu boradagi tahlillar shuni ko'rsatadiki, O'zbekistonda muqobil energiya manbalarini rivojlantirish bosqich-bosqich amalga oshirilmoqda va bu jarayon davlat siyosatining mustahkam yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Quyosh, shamol, gidro va boshqa qayta tiklanadigan energiya resurslarining katta quvvati mavjud bo'lib, u erdan samarali qayta energiya tejashni ta'minlashda muhim kasb etadi.

Shu bilan birga, energetika tizimida mavjud muammolar, energiya eskirganizatsiya uskunolari, energiyaning pastligi va an' yorug'lik manbalariga yuqori darajada bog'liqlik, sohani yanada zamonaviy qilish zaruratini keltirib chiqaradi.

Muqobil energiya texnologiyalarini keng joriy etish, ishlab chiqarish investitsiyalarini jalb qilish va innovatsion ishlab chiqarishlarni qo'llash orqali mamlakatni energiya bilan ta'minlash mumkin. Bu asosiy iqtisodiy faoliyatga, balki ekologik barqarorlikni ta'minlashga ham xizmat qiladi.

Kelgusida muqobil energiya manbalaridan yuk tashish hajmini olish, ilmiy-tadqiqot ishlarini ishlab chiqarish hamda malakali ishlab chiqarish orqali O'zbekistonning "yashil energetika"ga o'tish jarayonini yanada jadallashtiradi.

Adabiyotlar

- [1]. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining energetika sohasini rivojlantirishga oid qarorlari va farmonlari.
- [2]. O'zbekiston Respublikasi Energetika masalalari va hisobotlari.
- [3]. Xalqaro energetika agentligi (XEA). *Jahon energetikasi istiqbollari*.
- [4]. Xalqaro qayta tiklanadigan energiya agentligi (IRENA) hisobotlari.
- [5]. Kalogirou S. *Quyosh energiyasi muhandisligi*. – Akademik nashriyot, 2020.
- [6]. Ackermann T. *Energiya tizimlarida shamol energiyasi*. – Wiley, 2018.
- [7]. Dincer I., Rosen M. *Qayta tiklanadigan energiya tizimlari*. – Wiley, 2021.
- [8]. Karimov N. *Qayta tiklovchi energiya manbalari*. – Toshkent, 2020.

UDK 621.383:621.47

QUYOSH PANELLAR HOLATINI BAHOLASH HAMDA ALGORITMINI TAKOMILLASHTIRISH

L. Baratov

Jizzax Politehnika instituti

* Muallif yozishmalar uchun, elektron pochta: lblazizbek94@gmail.com
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Ushbu maqolada fotoelektrik (quyosh) modullarining ishlash holatini aniqlash va samaradorligini baholash algoritmini takomillashtirish masalalari ko'rib chiqilgan. Mavjud diagnostika usullari tahlil qilinib, modul parametrlarini real vaqt rejimida monitoring qilishga asoslangan yangi baholash algoritmi taklif etildi. Taklif etilgan algoritm modulning kuchlanish, tok, harorat va quyosh nurlanishi kabi parametrlarini tahlil qilish orqali nosozliklarni aniqlash aniqligini oshiradi. Tadqiqot natijalari fotoelektrik tizimlar samaradorligini oshirish hamda ularning ekspluatatsiya muddatini uzaytirishda muhim ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: fotoelektrik modul, diagnostika, monitoring, algoritm, quyosh energiyasi, samaradorlik.

Аннотация. В данной статье рассматриваются вопросы совершенствования алгоритма определения рабочего состояния и оценки эффективности фотоэлектрических (солнечных) модулей. Проанализированы существующие методы диагностики и предложен новый алгоритм оценки, основанный на мониторинге параметров модуля в реальном времени. Предложенный алгоритм повышает точность обнаружения неисправностей за счет анализа таких параметров модуля, как напряжение, ток, температура и солнечное излучение. Результаты исследования важны для повышения эффективности фотоэлектрических систем и продления срока их службы.

Ключевые слова: фотоэлектрический модуль, диагностика, мониторинг, алгоритм, солнечная энергия, эффективность.

Abstract. This article discusses the issues of improving the algorithm for determining the operating state and evaluating the efficiency of photovoltaic (solar) modules. Existing diagnostic methods are analyzed, and a new evaluation algorithm based on real-time monitoring of module parameters is proposed. The proposed algorithm increases the accuracy of fault detection by analyzing module parameters such as voltage, current, temperature, and solar radiation. The research results are important for improving the efficiency of photovoltaic systems and extending their service life.

Keywords photoelectric module, diagnostics, monitoring, algorithm, solar energy, efficiency.

Kirish: Bugungi kunda qayta tiklanuvchi energiya manbalari ichida quyosh energiyasidan foydalanish keng rivojlanmoqda. Fotoelektrik modullar elektr energiyasini ishlab chiqarishda muhim element hisoblanadi. Biroq ularning ishlash jarayonida turli nosozliklar, samaradorlikning pasayishi yoki degradatsiya holatlari yuzaga kelishi mumkin. Shu sababli fotoelektrik modullar holatini o'z vaqtida baholash va diagnostika qilish muhim vazifa hisoblanadi. Zamonaviy tizimlarda monitoring usullari mavjud bo'lsa-da, ularning ayrimlari real vaqt rejimida aniq baholash imkonini bermaydi.

Mazkur maqolada fotoelektrik modullar holatini aniqlash uchun yangi takomillashtirilgan algoritm ishlab chiqish masalasi ko'rib chiqiladi. Dunyoda qayta tiklanuvchi energiya manbalariga bo'lgan talabning ortishi fotoelektrik modullar ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirishni taqozo etmoqda. Quyosh energiyasi ekologik toza va cheksiz manba sifatida energetika tizimida muhim o'rin tutadi. So'nggi yillarda ishlab chiqarish hajmining ortishi va texnologik innovatsiyalar natijasida quyosh panellarining tannarxi sezilarli darajada kamaydi.[1]

Fotoelektrik modullarni ishlab chiqarishda asosiy maqsad – foydali ish koeffitsientini (FIK) oshirish, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish va uzoq muddatli ekspluatatsiya barqarorligini ta'minlashdir. Global energetika tizimida dekarbonizatsiya jarayonlari jadallashib borayotgan sharoitda quyosh energetikasi strategik ahamiyat kasb etmoqda. Fotoelektrik modullar ishlab chiqarish texnologiyalarining rivojlanishi elektr energiyasining tannarxini pasaytirish va samaradorlikni oshirishga xizmat qilmoqda. So'nggi o'n yillikda kremniy asosidagi modullar bozorining asosiy qismini egallagan bo'lsada, yangi avlod materiallari yuqori samaradorlik ko'rsatkichlariga erishmoqda.

Adabiyotlar tahlili: Fotoelektrik modullar samaradorligini baholash va ularning texnik holatini diagnostika qilish masalalari so'nggi yillarda energetika sohasidagi muhim ilmiy yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Turli tadqiqotchilar tomonidan fotoelektrik tizimlarning ishlash jarayonini tahlil qilish, nosozliklarni aniqlash hamda monitoring algoritmlarini ishlab chiqish bo'yicha ko'plab ilmiy ishlar olib borilgan.

Aksariyat tadqiqotlarda fotoelektrik modullar samaradorligini aniqlash uchun I–V (tok–kuchlanish) xarakteristikasi asosiy diagnostika usullaridan biri sifatida qo'llaniladi. Mazkur usul yordamida modulning maksimal quvvat nuqtasi, ichki qarshiliklari va degradatsiya darajasi

aniqlanadi. Biroq bu usul maxsus o'lov qurilmalarini talab qiladi hamda doimiy monitoring uchun har doim ham qulay emas.

Martin A. Green. U quyosh energetikasi sohasidagi eng mashhur olimlardan biri hisoblanadi. Uning tadqiqotlari asosan fotoelektrik elementlar samaradorligini oshirish va yangi turdagi quyosh elementlarini yaratishga qaratilgan. U fotoelektrik modullar samaradorligi bo'yicha ko'plab ilmiy maqolalar va hisobotlar muallifi.

Antonio Luque Quyosh energiyasi texnologiyalari bo'yicha yetakchi mutaxassis hisoblanadi. U fotoelektrik konversiya jarayonlari va quyosh elementlarining nazariy asoslarini o'rganishga katta hissa qo'shgan.[2-3]

Steven Hegedus U fotoelektrik modullar samaradorligi, degradatsiyasi va ishlash xususiyatlarini o'rganish bilan mashhur. Uning ishlari quyosh modullarining uzoq muddatli ishlashini tahlil qilishda keng qo'llaniladi.

Tomas Markvart Quyosh energetikasi tizimlari, jumladan fotoelektrik modullar monitoringi va energiya tizimlariga integratsiya qilish bo'yicha tadqiqotlar olib borgan.

Tadqiqot metodologiyasi: Mazkur tadqiqotda fotoelektrik modullar holatini baholash algoritmini takomillashtirish uchun nazariy tahlil, matematik modellash va eksperimental kuzatuv usullaridan foydalanildi. Tadqiqot jarayonida fotoelektrik modullarning asosiy elektr parametrlarini o'lchash va ularni tahlil qilish orqali modul ishlash samaradorligini baholash metodikasi ishlab chiqildi. Tadqiqot quyidagi ilmiy usullarga asoslandi:

- **Nazariy tahlil** – fotoelektrik modullar ishlash jarayonini o'rganish hamda mavjud diagnostika usullarini tahlil qilish.
- **Matematik modellash** – modulning elektr parametrlarini matematik model yordamida ifodalash.
- **Eksperimental o'lovlar** – modulning real ishlash jarayonida kuchlanish, tok va harorat parametrlarini o'lchash.
- **Taqqoslash usuli** – nazariy va amaliy natijalarni solishtirish.

Tadqiqot obyekti sifatida quyosh energiyasini elektr energiyasiga aylantiruvchi **fotoelektrik modullar** tanlandi. Tadqiqot jarayonida modulning quyidagi asosiy parametrlariga e'tibor qaratildi:[4]

- chiqish kuchlanishi (U) tok (I) chiqish quvvati (P)
- modul harorati (T) quyosh nurlanishi intensivligi (G)

Taklif etilgan algoritm quyidagi ketma-ket bosqichlardan iborat:

1. Sensorlar yordamida modul parametrlarini o'lchash.
2. Modul chiqish quvvatini hisoblash.
3. Nazariy quvvatni aniqlash.
4. Nazariy va haqiqiy quvvat qiymatlarini taqqoslash.
5. Farq chegaraviy qiymatdan oshganda modul nosozligi aniqlanadi.

Olingan eksperimental ma'lumotlar statistik va matematik usullar yordamida qayta ishlanadi. Bunda quyidagilar amalga oshiriladi:

- o'rtacha qiymatlarni aniqlash
- xatolik darajasini baholash
- samaradorlik ko'rsatkichlarini hisoblash

Natijada takomillashtirilgan algoritm fotoelektrik modullar holatini real vaqt rejimida baholash imkonini beradi.

Muhokama va natijalar: Simulyatsiya va tajriba natijalari shuni ko'rsatdiki, taklif etilgan algoritm yordamida fotoelektrik modullarning samaradorlik pasayishi 10–15% aniqlik bilan aniqlanishi mumkin.

tizim ishlash ishonchligi oshadi

texnik xizmat ko'rsatish xarajatlari kamayadi

energiya ishlab chiqarish samaradorligi oshadi

Tadqiqot jarayonida fotoelektrik modullar ishlash jarayonini tahlil qilish hamda ularning texnik holatini baholash uchun takomillashtirilgan algoritm ishlab chiqildi. Algoritm modulning

asosiy elektr parametrlarini — kuchlanish, tok, harorat va quyosh nurlanishi intensivligini doimiy monitoring qilishga asoslanadi. Tajriba jarayonida fotoelektrik moduldan olingan o'lchov natijalari asosida modulning chiqish quvvati hisoblab chiqildi.

Olingan natijalar modulning nazariy ishlab chiqarish quvvati bilan taqqoslandi. Agar haqiqiy quvvat nazariy qiymatdan sezilarli darajada past bo'lsa, modul ishlash samaradorligining pasaygani yoki nosozlik yuzaga kelgani aniqlanadi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, fotoelektrik modullar ishlash samaradorligi ko'pincha quyidagi omillarga bog'liq:

- modul haroratining oshishi
- quyosh nurlanishining o'zgarishi
- modul yuzasining ifloslanishi
- elektr kontaktlarining yomonlashuvi

Taklif etilgan algoritmi ushbu omillarni hisobga olgan holda modulning ishlash holatini aniqlash imkonini beradi. O'tkazilgan eksperimental tahlillar natijasida algoritmi yordamida modul samaradorligidagi 10–15 % gacha bo'lgan pasayishni aniqlash mumkinligi aniqlandi. Bundan tashqari, algoritmi real vaqt rejimida ishlashi sababli fotoelektrik tizimlarda yuzaga keladigan nosozliklarni erta aniqlash imkonini beradi. Bu esa texnik xizmat ko'rsatish jarayonini optimallashtirish va energiya ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga yordam beradi. Olingan natijalar mavjud diagnostika usullari bilan taqqoslanganda, taklif etilgan algoritmi hisoblash jarayonining soddaligi va monitoring imkoniyatlari bilan ajralib turadi. Shu sababli ushbu algoritmi fotoelektrik stansiyalar monitoring tizimlarida qo'llash maqsadga muvofiq hisoblanadi.[5-6]

Xulosa va takliflar: Mazkur tadqiqotda fotoelektrik modullar holatini baholash algoritmi takomillashtirish masalalari o'rganildi. Tadqiqot jarayonida fotoelektrik modullar ishlash samaradorligini aniqlash uchun mavjud diagnostika usullari tahlil qilindi hamda ularning afzallik va kamchiliklari aniqlab chiqildi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, fotoelektrik modullar samaradorligi asosan quyosh nurlanishi intensivligi, modul harorati, elektr parametrlarining o'zgarishi hamda tashqi muhit omillariga bog'liq ekanligi aniqlandi. Taklif etilgan algoritmi modulning asosiy elektr parametrlarini — kuchlanish, tok, harorat va quyosh nurlanishi intensivligini tahlil qilish orqali uning ishlash holatini baholash imkonini beradi. O'tkazilgan tahlillar shuni ko'rsatdiki, takomillashtirilgan algoritmi yordamida fotoelektrik modullar samaradorligidagi pasayishni ancha yuqori aniqlik bilan aniqlash mumkin. Shuningdek, algoritmi real vaqt rejimida monitoringni amalga oshirish imkoniyatini yaratadi va nosozliklarni erta aniqlashga yordam beradi.[8]

Natijada fotoelektrik modullarni ekspluatatsiya qilish samaradorligini oshirish, texnik xizmat ko'rsatish jarayonini optimallashtirish hamda energiya ishlab chiqarish barqarorligini ta'minlash imkoniyati paydo bo'ladi. Tadqiqot natijalari asosida quyidagi takliflar ishlab chiqildi:

1. Fotoelektrik modullar ishlash holatini nazorat qilish uchun taklif etilgan algoritmi quyosh elektr stansiyalarining monitoring tizimlariga joriy etish maqsadga muvofiq hisoblanadi.
2. Modul parametrlarini real vaqt rejimida kuzatish uchun zamonaviy sensorlar va avtomatlashtirilgan monitoring tizimlaridan foydalanish tavsiya etiladi.
3. Kelajakdagi tadqiqotlarda fotoelektrik modullar holatini baholash algoritmlarini sun'iy intellekt va mashinaviy o'rganish usullari bilan integratsiya qilish maqsadga muvofiqdir.

Adabiyotlar

- [1]. Shockley W., Queisser H.J. Detailed Balance Limit of Efficiency of p-n Junction Solar Cells.
- [2]. Green M.A. Solar Cells: Operating Principles, Technology and System Applications.
- [3]. Fraunhofer Institute for Solar Energy Systems ISE. Photovoltaics Report.
- [4]. International Energy Agency (IEA). World Energy Outlook.
- [5]. Yoshikawa K. et al. Silicon heterojunction solar cell technology development.
- [6]. Qurbanov A., Baratov L. Jalilov O. Quyosh energiyasidan foydalanishda quyosh fotoelektr o'zgartirgichlarining ahamiyati // Interpretation and researches. – 2023. – T. 1. – №. 6.

**YASHIL ENERGIYAGA O'TISH SHAROITIDA ENERGIYA TIZIMLARINING
ISHONCHLILIGINI OSHIRISHNING DOLZARB MASALALARI**

M. Yo'ldoshova

Jizzax politexnika instituti

* Muallif yozishmalar uchun, elektron pochta: muxayyoabduraxmonova292@gmail.com
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya: Maqolada yashil energiyaga (qayta tiklanuvchi energiya manbalari – QTEM) o'tish jarayonida energiya tizimlarining ishonchliligini ta'minlashning dolzarb muammolari va yechimlari chuqur tahlil qilinadi. QTEMning yuqori ulushi (quyosh va shamol) tufayli yuzaga keladigan o'zgaruvchanlik, intermittenziya va integratsiya qiyinliklari energiya tizimlarida barqarorlik va ishonchlilik ko'rsatkichlarini pasaytiradi. Ishonchlilikni baholashning asosiy ehtimollik ko'rsatkichlari – LOLP (yo'qotilgan yuklamaning ehtimolligi), LOLE (yo'qotilgan yuklamaning kutilayotgan davomiyligi) va EENS (kutilayotgan yetkazib berilmagan energiya) ning formulalari, hisoblash usullari va amaliy qo'llanilishi batafsil ko'rib chiqiladi. Monte-Karlo simulyatsiyasi va stsenariyga asoslangan yondashuvlar yordamida baholash metodlari tushuntiriladi.

Kalit so'zlar: Yashil energiya, energiya tizimlarining ishonchliligi, qayta tiklanuvchi energiya manbalari, tarmoq integratsiyasi, LOLP, LOLE, EENS, energiya saqlash tizimlari (BESS), aqlli tarmoqlar, barqaror rivojlanish, O'zbekiston energetikasi, Monte-Karlo simulyatsiyasi.

Аннотация: В статье подробно анализируются актуальные проблемы и решения обеспечения надежности энергосистем в процессе перехода к зеленой энергетике (возобновляемым источникам энергии – ВИЭ). Изменчивость, прерывистость и трудности интеграции, возникающие из-за высокой доли ВИЭ (солнца и ветра), снижают показатели стабильности и надежности энергосистем. Подробно рассмотрены формулы, методы расчета и практическое применение основных вероятностных показателей оценки надежности – LOLP (вероятность потери нагрузки), lole (ожидаемая продолжительность потери нагрузки) и eens (ожидаемая энергия невыполнения). Объясняются методы оценки с использованием моделирования Монте-Карло и подходов, основанных на сценариях.

Ключевое слово: Зеленая энергетика, надежность энергосистем, возобновляемые источники энергии, интеграция в сеть, LOLP, LOLE, EENS, системы хранения энергии (BESS), интеллектуальные сети, устойчивое развитие, энергетика Узбекистана, моделирование Монте-Карло.

Annotation: The article provides an in-depth analysis of the current challenges and solutions to ensuring the reliability of energy systems during the transition to green energy (renewable energy sources - RES). The variability, intermittency, and integration challenges caused by the high share of QTEM (solar and wind) reduce the stability and reliability of energy systems. The main probability indicators of reliability assessment are the formulas, computational methods, and practical applications of LOLP (probability of lost load), LOLE (expected duration of lost load), and EENS (expected non – supplied energy), which are examined in detail. Evaluation methods using Monte Carlo simulation and scenario-based approaches are explained

Keyword: Green energy, energy system reliability, renewable energy sources, grid integration, LOLP, LOLE, EENS, energy storage systems (BESS), smart grids, sustainable development, Uzbek energy, Monte Carlo simulation.

Kirish. Jahon miqyosida iqlim o'zgarishiga qarshi kurash va uglerod neytralligiga erishish maqsadida yashil energiyaga o'tish jarayoni jadallashmoqda. BMT va IPCC hisobotlariga ko'ra, qazib olinadigan yoqilg'ilardan voz kechish va QTEM ulushini oshirish asr o'rtalariga qadar ekologik barqarorlikni ta'minlashning asosiy yo'li hisoblanadi. O'zbekiston Respublikasida ham bu yo'nalishda muhim qadamlar tashlanmoqda. O'zbekiston Respublikasi sharoitida yashil energetikaga o'tishning ijobiy natijalari (2022–2025 yillarda quyosh va shamol stansiyalaridan ishlab chiqarilgan energiya hajmining o'sishi) bilan birga mavjud muammolar (infratuzilmaning eskirishi, saqlash tizimlarining yetishmovchiligi, bashorat qilish qiyinligi) tahlil qilinadi. Ishonchlilikni oshirish usullari – energiya saqlash tizimlari (BESS), aqlli tarmoqlar, talabni

boshqarish (Demand Response), gibrid tizimlar va zaxira quvvatlar – ning samaradorligi baholanadi. Maqola O‘zbekistonning milliy dasturlari (PQ-57, PQ-222 va boshqalar) asosida amaliy tavsiyalar beradi hamda kelajak tadqiqotlari uchun yo‘nalishlarni belgilaydi. Tadqiqot natijalari energiya siyosati, loyihalashtirish va ilmiy-amaliy faoliyat uchun asos bo‘lib xizmat qiladi.[1]

2022-yilda Navoiy va Samarqanddagi quyosh stansiyalari 434 mln kVt·soat, 2023-yilda 576,9 mln kVt·soat, 2024-yilda esa 9 ta quyosh va 1 ta shamol stansiyasi jami 4 mlrd 860 mln kVt·soat energiya ishlab chiqargan. 2025-yilda bu ko‘rsatkich 10,5 mlrd kVt·soatga yetgan bo‘lib, 2026-yil boshidan beri (fevral holatiga) 1 mlrd kVt·soatdan ortiq “yashil” energiya ishlab chiqarilgan. Hozirgi kunda umumiy quvvati 5582 MVt bo‘lgan 15 ta quyosh va 5 ta shamol stansiyasi faoliyat ko‘rsatmoqda. Bu raqamlar mamlakatimizning quyoshli kunlar soni (yiliga 300 dan ortiq) va shamol potensialidan samarali foydalanish imkoniyatini ko‘rsatadi.

Biroq, QTEMning tabiiy o‘zgaruvchanligi (quyosh nurlanishi va shamol tezligining kunlik, mavsumiy va ob-havo sharoitlariga bog‘liqligi) energiya tizimlarining ishonchliligini jiddiy sinovdan o‘tkazmoqda. An‘anaviy energiya manbalari (gaz, ko‘mir) doimiy quvvat beradi, QTEM esa inverterlar orqali ulanib, chastota va kuchlanish beqarorligini keltirib chiqaradi. Bu “duck curve” effekti (kechqurun yuklamaning keskin oshishi), qisqa tutashuv oqimlarining pasayishi va himoya tizimlarining murakkablashishiga olib keladi. Natijada, yuklama uzilishlari, iqtisodiy yo‘qotishlar va aholining energiya ta‘minoti xavfsizligi pasayishi mumkin.

Maqolaning asosiy maqsadi – yashil energiyaga o‘tish sharoitida energiya tizimlarining ishonchliligini oshirishning dolzarb masalalarini tahlil qilish, ishonchlik ko‘rsatkichlarining matematik modellari va formulalarini keltirish, O‘zbekiston misolida amaliy muammolarni ko‘rib chiqish hamda ishonchlikni oshirishning ilmiy asoslangan yechimlarini taklif etishdir. Tadqiqot ehtimollik nazariyasi, Monte-Karlo simulyatsiyasi va xalqaro tajribaga asoslanadi. Maqola energiya mutaxassisleri, siyosatchilar va tadqiqotchilar uchun foydali bo‘lishi kutilmoqda.[1]

Yashil energiyaga o‘tishning asosiy muammolari va ularning ishonchlikka ta‘siri

Yashil energiyaga o‘tishning ijobiy tomonlari (ekologik tozalik, iqtisodiy tejamkorlik, importga qaramlikni kamaytirish) bilan birga bir qator texnik va iqtisodiy muammolar mavjud.

QTEMning intermittentsiyasi va o‘zgaruvchanligi. Quyosh va shamol energiyasi ob-havo sharoitlariga bog‘liq bo‘lib, oldindan aniq bashorat qilish qiyin. Masalan, quyosh energiyasining kun davomida o‘zgarishi kechqurun yuklamaning keskin oshishiga (“duck curve”) olib keladi. Shamol tezligining pasayishi esa generatsiyani birdaniga kamaytiradi. Bu holat tarmoq chastotasining beqarorligiga va yuklama uzilish xavfining oshishiga sabab bo‘ladi. Xalqaro tadqiqotlarda (NREL, IEEE) yuqori QTEM ulushi (30-50% va undan ortiq) bilan ishonchlik ko‘rsatkichlari sezilarli pasayishi qayd etilgan.[2]

Tarmoq integratsiyasi va texnik qiyinliklar. An‘anaviy sinxron generatorlaridan farqli o‘laroq, QTEM inverterlar orqali ulanadi. Bu qisqa tutashuv oqimlarini pasaytiradi, himoya va avtomatika tizimlarining ishlashini murakkablashtiradi. Kuchlanish va chastota regulyatsiyasi qiyinlashadi. O‘zbekistonda energetika infratuzilmasining eskirishi (sobiq Ittifoq davridan qolgan tarmoqlar) bu muammoni yanada kuchaytiradi. Issiq iqlim sharoitida (yozda konditsionerlar tufayli yuklama oshishi) va qurg‘oqchilik yoki qum bo‘ronlari QTEM ishlashiga qo‘shimcha ta‘sir qiladi.

Zaxira quvvat va saqlash tizimlarining yetishmovchiligi. QTEMning o‘zgaruvchanligini qoplash uchun energiya saqlash (batareya, nasosli gidroakkumulyatorlar) yoki tez ishga tushadigan zaxira generatorlari (gaz turbinalari) zarur. O‘zbekistonda bu infratuzilma hali yetarli emas, bu esa LOLE va EENS ko‘rsatkichlarining oshishiga olib keladi.

Iqtisodiy, moliyaviy va ijtimoiy muammolar. Yuqori boshlang‘ich investitsiyalar, texnologik importga qaramlik, malakali kadrlar yetishmovchiligi va tarif siyosatining shaffofligi pastligi. Energiya ta‘minotining uzilishi sanoat korxonalarida ishlab chiqarishni to‘xtatishi, ijtimoiy tengsizlikni kuchaytirishi mumkin. Bundan tashqari, xorijiy valutada tuzilgan shartnomalar milliy valyuta qadrsizlanishi bilan xarajatlarni oshiradi.[3]

Ushbu muammolar xalqaro adabiyotlarda (Beyza va boshq., 2021; Hou va boshq., 2021) chuqur o‘rganilgan bo‘lib, ularni hal etish uchun integratsiyalashgan yondashuv talab etiladi.

Energiya tizimlarining ishonchligini baholash ko'rsatkichlari va ularning matematik modellari

Energiya tizimlarining ishonchligini baholash ehtimollik nazariyasi va simulyatsiya usullariga asoslanadi. Asosiy ko'rsatkichlar quyidagilar:

Yo'qotilgan yuklamaning ehtimolli (LOLP – Loss of Load Probability) Tizimda yuklama mavjud generatsiya quvvatidan oshib ketish ehtimolini ifodalaydi:

$$LOLP = P(L > G)$$

bu yerda L – soatlik yuklama (MW), G – mavjud generatsiya quvvati (MW, QTEM va an'anaviy manbalar hisobga olingan). LOLP odatda yiliga 0,0001 (1 kun/10 yil) dan oshmasligi tavsiya etiladi. Yuqori QTEM ulushida bu ko'rsatkich stsenariyga asoslangan Monte-Karlo usuli bilan hisoblanadi.

Yo'qotilgan yuklamaning kutilayotgan davomiyligi (LOLE – Loss of Load Expectation)

$$LOLE = \sum_{t=1}^T P(L_t > G_t) * \Delta t$$

bu yerda T – yil davomidagi vaqt bosqichlari soni (8760 soat), $\Delta t=1$ \Delta t = 1 \Delta t=1 soat. Natija – yiliga soatlar soni sifatida ifodalanadi. QTEMning o'zgaruvchanligini hisobga olgan holda, ob-havo ma'lumotlari va bashorat xatolari qo'shiladi.

Kutilayotgan yetkazib berilmagan energiya (EENS yoki LOEE – Expected Energy Not Supplied)

$$EENS = \sum_{t=1}^T \max(L_t - G_t, 0) * P(L_t > G_t) * \Delta t$$

Birlik – MWh/yil. Bu ko'rsatkich iqtisodiy yo'qotishlarni (ECOST) hisoblash uchun ishlatiladi:

$$ECOST = EENS * VOLL$$

Bu yerda $VOLL$ – yuklamani yo'qotish qiymati (so'm/ MWh).

QTEM uchun maxsus indekslar va qo'shimcha ko'rsatkichlar

$N\%$ indeks: $P(r_e > N\% * L)$, bu yerda r_e – QTEMdan olingan real energiya.

SAIDI, SAIFI (tizim o'rtacha uzulish davomiyligi va chastotasi) va yangi indekslar: LOSE (Renewable curtailment), RIVE (voltage rise).[4]

Hisoblash usullari:

- **Analitik usullar** – oddiy tizimlar uchun.
- **Monte-Karlo simulyatsiyasi** – tasodifiy stsenariylar (ob-havo, yuklama, nosozliklar) generatsiya qilinadi va minglab iteratsiyalar orqali o'rtacha qiymatlar topiladi.
- **Stsenariyga asoslangan yondashuv** – yuqori QTEM penetratsiyasi uchun mos (Hong va boshq.).

O'zbekiston sharoitida (quyoshli hududlar) QTEM ulushi 30-40% ga yetganda bu ko'rsatkichlar sezilarli o'zgaradi. Masalan, batareyasiz tizimda EENS 2000 MWh/yil ga yetishi mumkin, saqlash tizimi bilan esa sezilarli kamayadi.

Ishonchlilikni oshirishning zamonaviy usullari va texnologiyalari

Energiya saqlash tizimlari (BESS – Battery Energy Storage Systems). Batareya saqlash ortiqcha energiyani (quyoshli paytda) saqlab, talab yuqori paytda qaytaradi. Bu chastota va kuchlanishni barqarorlashtiradi, LOLE ni bir necha soat/yil gacha kamaytiradi. Xalqaro tajribada BESS grid reliability ni sezilarli oshiradi (peak shaving, load shifting, frequency regulation). O'zbekistonda lity-ion va yangi texnologiyalarni joriy etish tavsiya etiladi.

Aqlli tarmoqlar (Smart Grid) va raqamlashtirish. AI, neyron tarmoqlar va bashoratli modellar yordamida yuklama va generatsiyani real vaqtda optimallashtirish. Sensorlar, IoT va big data orqali monitoring. Bu “duck curve” ni yumshatadi va integratsiyani yaxshilaydi.

Talabni boshqarish (Demand Response) va gibrid tizimlar. Iste'molchilarni rag'batlantirish orqali yuklamani tekislash. Quyosh + shamol + gaz turbinasi + BESS kombinatsiyasi ishonchlilikni oshiradi.

Zaxira quvvatlar va infratuzilmani modernizatsiya qilish. Tez ishga tushadigan generatorlar va tarmoqni mustahkamlash. O'zbekistonda "Yashil Makon" dasturi va avtomatlashtirish tizimlarini (Qarshi irrigatsiya instituti anjumanlari) kengaytirish muhim.[5]

O'zbekiston sharoitidagi amaliy yondashuvlar. Milliy dasturlar asosida quyosh stansiyalarini markazlashgan boshqaruv bilan birlashtirish, mahalliy ishlab chiqarishni rivojlantirish (quyosh panellari qo'shma korxonalari) va kadrlar tayyorlash. Masalan, BESS joriy etish EENS ni 200 MWh/yil gacha kamaytirishi mumkin. Xalqaro hamkorlik (Masdar va boshqalar) orqali texnologiyalarni jalb qilish zarur.

Tavsiyalar va kelajak istiqbollari

- QTEM penetratsiyasini bosqichma-bosqich oshirish (avval 20-30%, keyin yuqoriroq) va har bir bosqichda ishonchlilik bahosini o'tkazish.
- BESS va smart grid loyihalarini ustuvorlashtirish, moliyaviy imtiyozlarni kengaytirish.
- Ilmiy tadqiqotlarda AI va gibrid modellarini chuqurroq qo'llash.
- Aholi va tadbirkorlar o'rtasida "yashil energiya" haqida xabardorlikni oshirish.

Xulosa

Yashil energiyaga o'tish energiya xavfsizligi, ekologik tozalik va iqtisodiy rivojlanishni ta'minlaydi, ammo ishonchlilik masalalari dolzarb bo'lib qolmoqda. LOLP, LOLE va EENS kabi ko'rsatkichlar va ularning formulalari yordamida muammolarni aniq baholash mumkin. Energiya saqlash tizimlari, aqlli tarmoqlar, talabni boshqarish va gibrid yechimlar orqali ishonchlilikni sezilarli darajada oshirish mumkin. O'zbekiston uchun milliy dasturlarni xalqaro tajriba bilan birlashtirish muhim ahamiyatga ega. Kelajak tadqiqotlari yuqori QTEM ulushidagi stsenariylarni va yangi texnologiyalarni chuqurroq o'rganishga qaratilishi lozim. Ushbu maqola energiya sohasidagi siyosat va amaliyot uchun ilmiy asos yaratadi.

Adabiyotlar

- [1]. Tursunovich Q.B. O'zbekiston "yashil" iqtisodiyot sari: qayta tiklanuvchi energiya manbalarining rivojlanishi. CyberLeninka, 2025.
- [2]. Begmullayev O. O'zbekistonda elektr energiya tizimini ta'minlash muammolari. CyberLeninka, 2024.
- [3]. Beyza J. et al. The effects of the high penetration of renewable energies on the reliability... ScienceDirect, 2021.
- [4]. Hou K. et al. Reliability Assessment of Power Systems with High Renewable Penetration. Frontiers in Energy Research, 2021.
- [5]. Hong, Wu. Reliability of a Power System With High Penetration of Renewables. ResearchGate, 2021.

UDK: 664.8.036

BUG'DOY DONINI KOMBINATSIYALANGAN ISITISH ORQALI OZUQALIK DARAJASINI OSHIRISH

O.N. Olimov

Jizzax politexnika instituti

* Muallif yozishmalar uchun, elektron pochta: olimovorif1968@gmail.com
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya: Issiqlik bilan ishlov berish jarayonida bug'doy donining mahalliy kraxmallari o'zgartirilgan kraxmalga aylanadi. Shakar va dekstrinlarning tarkibi 2-3 barobar ortadi, kleysterizatsiyalanish darajasi 35% va undan yuqori darajaga yetadi. Kombinatsiyalashgan usulda termik ishlov berish orqali don xom ashyosining ozuqabardorligi ortishini ko'rsatib berish mazkur ilmiy ishning maqsadidir. Chunki don ozuqasini "qayta ishlangan" bug'doy bilan almashtirish parvarish qilinayotgan hayvonlarning o'sishiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi, ularning mahsuldorligi ortadi. Don mahsulotlarini qayta ishlash jarayonini takomillashtirish borasidagi tadqiqotlarni ilmiy asosda tashkil etilishi qishloq xo'jaligida ishlab chiqarish samaradorligini

yanada oshishini ta'minlaydi. Ushbu maqolada don mahsulotini infraqizil (IQ) nurlanish bilan nurlantirish orqali qayta ishlashning davomiyligi haqida ma'lumotlar keltiriladi.

Kalit so'z: infraqizil nurlanish, ferment, mikroinizatsiya, ekstruziya, mikroto'lqin, krxamal, kleysterezatsiya, dekstrinizatsiya.

Аннотация: В процессе термической обработки нативный крахмал пшеничных зерен преобразуется в модифицированный крахмал. Содержание сахаров и декстринов увеличивается в 2-3 раза, а степень клейстеризации достигает 35% и более. Целью данной научной работы является демонстрация увеличения питательной ценности зернового сырья путем комбинированной термической обработки. Это связано с тем, что замена зерновых кормов на «переработанную» пшеницу положительно влияет на рост и продуктивность сельскохозяйственных животных. Научная организация исследований по совершенствованию процесса переработки зерна обеспечит дальнейшее повышение эффективности сельскохозяйственного производства. В статье представлена информация о продолжительности обработки зерновых продуктов путем их облучения инфракрасным (ИК) излучением.

Ключевое слово: инфракрасное излучение, фермент, микроинъекция, экструзия, микроволны, крахмал, клейстеризация, декстринизация

Annotation: In the issiklik bilan islov birsi process, the local starches of the wheat grain turn into burnt starch. The composition of sugar and dextrins is 2-3 times higher, the degree of gelatinization reaches 35% or more. The purpose of this scientific work is to demonstrate the increase in the nutritional value of wheat grain through thermal processing in a combined method. Because replacing wheat grain with "recycled" wheat has a positive effect on the growth of the animals being raised, it increases their productivity. This article provides information on the duration of the processing of grain products by infrared (IR) radiation.

Key words: infrared radiation, enzyme, microinization, extrusion, microwave, starch, gelatinization, dextrinization.

Asosiy qism: Don murakkab termodinamik tizim va tirik organizm sifatida atrof-muhit bilan faol o'zaro ta'sir qiladi va qo'llaniladigan tashqi ta'sirga javob sifatida uning xususiyatlari va tuzilishida o'zgarishlarga uchraydi. Donda namlik va harorat o'zgarganda, fizik-kimyoviy va biokimyoviy tabiatning murakkab jarayonlari rivojlanadi: don mahsulotini sug'orish paytida shishishi, donning ferment tizimining faollashishi kabi jarayonlar yuz beradi. Natijada, donning biokimyoviy xususiyatlarining uni qayta ishlash parametrlariga muvofiq ko'proq yoki kamroq sezilarli o'zgarishi sodir bo'ladi; shu tufayli donning ozuqaviylik qiymati ham o'zgaradi.

Bug'doy xom ashyosi tarkibidagi hayvonlar uchun zararli fermentlarni kamaytirish maqsadida termik islov berishning turli xil usullari mavjud: infraqizil isitish (mikronizatsiya), qovurish, ekstruziya, mikroto'lqinli islov berish va boshqalar [1-3]. Ularning ichida infraqizil (IQ) nurlan bilan islov berish va elektr isitish (EI) usullari keng tarqalgan.

1. Mikroionizatsiya jarayoni. Mikronizatsiya jarayonining parametrlaridan biri bu mikronizatorida donni qayta ishlash davomiyligidir: bu uning ishlashini, shuningdek, aralash ozuqalarning tarkibiy qismi sifatida uning yuqori texnologik xususiyatlarini ta'minlaydi. Ushbu jarayon davomiyligining optimal qiymatini donning optik va termodinamik xususiyatlari bo'yicha olingan eksperimental natijalar asosida aniqlash mumkin.

Don mahsuloti tomonidan so'rilgan issiqlik miqdorini quyidagi ifoda bilan aniqlash mumkin:

$$Q = \alpha \cdot S_z k_\lambda \cdot \Delta t \cdot \tau, \quad (1)$$

α -issiqlik uzatish koeffitsienti, kDj/ m-°C,

S_z - donning samarali yuzasi bo'lib, IQ - qayta ishlash jarayonida yorqin energiyani faol ravishda yutilishi, m²,

Δt - mikronizatsiya paytida don haroratining oshishi, °C,

τ – qayta ishlash vaqti, s.

Jarayonning tahlili shuni ko'rsatadiki, donni mikronizatorida qayta ishlash bir qatlamda sodir bo'lganda, don sirtining taxminan 1/2 qismi issiqlikni yutishda ishtirok yetadi. Bitta don uchun donning tashqi yuzasi maydonini aniqlashda eng ishonchli natija G. A. Yegorov formulasi bilan aniqlandi [4]:

$$S = 1,12\alpha^2 + 3,76b^2 + 0,88l^2 - 10, \quad (2)$$

bu yerda a , b , l donning kengligi, qalinligi va uzunligi, m.

Bunday holda, 1 kg donning o'ziga xos tashqi yuzasi bitta don sirt maydonining 1 kg don soniga ko'paytmasi hisoblanadi:

$$S_{nis} = S \cdot n, \quad (3)$$

bu yerda n - 1 kg donalar soni-1000 don massasining qiymatiga qarab, quruq vaznga aylanmasdan, ya'ni muvozanat namligida aniqlanadi:

$$n = \frac{M}{m_{1000}}. \quad (4)$$

Hisoblash uchun quyidagi qiymatlarni olamiz:

$$a = 25 \text{ kDj} / \text{m} \cdot \text{s} \cdot ^\circ\text{C},$$

$$k_\lambda = 0.1103 \text{ 1} / \text{m},$$

$$\Delta t = 100 ^\circ\text{C}, \text{ bu donni } 20 ^\circ\text{C} \text{ dan } 120 ^\circ\text{C} \text{ gacha isitishni anglatadi.},$$

$$m_{1000} = 4 \cdot 10^{-6} \text{ kg},$$

$$n = 1; 40 \cdot 10^{-6} = 25000 \text{ dona},$$

$$S = 55.3 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2$$

$$S_z = 0.5 \cdot S = 28 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2.$$

Boshqa tomondan, don tomonidan so'rilgan issiqlik miqdorini quyidagi formulaga muvofiq jarayonning issiqlik balansi asosida topish mumkin:

$$Q = m \cdot c \cdot \Delta t, \quad (5)$$

bu yerda t -donning massasi (bu holda 1 kg), c -donning solishtirma issiqlik sig'imi, kDj/kg $^\circ\text{C}$.

Bu holatda $c = 2,60 \text{ kDj/kg}^\circ\text{C}$ deb olinadi. $100 ^\circ\text{C}$ da isitish uchun ushbu qiymatdan foydalanib, kerakli miqdordagi issiqlikni aniqlanadi:

$$Q = 1,0 \cdot 2,60 \cdot 100 = 260 \text{ kDj}.$$

Yuqoridagi ifodalarni tenglashtirib, mikronizatorida donni qayta ishlash davomiyligi uchun quyidagi ifodani topamiz:

$$\tau = \frac{m \cdot c}{\alpha \cdot S_z \cdot k_\lambda}. \quad (6)$$

Unga kiritilgan miqdorlarning o'ziga xos qiymatlarini almashtirib, biz mikronizatorida eksperimental ishlov berish sharoitida donning haroratini $20 ^\circ\text{C}$ dan $190 ^\circ\text{C}$ gacha oshirish uchun 37 s talab qilinishini aniqlaymiz.

Bu qiymat optimal hisoblanadi. Donni qayta ishlash ushbu rejimda amalga oshirildi. Shu bilan birga, kraxmalning kleysterezatsiyasi va dekstrinizatsiyasi tufayli ma'lum hajmda donning xususiyatlariga kerakli ta'sir chuqurligiga erishiladi, uning ozuqaviy qiymati oshadi.

Bu jarayon, ayniqsa, donni IQ nurlanishi bilan qayta ishlashda yoki bundan tashqari, uning mikronizatsiya jarayoni sharoitida yaqqol namoyon bo'ladi. Donni yuqori haroratgacha tez qizdirish bilan donning shishishi yoki hatto to'liq deformatsiyasi va uning yorilishi sodir bo'ladi.

2. Mikronizatsiya paytida donni isitishning matematik modeli. Ma'lumki [5] moddaning doimiy atrof-muhit haroratida yopiq maydonda isishi quyidagi tenglama bilan tavsiflanadi:

$$\frac{mc}{\alpha F} \frac{d(t_i - t_o)}{d\tau} + (t_i - t_o) = \frac{P}{\alpha F}, \quad (7)$$

Bunda m -moddaning massasi,

c -moddaning o'ziga xos issiqligi,

t_i, t_o , -atrof-muhit harorati i va t_o moddasining dastlabki harorati o'rtasidagi farq.

P -vaqtning dastlabki momentida isitgichdan moddaga sakrash bilan ta'minlangan issiqlik oqimining kuchi $t = 0$,

α -muhitdan moddaga issiqlik uzatish koeffitsienti,

F -keltirilgan issiqlik uzatish yuzasi.

Bunday holda, moddaning haroratining o'zgarishi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$t(\tau) = t_o + \frac{P}{\alpha F} \left[1 - \exp\left(-\frac{\tau}{K}\right) \right] \quad (8)$$

Bu yerda $K = \frac{mc}{\alpha F}$ -doimiy kattalik.

Bundan kelib chiqadiki, K qiymati qanchalik yuqori bo'lsa, mahsulotni (moddani) isitish sekin sodir bo'ladi.

Shuning uchun mahsulotni isitish tezligi, ya'ni vaqt o'tishi bilan uning haroratining o'zgarish tezligi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$$\frac{dt}{d\tau} = \frac{P - \alpha F \Delta t}{mC} \quad (9)$$

Bu yerda $\Delta t = (t_i - t_0)$.

Mazkur ifoda - bu jarayonning matematik modelidir. Ushbu tenglamalarga asoslanib, biz ish kombinatsiyalagn mikronizatsiya usuli bilan donni qayta ishlash jarayoida isitish tizimi davomiyligini aniqlay olamiz.

Hisoblash uchun quyidagi parametrlarni olamiz:

Donning vazni-1 kg,

Donning solishtirma issiqlik quvvati 1,85 kDj / kg·grad.

Issiqlik uzatish koeffitsienti $a = 25 \text{ kDj} / \text{m}^2\text{s}$.

Nurlanish energiyasini oladigan donning yuzasi hisoblash yo'li bilan topiladi. Buning uchun biz donning 1000 donasini massasini 40 g ga teng deb olamiz, bitta donning tashqi yuzasi maydoni o'rtacha o'lchamlar (uzunligi 6 mm, qalinligi 2,5 mm, kengligi 3 mm) asosida topiladi, 47 m^2 ga teng bo'ladi.

Keyin 1 kg donning tashqi yuzasini umumiy maydoni quyidagini tashkil etadi:

$$F_{\Sigma} = \frac{47 \cdot 10^{-6} \cdot 1000}{40 \cdot 10^{-3}} = 1,2 \text{ m}^2.$$

Qabul qilamizki, donning tashqi yuzasini faqat yarmi nurlanishni qabul qiladi, shuning uchun u bu qism issiqlikni yutish jarayonida ishtirok yetadi:

$$F_{ef} = 1,2 \cdot 0,5 = 0,6 \text{ m}^2.$$

Ushbu ma'lumotlarga asoslanib, biz doimiy K qiymatini topamiz:

$$K = 0,106 \text{ c}.$$

Fizik ma'noda K doimiy qiymati isitiladigan mahsulotning harorati 1 darajaga oshadigan vaqtni belgilaydi. Ma'lum bo'lishicha, 36 soniyada, ya'ni, donning yorilishidan oldin uning harorati taxminan 330°C ga oshadi. Bu natija tajribadagi donning fizik o'lchangan haroratidan oshib ketadi. Shubhasiz, bu donning tashqi yuzasining 0,5 dan kamrog'i issiqlikni yutishda ishtirok yetishi bilan bog'liq. Agar bu qiymat don yuzasining atigi 1/3 qismini tashkil qiladi deb hisoblasak, K doimiyligining qiymati 0,247 ga teng bo'ladi va 36 soniyada don o'z haroratini 142 darajaga oshiradi. Bu natija eksperimental ma'lumotlarga yaqindir. Demak, don mahsuloti IQ nur bilan nurlanganda, tashqi yuzaning uchdan bir qismi nurlanish energiyasini yutadi.

Ushbu hisoblash jarayonida donning issiqlik-nurlanishini o'tkazuvchanligi va aks yetishi hisobga olinmaydi, bu ma'lum bir tarzda donning qizishiga ta'sir qiladi. Bu ko'rsatkichlarni hisobga olish orqali tajriba shartlarini qoniqtiradigan natijalarni olish mumkin.

Xulosa:

1. Don mahsulotini kompleks issiqlik va IQ nurlantirish orqali ozuqabardoshligi ortishi ko'rsatib berildi.

2. Don mahsulotini mikroionizatsiya jarayoni parametrlari aniqlandi.

3. Mikronizatorida donni qayta ishlash davomiyligini aniqlashning matematik ifodasi yaratildi.

4. Mikronizatsiya paytida donni isitishning matematik modeli yaratildi.

5. Mahsulotni (moddani-donni) isitish jarayoni tezligini belgilovchi koeffitsient K doimiysining qiymati aniqlandi.

Adabiyotlar

- [1]. Shevsov A.A. Novoe v texnologii gidrotermicheskoy obrabotki zerna ovsa [Tekst]/ A.A. Shevsov, S.V. Kusov. - Voronej: GOUVPO "Voronej. gos. texnol. akad.", 2010. - 159 s.
- [2]. Patent RF №2410316 Vibratsionnyy konveyer. Tishaninov N.P, Amelyans A.G, Vedishchev S.M, Kropotkin O.N. Byul. №19, publ. 10.07.2012.

- [3]. Patent RF №2442736 Statsionarnyy seksionnyy kachayushchysya transporter. Dianov L.V, Alfeev A.A, Byul. №5, 20.02.2012.
- [4]. Vozmilov S. G., Galimardanov I. I. Metodika rascheta i vybora ratsionalnoy moshnosti sistemy nagreva bytovogo inkubatora // Mexanizatsiya i elektrifikatsiya selskogo khozyaystva. № 2. 2005. S. 18.
- [5]. 5.Zuev N.A. Sushka i predposevnaya stimulyatsiya semyan osselliruyushim elektromagnitnym polem v infrakrasnom diapazone chastot.: avtoref. diss. ...kand.texn.nauk: 05.20.02: Moskva. 2013.

УДК: 633.511:575.127.2

ТУРЛАРАРО ДУРАГАЙЛАШ ОРҚАЛИ ОЛИНГАН СЕЛЕКЦИОН АШЁЛАРДА ҚИММАТЛИ ХЎЖАЛИК БЕЛГИЛАРИДАН ТОЛА УЗУНЛИГИНИНГ ЎЗГАРУВЧАНЛИГИ

А.Ш. Эргашев*, Б.И. Мамарахимов, Ш.Э. Намазов, О.Х. Содикова

¹*Пахта селекцияси, уруғчилиги ва етиштириши агротехнологиялари илмий тадқиқот институти*

e.mail: ergashev_abror_1993@mail.ru orcid.org/0009-0003-6490-3516

e.mail: bunyodmamarahimov@mail.ru <https://orcid.org/0000-0002-3687-9892>

e.mail: namazov_05@mail.ru orcid.org/0000-0003-2674-7228

e.mail: ozodaxonsodiqova11@gmail.com orcid.org/0009-0004-9956-5905

(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Аннотация. Мазкур мақолада Турлараро дурагайлаш орқали олинган селекцион ашёларда қимматли хўжалик белгиларидан тола узунлигининг ўзгарувчанлиги ўрганилган. Тадқиқот натижаларига кўра, йиллар кесимида тадқиқотлар натижасида Т-1979/16, ЛЦГ-4/06 (О-87-94), ЛЦГ-3/06 (О-733-44), ЛЦГ-3/06 (О-963-72), ЛЦГ-22/06 селекцион ашёлари амалий селекцияда тола узунлигини яхшилашда қимматли донорлар бўлиб хизмат қилиши тадқиқотларда ўз аксини топди.

Калит сўзлар. Турлараро, дурагай, ғўза, ўсимлик, қимматли, тола узунлиги, комбинация, ўзгарувчанлик, шўрланган, биотик, абиотик.

Аннотация. В данной статье изучена изменчивость длины волокна — одного из хозяйственно ценных признаков — у селекционных материалов, полученных путём межвидовой гибридизации. По результатам многолетних исследований было установлено, что селекционные материалы Т-1979/16, ЛЦГ-4/06 (О-87-94), ЛЦГ-3/06 (О-733-44), ЛЦГ-3/06 (О-963-72), ЛЦГ-22/06 могут служить ценными донорами для улучшения длины волокна в практической селекции.

Ключевые слова. Межвидовой, гибрид, хлопчатник, растение, ценный, длина волокна, комбинация, изменчивость, засолённый, биотический, абиотический.

Abstract. This study examines the variability of fiber length—an economically valuable trait—in breeding materials obtained through interspecific hybridization. Based on the results of long-term research, it was determined that the breeding materials Т-1979/16, LCG-4/06 (О-87-94), LCG-3/06 (О-733-44), LCG-3/06 (О-963-72), and LCG-22/06 can serve as valuable donors for improving fiber length in practical breeding programs.

Keywords. Interspecific, hybrid, cotton, plant, valuable, fiber length, combination, variability, saline, biotic, abiotic.

Кириш. Маълумки, кейинги йилларда дунё миқёсида содир бўлаётган глобал иқлим ўзгаришлари, тупроқ шўрланиши ва сув танқислиги, юқори ҳарорат, зараркунанда ва касалликларнинг янги агрессив ирқлари ва бошқалар қишлоқ хўжалиги экинларининг маҳсулдорлиги ва сифатига салбий таъсир кўрсатмоқда. Хусусан, Ўзбекистоннинг шимолий ҳудудларидан бўлган Қорақолпоғистон Республикасида ҳам Орол денгизининг қуриши оқибатида сув танқислиги ва шўрланиш даражасининг ошиши нафақат ушбу минтақада, балки республикаимиз миқёсида ҳам қишлоқ хўжалиги экинлари, хусусан, ғўза навларининг ҳосилдорлиги ва тола сифатига салбий таъсир кўрсатмоқда.

Ғўза селекциясида тезпишарлик билан бир қаторда қимматли хўжалик белгилари ҳам асосий мезонлардан ҳисобланади. Жумладан, бир кўсакдаги пахта вазни, кўсаклар сони, 1000 дона чигит вазни, тола чиқими ва умумий ҳосилдорлик каби белгилар навларнинг иқтисодий самарадорлигини белгилайди. Юқори ҳосилдорликка эришиш билан бир вақтда мазкур

белгиларнинг барқарор намоён бўлиши янги навларни ишлаб чиқаришга жорий этишда муҳим омил ҳисобланади.

Мақсад ва вазифа. Турлараро дурагайлаш асосида шўрланган тупроқ иқлим шароитига мос, биотик ва биотик омилларга бардошли, тезпишар, тола сифати юқори, хосилдор ғўза навини яратишдан иборат.

Муҳокама. 2017 йилда олиб борилган тажрибаларда тола узунлигини ўзгарувчанлик бўйича интрогрессив ғўза тизмаларидаги кўрсаткичлари $31,8 \pm 1,23$ мм (Т-95/16) дан $35,2 \pm 0,25$ мм (ЛЦГ-4/06 (О-87-94)) гача бўлганини кузатишимиз мумкин. Дурагайлар вариацияси бўйича таҳлил қилинганда вариацияда кенг диапазонда ўзгаришлар бўлгани натижаларда ўз аксини топди. Жумладан; вариацион ўзгарувчанлик бўйича кўрсаткичи 1,3% (ЛЦГ-2/06 (О-132-37)) дан 7,63% (Т-1979/16) гача бўлганлиги натижаларда ўз аксини топди (-жадвалга қаранг)

Олиб борилган тадқиқотлар орасидан ЛЦГ-4/06 (О-87-94) ($35,2 \pm 0,25$), ЛЦГ-22/06 ($34,9 \pm 0,16$), Т-1979/16 ($34,6 \pm 0,64$), ЛЦГ-3/06 (О-963-72) ($34,5 \pm 0,24$), Т-588/16 ($34,2 \pm 0,56$), Т-58/16 ($34,2 \pm 0,39$), Т-4684-86/16 ($34,2 \pm 0,38$) ва Т-4672-73/16 ($34,2 \pm 0,56$) тизмаларининг толалари бошқаларига нисбатан узунликни намоён этдилар.

Қуйидаги интрогрессив Т-95/16 комбинация ўсимлиги мос равишда $31,8 \pm 1,23$ мм, яъни бошқа комбинацияларга нисбатан бирмунча толаси калталиги намоён бўлди.

Дурагайлар андоза нав сифатида олинган ўрта толали С-6524 ғўза навига таққослаганда ($34,5 \pm 0,11$ мм) андоза навдан айрим дурагайлар 0,1 мм дан 0,7 ммгача толаси узун бўлгани аниқланди. Шу жумладан, айрим дурагайлар андоза навга нисбатан 0,1 мм дан 2,4 ммгача толаси калта (Т-95/16) бўлди.

2018 йилда олиб борилган тажрибаларда тола узунлигини ўзгарувчанлик бўйича интрогрессив ғўза тизмаларидаги кўрсаткичлари $31,8 \pm 0,33$ мм (Т-58/16) дан $36,3 \pm 3,60$ мм (ЛЦГ-22/06) гача бўлганини кузатишимиз мумкин. Дурагайлар вариацияси бўйича таҳлил қилинганда вариацияда кенг диапазонда ўзгаришлар бўлгани натижаларда ўз аксини топди. Жумладан; вариацион ўзгарувчанлик бўйича кўрсаткичи 3,63% (Т-200/16 (О-132-37)) дан 14,05% (ЛЦГ-22/06) гача бўлганлиги натижаларда ўз аксини топди.

Олиб борилган тадқиқотлар орасидан ЛЦГ-22/06 ($36,3 \pm 3,60$), ЛЦГ-3/06 (О-733-44) ($36,1 \pm 1,54$) ва ЛЦГ-4/06 (О-87-94) ($35,1 \pm 2,59$), тизмаларининг толалари бошқаларига нисбатан узунликни намоён этдилар.

Қуйидаги интрогрессив Т-58/16 комбинация ўсимлиги мос равишда $31,8 \pm 0,33$ мм, яъни бошқа комбинацияларга нисбатан бирмунча толаси калталиги намоён бўлди.

Дурагайлар андоза нав сифатида олинган ўрта толали С-6524 ғўза навига таққослаганда ($33,1 \pm 0,33$ мм) андоза навдан айрим дурагайлар 0,1 мм дан 3,2 ммгача толаси узун бўлгани аниқланди. Шу жумладан, айрим дурагайлар андоза навга нисбатан 0,1 мм дан 1,3 ммгача толаси калта (Т-58/16) бўлди.

2019 йилда олиб борилган тажрибаларда тола узунлигини ўзгарувчанлик бўйича интрогрессив ғўза тизмаларидаги кўрсаткичлари $32,7 \pm 0,40$ мм (Т-588/16) дан $35,7 \pm 0,09$ мм (ЛЦГ-22/06) гача бўлганини кузатишимиз мумкин. Дурагайлар вариацияси бўйича таҳлил қилинганда вариацияда кенг диапазонда ўзгаришлар бўлгани натижаларда ўз аксини топди. Жумладан; вариацион ўзгарувчанлик бўйича кўрсаткичи 0,90% (ЛЦГ-22/06) дан 6,01% (Т-95/16) гача бўлганлиги натижаларда ўз аксини топди.

Олиб борилган тадқиқотлар орасидан ЛЦГ-22/06 ($35,7 \pm 0,09$), ЛЦГ-4/06 (О-87-94) ($35,4 \pm 0,32$), ЛЦГ-3/06 (О-963-72) ($35,2 \pm 0,18$) ва ЛЦГ-3/06 (О-733-44) ($35,0 \pm 0,16$), тизмаларининг толалари бошқаларига нисбатан узунликни намоён этдилар.

Қуйидаги интрогрессив Т-588/16 комбинация ўсимлиги мос равишда $32,7 \pm 0,40$ мм мм, яъни бошқа комбинацияларга нисбатан бирмунча толаси калталиги намоён бўлди.

Дурагайлар андоза нав сифатида олинган ўрта толали С-6524 ғўза навига таққослаганда ($34,3 \pm 0,53$ мм) андоза навдан айрим дурагайлар 0,1 мм дан 1,4 ммгача толаси узун бўлгани аниқланди. Шу жумладан, айрим дурагайлар андоза навга нисбатан 0,1 мм дан 1,6 ммгача толаси калта (Т-588/16) бўлди.

Турларарао чатиштириб олинган интрогрессив тизмаларда тола узунлигининг ўзгарувчанлиги.

№	Нав ва тизмалар	2017 й		2018 й		2019 й	
		M±m	V	M±m	V	M±m	V
1	Ст- С-6524	34,5±0,11	3,80	33,1±0,33	3,38	34,3±0,53	3,18
2	T-4672-73/16	34,2±0,56	5,46	32,9±0,57	6,50	33,2±0,59	5,65
3	T-4674-77/16	32,7±0,34	3,81	33,2±0,36	5,22	34,2±0,80	5,56
4	T-4679-81/16	32,6±0,51	6,05	32,6±0,37	5,26	32,8±0,35	3,72
5	T-4684-86/16	34,2±0,38	4,49	32,9±0,40	5,54	34,2±0,30	2,65
6	T-138/16	33,0±0,43	6,18	33,7±0,44	6,47	34,4±0,58	5,08
7	T-95/16	31,8±1,23	3,65	33,7±0,31	4,63	33,9±0,60	6,01
8	T-158/16	33,9±0,52	7,47	32,7±0,52	7,00	33,4±0,45	4,50
9	T-200/16	33,1±0,37	5,62	32,6±0,28	3,63	34,8±0,32	3,12
10	T-58/16	34,2±0,39	5,51	31,8±0,33	5,32	33,4±0,60	5,60
11	T-1979/16	34,6±0,64	7,63	33,9±0,31	4,58	34,4±0,62	5,75
12	T-4747-48/16	32,6±0,51	6,05	33,1±0,38	5,77	33,8±0,40	4,32
13	T- ВСГ /16	32,7±0,34	3,81	33,3±0,44	6,56	32,8±0,38	3,88
14	T-588/16	34,2±0,56	5,46	33,3±0,38	5,77	32,7±0,40	4,30
15	ЛЦГ-4/06 (О-87-94)	35,2±0,25	1,5	35,1±2,59	10,44	35,4±0,32	3,20
16	ЛЦГ-3/06 (О-733-44)	34,0±0,86	1,4	36,1±1,54	6,05	35,0±0,16	1,38
17	ЛЦГ-3/06 (О-963-72)	34,5±0,24	1,6	33,6±3,23	13,62	35,2±0,18	1,88
18	ЛЦГ-3/06 (О-1071-73)	33,6±0,29	4,4	33,9±2,81	11,75	34,2±0,26	2,24
19	ЛЦГ-22/06	34,9±0,16	4,6	36,3±3,60	14,05	35,7±0,09	0,90
20	ЛЦГ-2/06 (О-132-37)	33,4±0,21	1,3	33,6±3,05	12,87	34,8±0,18	1,92

Хулоса ўрнида шуни айтишимиз мумкинки, тадқиқотлар натижасида Т-1979/16, ЛЦГ-4/06 (О-87-94), ЛЦГ-3/06 (О-733-44), ЛЦГ-3/06 (О-963-72), ЛЦГ-22/06 селекцион ашёлари амалий селекцияда тола узунлигини яхшилашда қимматли донорлар бўлиб хизмат қилиши тадқиқотларда ўз аксини топди.

Адабиётлар

- [1]. Арутюнова Л.Г. Межвидовая гибридизация в роде *Gossypium L.* // Вопросы генетики, селекции и семеноводства хлопчатника. – Ташкент, 1960. –С. 67–70.
- [2]. Доспехов В.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. – Москва: Колос, 1985. –С. 416.
- [3]. Дала тажрибаларини ўтказиш услублари. Тошкент, ПСУЕАИТИ, 2007. – Б. 146.
- [4]. Иксанов М.И., Алиходжаева С.С., Намазов Ш.Э., Усманов С.А. *G.Barbadense L.* Турига мансуб узун толали ғўза навларининг генеологияси. // Рисола. –Тошкент, 2019. –Б. 3-44.
- [5]. Эрназарова Д.К., Эрназарова З.А., Аманов Б.Х., Мумкинов Х.А., Ризаева С.М. Наследование длины волокна внутри и межвидовых гибридов хлопчатника. // Материалы 14-й Межд. Пушкинской школы-конференции молодых ученых “Биология-наука XXI-века”. -Москва. 2010. -С. 306-307.

UDK: 658.1:677

ТО‘QIMACHILIK KORXONALARINING BIZNES MODELLARI TASNIFI

M.Z. Yoqubova

Farg‘ona davlat texnika universiteti

maftuna.yoqubova@fstu.uz
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Ushbu maqolada to‘qimachilik korxonalarini boshqarishda qo‘llaniladigan biznes modellari va ularni tasniflash masalalari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotda zamonaviy biznes modellari nazariyalari, xususan, A. Ostervalder va Y. Pinyening “biznes model andozasi” (Business Model Canvas),

O'zaro qiymat yaratish modeli va texnologik platforma modeli tahlil qilingan. To'qimachilik sanoatining o'ziga xos xususiyatlarini inobatga olgan holda, korporativ boshqaruvda biznes modellarni tasniflovchi yangi konseptual chizma ishlab chiqilgan. Tadqiqot natijalari to'qimachilik korxonalari uchun strategik qarorlar qabul qilishda amaliy ahamiyatga ega.

Kalit so'zlar: *biznes model, to'qimachilik korxonasi, boshqaruv samaradorligi, biznes model tuvalasi, strategik boshqaruv, tasnif, konseptual tahlil.*

Аннотация. *В данной статье рассматриваются вопросы бизнес-моделей, применяемых в управлении текстильными предприятиями, и их классификации. В исследовании проанализированы современные теории бизнес-моделей, в частности «Канвас бизнес-модели» (Business Model Canvas) А. Остервальдера и И. Пинье, модель совместного создания ценности и модель технологической платформы. С учётом специфических особенностей текстильной промышленности разработана новая концептуальная схема классификации бизнес-моделей в корпоративном управлении. Результаты исследования имеют практическое значение для принятия стратегических решений на текстильных предприятиях.*

Ключевые слова: *бизнес-модель, текстильное предприятие, эффективность управления, канвас бизнес-модели, стратегическое управление, классификация, концептуальный анализ.*

Abstract. *This article examines the business models used in the management of textile enterprises and the issues of their classification. The study analyzes modern business model theories, particularly the Business Model Canvas by A. Osterwalder and Y. Pigneur, the Co-value Creation Model, and the Technology Platform Model. Taking into account the specific characteristics of the textile industry, a new conceptual framework for classifying business models in corporate governance has been developed. The findings of the study have practical significance for strategic decision-making at textile enterprises.*

Keywords: *business model, textile enterprise, management efficiency, business model canvas, strategic management, classification, conceptual analysis.*

Hozirgi vaqtda raqobat muhitida to'qimachilik sanoati korxonalari yangi boshqaruv yondashuvlarini qo'llashi muhim hisoblanadi. So'nggi yillarda mamlakatimiz to'qimachilik sanoati jadal rivojlanib bormoqda. 2024-yil ma'lumotlariga ko'ra, to'qimachilik va kiyim-kechak sanoati mamlakatning sanoat ishlab chiqarishi hajmining 20% dan ortig'ini tashkil etgan [1].

Shu bilan bir qatorda, bugungi kunda korxonalarni boshqarishda qo'llaniladigan biznes modellari chuqur tahlil qilinmaganligi, zamonaviy talablarga mos keladigan tasniflash amalga oshirilmaganligi dolzarb muammo bo'lib qolmoqda. Ko'p to'qimachilik korxonalari an'anaviy boshqaruv yondashuvlaridan xanuzgacha foydalanib, raqobat kurashida yutqazmoqda.

Shu boisdan, to'qimachilik korxonalarida qo'llaniladigan biznes modellarni ilmiy asosda o'rganish dolzarb hisoblanadi.

Biznes modellari nazariyasi Peter Drucker asarlaridan boshlanib [2], keyinchalik Chesbrough va Rosenbloom [3], Ostervalder va Pigneur [4] kabi olimlar tomonidan rivojlantirildi. Mazkur nazariyalar an'anaviy sanoat tarmoqlariga tatbiq etilganda turlicha natijalar beradi.

To'qimachilik sanoatidagi boshqaruv masalalariga oid tadqiqotlarda Gereffi va Memedovic [5] global qiymat zanjirlari kontseptsiyasini, Appelbaum va Collins [6] esa tarmoqqa xos biznes modellarni o'rgangan. O'zbek olimlari tomonidan esa Xasanov R.X. [7], Toshmatov A.N. [8] va boshqalar to'qimachilik korxonalarining raqobatbardoshligini oshirish muammolari bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borishgan. O'rganilgan adabiyotlardan shuni aytish kerakki, to'qimachilik korxonalariga mo'ljallangan biznes modellarni tizimli tasniflashga bag'ishlangan ishlar yetarli emas. jumladan, O'zbekiston sharoitida bu masala alohida o'rganilmagan.

Biznes model — korxonaning qanday qilib qiymat yaratishi, uni yetkazib berishi va ushlab qolishini tavsiflovchi konseptual asosdir [4]. To'qimachilik sanoatida biznes modellar bir qator o'ziga xos xususiyatlarga ega:

Birinchidan, xom-ashyo bilan ta'minlanish zanjiriga kuchli bog'likligi, ya'ni to'qimachilik korxonalari uchun paxta, ip, bo'yoq va boshqa xom- ashyolarning narxi hamda mavjudligi biznes modelning asosiy omillaridan biridir.

Ikkinchidan, mehnat zichligi, ya'ni to'qimachilik ishlab chiqarishi hali ham qo'l mehnati va texnologiyaning uyg'unlashuvini talab etadi, bu esa kadrlar boshqaruvi biznes modelning markaziy elementlaridan biriga aylanishini ta'minlaydi.

Uchinchidan, global bozorga yoʻnalganlik, yaʼni korxonalar ichki bozor bilan birga eksport yoʻnalishlarini ham hisobga olgan holda biznes modellarini shakllantiradilar.

Tadqiqot davomida toʻqimachilik korxonalari uchun quyidagi tasniflash tizimi ishlab chiqildi (1-jadval):

1-jadval.

Toʻqimachilik korxonalari biznes modellarining tasnifi

Tasnif mezonlari	Biznes model turi	Asosiy xususiyatlar	Korxonalar
Ishlab chiqarish yoʻnalishi	Vertikal integratsiya modeli	Xom ashyodan tayyor mahsulotgacha barcha jarayonlarni oʻz ichiga oladi	Yirik toʻqimachilik kombinatlari
	Gorizontal ixtisoslashuv modeli	Faqat bitta ishlab chiqarish bosqichida ixtisoslashish	Ip yigirish fabrikalar
	Subpudrat (outsourcing) modeli	Asosiy vazifalari tashqi sheriklarga topshirish	Kichik tikuvchilik sexlar
Bozor yoʻnalishi	B2B modeli	Korporativ mijozlarga moʻljallangan savdo	Gazlama ishlab chiqaruvchilar
	B2C modeli	Yakuniy isteʼmolchiga toʻgʻridan-toʻgʻri sotish	Brendli kiyim savdosi
	OEM modeli	Chet el brendlari uchun ishlab chiqarish	Eksport yoʻnalishli fabrikalar
Innovatsion yoʻnalish	Anʼanaviy model	Klassik ishlab chiqarish va savdo jarayonlari	Koʻpgina mahalliy korxonalar
	Raqamli transformatsiya modeli	ERP, IOT va sunʼiy intellekt qoʻllash	Zamonaviy toʻqimachilik klasterlari
	Ekologik (yashil) model	Barqaror rivojlanish tamoyillariga asoslanish	Organik toʻqimachilik korxonalari
	Anʼanaviy model	Klassik ishlab chiqarish va savdo jarayonlari	Koʻpgina mahalliy korxonalar

Ostervalder va Pinyening biznes model dizayni (Business Model Canvas - BMC) toʻqqiz elementdan iborat boʻlib, toʻqimachilik korxonalari uchun quyidagicha talqin etiladi:

1. Asosiy hamkorlar (Key Partners) - xom ashyo yetkazib beruvchilar, logistika kompaniyalari, texnologiya taʼminotchilari va davlat muassasalari.

2. Asosiy faoliyat turlari (Key Activities) - ishlab chiqarish, sifat nazorati, marketing va taʼminot zanjirini boshqarish.

3. Asosiy resurslar (Key Resources) – xom-ashyo, uskunalar, malakali kadrlar, intellektual mulk va moliyaviy resurslar.

4. Qiymat taklifi (Value Propositions) - mahsulot sifati, narx raqobatbardoshligi, yetkazib berish muddatlari va ekologik standartlarga muvofiqligi.

5. Mijozlar bilan munosabatlar (Customer Relationships) - uzoq muddatli shartnomalar, shaxsiy menejer xizmati va mijozlarni qoʻllab-quvvatlash tizimi.

6. Kanallar (Channels) - toʻgʻridan-toʻgʻri savdo, distribyutorlar tarmogʻi va raqamli platformalar.

7. Mijozlar segmentlari (Customer Segments) - ulgurji xaridorlar, chakana savdo tarmoqlari, eksport mijozlari va oxirgi isteʼmolchilar.

8. Xarajatlar tuzilmasi (Cost Structure) - xom ashyo xarajatlari (50-60%), mehnat haqi (15-20%), energiya (10-15%) va amortizatsiya (5-10%).

9. Daromad manbalari (Revenue Streams) - mahsulot sotishdan tushgan daromad, litsenziya to'lovlari, subpudrat ishlari va qo'shimcha xizmatlar.

Amalga oshirilgan nazariy-konseptual tahlil asosida quyidagi xulosalar shakllandi:

Birinchidan, to'qimachilik korxonalarida biznes modellarning uchta asosiy guruhi mavjud: ishlab chiqarish yo'nalishiga, bozor yo'nalishiga va innovatsion yo'nalishga asoslangan modellar. Har bir guruh o'z ichida bir necha turlarni o'z ichiga oladi (1-jadval).

Ikkinchidan, zamonaviy to'qimachilik korxonalari ko'pincha aralash (gibrid) biznes modellardan foydalanadi. Masalan, vertikal integratsiya modeli bilan raqamli transformatsiya modelini birlashtirish raqobatbardoshlikni sezilarli oshirishi mumkin.

Uchinchidan, O'zbekiston to'qimachilik korxonalari uchun B2B + OEM aralash modelining qo'llanilishi eksport salohiyatini oshirishga xizmat qiladi. Bu esa mamlakatning eksport strategiyasi bilan bevosita bog'liq [9].

To'rtinchidan, ekologik biznes modellar global talablar asosida istiqbolli yo'nalish hisoblanadi. Yevropaning "yashil bitim" (Green Deal) siyosati doirasida ekologik standartlarga javob beruvchi korxonalargina yirik xorijiy bozorlarida o'z o'rnini saqlab qolishi mumkin.

Ushbu tadqiqotda to'qimachilik korxonalarini boshqarishda qo'llaniladigan biznes modellarni tahlil qilish va tasniflash bo'yicha nazariy-konseptual asos ishlab chiqildi. Tadqiqot natijalari quyidagilarni ko'rsatdi:

- to'qimachilik korxonalari uchun biznes modellarning uch o'lchovli tasniflash tizimi (ishlab chiqarish, bozor va innovatsiya yo'nalishlar bo'yicha) maqsadga muvofiq;
- Osterwalder-Pigneur biznes model dizayni to'qimachilik sanoatining xususiyatlarini hisobga olgan holda moslashtirilishi lozim;
- gibrid biznes modellar to'qimachilik korxonalarining raqobatbardoshligini oshirishda samarali vosita bo'lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar

- [1]. O'zbekiston Respublikasi Statistika agentligi. Sanoat ishlab chiqarishi bo'yicha statistik ma'lumotlar. - Toshkent, 2024.
- [2]. Drucker P.F. The Theory of the Business // Harvard Business Review. - 1994. - Vol. 72, No. 5. - P. 95-104.
- [3]. Chesbrough H., Rosenbloom R.S. The role of the business model in capturing value from innovation // Industrial and Corporate Change. - 2002. - Vol. 11, No. 3. - P. 529-555.
- [4]. Osterwalder A., Pigneur Y. Business Model Generation. - John Wiley & Sons, 2010. - 288 p.
- [5]. Gereffi G., Memedovic O. The Global Apparel Value Chain: What Prospects for Upgrading by Developing Countries. - UNIDO, 2003.
- [6]. Appelbaum R., Collins J. Globalization and the Future of the Apparel Industry. - Philadelphia: Temple University Press, 2000.
- [7]. Xasanov R.X. To'qimachilik sanoatida raqobatbardoshlikni oshirish yo'llari. - Toshkent: Fan, 2021. - 180 b.
- [8]. Toshmatov A.N. Sanoat korxonalarida strategik boshqaruv. - Toshkent: TDIU, 2022. - 215 b.
- [9]. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi "To'qimachilik va tikuvchilik sanoatini rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PQ-5232-son qarori.

UDK: 334.722-055.2:339.9

O'ZBEKISTONDA AYOLLAR TADBIRKORLIGINI RIVOJLANTIRISHNING XORIJ TAJIRIBASI

M.O. To'rayeva

Farg'ona davlat texnika universiteti

turayevamarifat940@gmail.com

(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Ushbu maqolada Janubiy Koreya, Xitoy, Yaponiya, Germaniya, Frantsiya va Shvetsiya kabi rivojlangan mamlakatlarda ayollar tadbirkorligini qo'llab-quvvatlash tajribasi o'rganilgan hamda ushbu tajribani O'zbekiston sharoitida qo'llash imkoniyatlari tahlil qilingan. Tadqiqotda xorij mamlakatlarida ayollar tadbirkorligini rivojlantirishga yo'naltirilgan davlat dasturlari, moliyaviy

mexanizmlar, ta'lim va mentorlik tizimlari qiyosiy tahlil usuli yordamida ko'rib chiqilgan. Olingan xulosalar asosida O'zbekistonda ayollar tadbirkorligini rivojlantirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Kalit so'zlar: ayollar tadbirkorligi, xorij tajribasi, davlat dasturlari, moliyaviy mexanizmlar, mentorlik, gender tengligi, kichik va o'rta biznes, ijtimoiy-iqtisodiy rivojlanish.

Аннотация. В данной статье изучен опыт поддержки женского предпринимательства в таких развитых странах, как Южная Корея, Китай, Япония, Германия, Франция и Швеция, а также проанализированы возможности применения этого опыта в условиях Узбекистана. В исследовании с помощью метода сравнительного анализа рассмотрены государственные программы, финансовые механизмы, системы образования и наставничества, направленные на развитие женского предпринимательства в зарубежных странах. На основе полученных выводов разработаны рекомендации по развитию женского предпринимательства в Узбекистане.

Ключевые слова: женское предпринимательство, зарубежный опыт, государственные программы, финансовые механизмы, наставничество, гендерное равенство, малый и средний бизнес, социально-экономическое развитие.

Abstract. This article examines the experience of supporting women's entrepreneurship in developed countries such as South Korea, China, Japan, Germany, France, and Sweden, and analyzes the possibilities of applying this experience in Uzbekistan. The study reviews state programs, financial mechanisms, education and mentoring systems aimed at developing women's entrepreneurship in foreign countries using a comparative analysis method. Based on the findings, recommendations for developing women's entrepreneurship in Uzbekistan have been developed.

Keywords: women's entrepreneurship, foreign experience, state programs, financial mechanisms, mentoring, gender equality, small and medium business, socio-economic development.

Jahon tajribasi shuni ko'rsatadiki, ayollar tadbirkorligi iqtisodiy o'sish va ijtimoiy rivojlanishning muhim omillaridan biridir. Xalqaro mehnat tashkiloti (ILO) ma'lumotlariga ko'ra, ayollar tomonidan boshqariladigan korxonalar global YaIMga 3 trillion dollardan ortiq hissa qo'shadi [1].

O'zbekistonda so'nggi yillarda ayollar tadbirkorligini qo'llab-quvvatlashga alohida e'tibor qaratilmoqda. 2022-yilda qabul qilingan "Ayollar tadbirkorligini qo'llab-quvvatlash" dasturi doirasida bir qator imtiyoz va mexanizmlar joriy etilgan [2]. Biroq, rivojlangan mamlakatlar tajribasini o'rganish va uni mahalliy sharoitga moslashtirishda hali ko'p ish qilish zarur.

Ayollar tadbirkorligi masalasi xorijiy iqtisodchilar, xususan, Brush [3], Minniti [4] va Welter [5] asarlarida keng o'rganilgan. Ushbu tadqiqotlarda ayollar tadbirkorligining institutsional, ijtimoiy va moliyaviy omillari tahlil qilingan.

MDH va O'rta Osiyo mamlakatlarida ayollar tadbirkorligini o'rganishga Smallbone va Welter [6], shuningdek, mahalliy olimlar Qodirov A.A. [7] va Hasanova D.N. [8] o'z hissalarini qo'shishgan. Biroq, xorij tajribasini tizimli qiyosiy tahlil qilish va O'zbekiston sharoitida tatbiq etish masalasi etarli darajada o'rganilmagan.

Janubiy Koreya ayollar tadbirkorligini rivojlantirishda Osiyo mintaqasida yetakchi o'rinni egallaydi. Mamlakatda "Ayol tadbirkorlar uchun milliy markaz" (KWBIC) faoliyat yuritib, yiliga 50 000 dan ortiq ayolga biznes ko'nikmalarini o'rgatadi [9]. Ulardagi asosiy mexanizmlar imtiyozli kreditlash (ayol tadbirkorlarga bozor stavkasidan 2-3% past foizda kredit berish), inkubator tizimi (startup bosqichida bepul ofis maydoni va texnik yordam), davlat xaridlarida kvota (ayollar korxonalarga davlat buyurtmalarining 5% ajratilishi) lardan iborat.

Xitoyda ayollar tadbirkorligini rivojlantirish "She Counts" milliy dasturi doirasida amalga oshirilmoqda. 2020-yilgi ma'lumotlarga ko'ra, Xitoyda 100 million dan ortiq ayol-tadbirkor faoliyat yuritadi [10]. Xitoy tajribasining o'ziga xos xususiyatlari raqamli platforma (Alibaba va JD.com) orqali ayollarga e-commerce imkoniyatlari yaratilgan, qishloq joylarda mikromoliya - qishloq xo'jaligi va hunarmandchilik uchun maxsus kreditlar tashkil qilingan, onlayn ta'lim (masofaviy biznes treninglar va sertifikatlashtirish) dasturlari amalga oshiriladi. Shuningdek, "Womenomics" siyosati doirasida ayollar iqtisodiy faolligi 2013-yildan beri izchil oshirib borilmoqda.

Germaniyada esa ayollar tadbirkorligini qo'llab-quvvatlash Iqtisodiyot vazirligi va KfW banki tomonidan birgalikda amalga oshiriladi. "ERP-Gründerkredit" dasturi kichik tadbirkorlar

uchun past foizli kreditlar taqdim etadi [12]. Ushbu dasturda mentorlik tizimi, tajribali tadbirkorlar yangi boshlayotgan ayollarga bepul maslahat beradi. Shuningdek, klaster yondashuvi (ayollar biznes inkubatorlari va texnoparklar tarmog'i) amalga oshiriladi va universitetlarda ayol talabalar uchun startap grantlari ajratiladi.

Frantsiyada "Entreprendre au feminin" (Ayol sifatida tadbirkorlik) milliy strategiyasi 2019-yilda yangilandi. Ushbu strategiya doirasida [13] bir qancha ijobiy ishlar amalga oshiriladi. Xususan, "France Active" tashkiloti orqali ayol tadbirkorlarga kafolatli mikrokreditlar beriladi, "Les Premières" tarmog'i 15 ta inkubatorida 1 000 dan ortiq ayol startapini qo'llab-quvvatlaydi, gender auditi (yirik kompaniyalar uchun gender tengsizligi bo'yicha hisobot majburiyati) talab etiladi.

Shvetsiyada esa gender tengligi bo'yicha dunyoda yetakchi o'rinlardan birini egallaydi. Ayollar tadbirkorligida Shvetsiya tajribasining asosiy xususiyatlari "Almi" investitsiya fondi (ayollar boshqaruvdagi korxonalarga kapital kiritish, ijtimoiy tadbirkorlik), ijtimoiy muammolarni hal etuvchi ayollar korxonalariga maxsus soliq imtiyozlari, "Winnet" tarmog'I, Skandinaviya bo'ylab ayollar biznes klasterlarini birlashtiruvchi platformalaridan iborat. [14]

Tadqiqot davomida o'rganilgan xorijiy mamlakatlar tajribasini umumlashtirildi (1-jadval).

1-jadval.

Ayollar tadbirkorligini rivojlantirishda xorij mamlakatlarining qiyosiy tahlili

Mamlakat	Moliyaviy mexanizm	Ta'lim va mentorlik	Davlat dasturlari	O'ziga xos xususiyat
Janubiy Koreya	Imtiyozli kredit, garant fondi	KWBIC inkubatorlari	Davlat xaridlarda 5% kvota	Texnologik startaplarga e'tibor
Xitoy	Mikromoliya, e-commerce	Onlayn treninglar	"She Counts" dasturi	Raqamli platformalar
Yaponiya	Soliq imtiyozlari	Korporativ kvota tizimi	Womenomics siyosati	Moslashuvchan ish vaqti
Germaniya	KfW past foizli kredit	Mentorlik tarmog'i	EXIST grant dasturi	Klaster yondashuvi
Frantsiya	France Active mikrokredit	Les Premières inkubator	Milliy strategiya 2019	Gender auditi majburiy
Shvetsiya	Almi investitsiya fondi	Winnet platformasi	Ijtimoiy tadbirkorlik	Skandinaviya tarmog'i

Xorij tajribasini tahlil qilish asosida O'zbekistonda ayollar tadbirkorligini rivojlantirish uchun quyidagi yo'nalishlar bo'yicha takliflar ishlab chiqildi:

Birinchi yo'nalish - moliyaviy mexanizmlarni takomillashtirish. Janubiy Koreya va Germaniya tajribasidan kelib chiqqan holda, O'zbekistonda ayol tadbirkorlarga bozor stavkasidan 3-5% past foizda kredit beruvchi maxsus garant fondi tashkil etish tavsiya etiladi. Bundan tashqari, Frantsiya tajribasidagi kabi mikromoliya institutlari tarmog'ini kengaytirish zarur.

Ikkinchi yo'nalish - ta'lim va mentorlik tizimini kuchaytirish. Xitoy va Yaponiya tajribasiga asoslanib, viloyat va tuman markazlarida ayollar biznes inkubatorlarini tashkil etish hamda onlayn biznes ta'lim platformalarini yaratish maqsadga muvofiq. Germaniyada qo'llaniladigan mentorlik tizimini joriy etish esa yangi boshlovchi ayol tadbirkorlar uchun ayniqsa samarali bo'ladi.

Uchinchi yo'nalish - davlat xaridi tizimida imtiyozlar. Janubiy Koreya tajribasidan ilhomlangan holda, davlat xaridi tenderlarida ayollar boshqaradigan korxonalarga kamida 5% kvota belgilash tavsiya etiladi.

To'rtinchi yo'nalish - raqamli iqtisodiyotda ayollarni faollashtirish. Xitoyning e-commerce tajribasini inobatga olib, O'zbekistonda ham ayol tadbirkorlarni raqamli savdo platformalariga jalb etish va ularga maxsus onlayn trening dasturlari taqdim etish zarur.

Beshinchi yoʻnalish - ijtimoiy kafolatlarni mustahkamlash. Yaponiyaning moslashuvchan ish vaqti va Shvetsiyaning gender tengligi siyosati asosida Oʻzbekistonda ham ona va tadbirkor maqomini bir vaqtda olib borish uchun qonunchilik bazasini yanada mustahkamlash tavsiya etiladi.

Amalga oshirilgan qiyosiy tahlil shuni koʻrsatdiki, rivojlangan mamlakatlarda ayollar tadbirkorligini qoʻllab-quvvatlash koʻp oʻlchovli yondashuv asosida qurilgan: moliyaviy qoʻllab-quvvatlash, taʼlim va mentorlik, davlat dasturlari hamda institutsional islohotlarning uygʻunligi muhim natijalarga olib kelmoqda.

Oʻzbekiston uchun eng mos va tatbiq etish imkoniyati yuqori boʻlgan tajribalar quyidagilardir: Janubiy Koreyaning garant fondi va davlat xaridi kvotasi tizimi; Xitoyning raqamli platforma va mikromoliya mexanizmlari; Germaniyaning mentorlik va klaster yondashuvi.

Fikrimizcha, ushbu yoʻnalishdagi ishlar Oʻzbekistonda ayollar tadbirkorligini rivojlantirishga yoʻnaltirilgan davlat dasturlarini ishlab chiqishda va takomillashtirishda amaliy asos boʻlib xizmat qilishi mumkin.

Adabiyotlar

- [1]. ILO (International Labour Organization). Women in Business and Management: The Business Case for Change. - Geneva: ILO, 2019.
- [2]. Oʻzbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 7-martdagi PF-60-son Farmoni "Ayollar tadbirkorligini va uy-joy qurilishini qoʻllab-quvvatlash chora-tadbirlari toʻgʻrisida".
- [3]. Brush C.G. Research on Women Business Owners: Past Trends, a New Perspective and Future Directions // Entrepreneurship Theory and Practice. - 1992. - Vol. 16(4). - P. 5–30.
- [4]. Minniti M., Nardone C. Being in Someone Else's Shoes: The Role of Gender in Nascent Entrepreneurship // Small Business Economics. - 2007. - Vol. 28(2–3). - P. 223–238.
- [5]. Welter F. Contextualizing Entrepreneurship - Conceptual Challenges and Ways Forward // Entrepreneurship Theory and Practice. - 2011. - Vol. 35(1). - P. 165–184.
- [6]. Smallbone D., Welter F. Entrepreneurship in Transition Economies. - London: Routledge, 2009.
- [7]. Qodirov A.A. Oʻzbekistonda ayollar tadbirkorligini rivojlantirish muammolari // Iqtisodiyot va innovatsion texnologiyalar. - 2021. - №3. - B. 45–52.
- [8]. Hasanova D.N. Gender tengligi va iqtisodiy rivojlanish. - Toshkent: TDIU nashriyoti, 2022. - 195 b.
- [9]. KWBIC (Korea Women's Business Center). Annual Report 2023. - Seoul, 2023.
- [10]. All-China Women's Federation. Report on Women's Entrepreneurship Development in China. - Beijing, 2021.
- [11]. Cabinet Office of Japan. White Paper on Gender Equality 2022. - Tokyo, 2022.
- [12]. KfW Bankengruppe. Frauen gründen anders - Gründungsmonitor 2022. - Frankfurt, 2022.
- [13]. Ministère de l'Économie. Stratégie nationale pour l'entrepreneuriat féminin 2019–2022. - Paris, 2019.
- [14]. Tillväxtverket (Swedish Agency for Economic and Regional Growth). Women's Entrepreneurship in Sweden. - Stockholm, 2022.

FORMATION OF ECOLOGICAL CULTURE OF STUDENTS OF TECHNICAL HIGHER EDUCATION THROUGH INTEGRATION OF ECOLOGICAL CONTENT IN GENERAL PHYSICS COURSES

B.S. Ruzimatova, ENM 42-25 student of group ENM 42-25 E.M. Tillaboev

Fergana State Technical University,
(Received on April 6 th, 2026)

Annotatsiya. *Texnika yoʻnalishidagi talabalarning ekologik madaniyatini shakllantirish maqsadida umumiy fizika kursiga ekologik mazmunni integratsiyalash samaradorligi tadqiq qilingan. Fizik qonuniyatlarni ekologik muammolar bilan bogʻlovchi oʻquv topshiriqlari majmuasi ishlab chiqilgan: issiqxona effekti, ozon qatlami, radiatsion xavfsizlik, shovqin ifloslanishi. Pedagogik tajriba talabalarning ekologik xabardorligi darajasining 47% ga oshganligini koʻrsatdi.*

Kalit soʻzlar: *ekologik madaniyat, fizika, texnik taʼlim, mehnat xavfsizligi, ekologik xabardorlik.*

Аннотация. *В целях формирования экологической культуры студентов технических специальностей исследована эффективность интеграции экологического содержания в курс общей физики. Разработан комплекс учебных задач, связывающих физические законы с проблемами*

окружающей среды: парниковый эффект, озоновый слой, радиационная экологического сознания учащихся повысился на 47%.

Ключевые слова: экологическая культура, физика, техническое образование, безопасность труда, экологическое сознание.

Abstract. In order to form the ecological culture of technical students, the effectiveness of integrating environmental content into the general physics course has been researched. A set of educational tasks connecting physical laws with environmental problems has been developed: greenhouse effect, ozone layer, radiation safety, noise pollution. Pedagogical experience showed that the level of environmental awareness of students increased by 47%.

Key words: environmental culture, physics, technical education, labor safety, environmental awareness.

Formation of environmental culture of technical specialists is one of the priority tasks of higher education. In the "Concept of environmental protection until 2030" approved by the Decree of the President of the Republic of Uzbekistan No. PF-5863 dated October 30, 2019, increasing the environmental culture of young people is defined as a priority. The Fergana Valley, which is experiencing serious environmental pressure, is experiencing atmospheric pollution with industrial waste, water resource problems, and desertification processes.

A physics course has great potential for integrating environmental content because of the fundamental nature of the physical laws underlying environmental processes. The thermodynamic basis of the greenhouse effect, the radiation physics of the ozone layer, the laws of nuclear physics of radioactive decay, the acoustic nature of noise - all these issues are studied in a physics course, and presenting them in an ecological context can increase the environmental competence of students. The purpose of the research is to develop a methodology for integrating environmental content into the general physics course and to prove its effectiveness through pedagogical experience.

An integrated course has been developed, which includes 12 ecologically relevant modules divided into physics departments. 3 modules have been introduced in the "Thermodynamics" section: the physical mechanism of the greenhouse effect (absorption of infrared radiation by atmospheric gases), calculation of energy efficiency of buildings and industrial facilities, environmental assessment of KPD of heat engines based on the Carnot cycle. The "Optics" section includes 3 modules: the physics of ultraviolet radiation absorption by the ozone layer (Hartley zone, 200–310 nm), the influence of the spectral composition of solar radiation on the environment, and the use of laser technologies in environmental monitoring.

3 modules have been developed in the "Nuclear Physics" department: assessment of environmental pollution based on the laws of radioactive decay and half-life, radiation safety standards (annual effective dose limit - 1 mZv for the population, 20 mZv for occupational exposure), physical analysis of the Chernobyl and Fukushima incidents. 3 modules have been prepared in the "Acoustics" department: physics of noise level measurement and decibel scale, impact of industrial noise on the human body (damage to the hearing organ of noise above 85 dB), physical basis of noise reduction methods.

The obtained results are consistent with the results of international studies. A study by Eilam and Trop (2012) found that integrating environmental content into science courses has a positive effect on students' environmental behavior. Our research also confirmed this trend — imparting environmental knowledge through a physics course increases not only the level of theoretical knowledge, but also practical professional competencies. As Orr (2004) noted, environmental education can be effectively implemented through integration into all disciplines.

The results of the study show that it is not accidental that the modules in the "Thermodynamics" department achieve the highest efficiency. Energy efficiency issues are directly related to students' daily life and future professional activities, which increases motivation. Also, the high effectiveness of the "Nuclear Physics" modules is explained by the emotional impact of the topic of radiation safety - in the examples of the Chernobyl and Fukushima incidents, students had the opportunity to gain a deeper understanding of the practical importance of physical laws. A limitation of the study

is the relatively small sample size (120 students) and the fact that it was conducted in one university.

Integrating environmental content into a physics course has proven to be an effective means of building the environmental culture of future engineers. The integrated course, which includes 12 environmental modules, increased students' environmental awareness by 47%. The developed educational materials are recommended for introduction into the educational process of technical higher education institutions of Uzbekistan. Further research is planned in the direction of creating virtual laboratory work based on PhET and Crocodile Physics simulators, adapting the methodology to other engineering specialties, and developing a system for automatic assessment of environmental competence using AI technologies.

References

- [1]. Dunlap, R.E., et al. (2000). New trends in measuring environmental attitudes. Journal of Social Issues, 56(3), 425–442.
- [2]. Tilavov, M.K. (2021). O'zbekiston oliy ta'lim muassasalarida ekologik ta'lim. Toshkent: TDPU, 224 b.
- [3]. Ruzimatova, B.S. (2024). Fizika o'qitishda ekologik jihatlarni integratsiyalash. NamMTI Ilmiy axborotnomasi, №3, 112–118.
- [4]. Orr, D.W. (2004). Earth in Mind: On Education, Environment, and the Human Prospect. Island Press.
- [5]. Eilam, E., & Trop, T. (2012). Environmental attitudes and environmental behavior. Sustainability, 4(11), 2834–2852.
- [6]. Ruzimatova, B.S., Polvonov, B. (2025). SCAMPER metodikasining fizika ta'limida qo'llanishi. FerDTU Ilmiy axborotnomasi, №1.

BETON VA QORISHMA ARALASHMALARIDA STABILIZATSIYA QILUVCHI QO'SHIMCHALARNI QO'LLASHNING EKOLOGIK JIHLTLARI

B.X. Kodirov, magistrant S.D. Muhammadjonova

Farg'ona davlat texnika universiteti,

ORCID: 0000-0001-7238-315X

**Mas'ul muallif: e-mail: milord.bk@gmail.com*

(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. Yangi avlod betonlarini, maxsus xususiyatlarga ega bo'lgan betonlarni olish portlandtsement va beton aralashmalarining xususiyatlarini modifikatsiyalash uchun qo'shimchalardan foydalanmasdan mumkin emas. Beton xususiyatlarini takomillashtirishning eng oddiy va qulay texnologik usullaridan biri bo'lgan qo'shimchalar mahsulot birligiga ketadigan xarajatlar darajasini sezilarli darajada pasaytirishga, temir-beton konstruksiyalarining keng assortimenti sifatini va samaradorligini oshirishga, shuningdek, konstruksiyalarning, binolar va inshootlarning umuman xizmat muddatini uzaytirishga imkon beradi.

Tayanch so'zlar: qo'shimchalar, stabilizatsiya, kimyoviy va mineral moddalar, birjinslilik, o'tkazuvchanlik.

Аннотация. Получение бетонов нового поколения, обладающих специальными свойствами, невозможно без использования добавок для модификации свойств портландцемента и бетонных смесей. Добавки, являющиеся одним из самых простых и доступных технологических приемов совершенствования свойств бетона, позволяют существенно снизить уровень затрат на единицу продукции, повысить качество и эффективность большой номенклатуры железобетонных конструкций, увеличивать срок службы как конструкций, так и зданий и сооружений в целом.

Ключевые слова: добавки, стабилизация, химические и минеральные вещества, однородность, проницаемость.

Abstract. The production of a new generation of concretes with special properties is impossible without the use of additives to modify the properties of Portland cement and concrete mixtures. Additives, being one of the simplest and most accessible technological methods for improving concrete properties, make it possible to significantly reduce the cost per unit of production, improve the quality and efficiency of a wide range of reinforced concrete structures, and increase the service life of both individual structures and buildings and facilities as a whole.

Keywords: *additives, stabilization, chemical and mineral substances, homogeneity, permeability.*

Введение

1. Понятие о стабилизирующих добавках и их классификация

Добавки стабилизирующие - это химические и минеральные вещества, предназначенные для снижения расслаиваемости бетонной смеси, ее растворо- и водоотведения. Они в значительной степени определяют качество затвердевшего бетона, повышают его однородность, снижают проницаемость [1].

Все стабилизирующие добавки в соответствии с классификацией ГОСТ 24211-2008 [4] относятся к первой группе добавок, регулирующих свойства бетонных растворных смесей, и подразделяются на 2 разновидности:

- регулирующие сохраняемость подвижности;
- увеличивающие воздухо- (газо) содержание.

2. Требования к стабилизирующим добавкам

Основным технологическим условием при перевозке бетонной смеси является сохранение ее однородности, и обеспечение требуемой подвижности к моменту укладки. Для этого в бетонную смесь не должны попадать атмосферные осадки, прямые солнечные лучи, смесь не должна расслаиваться, а оставаться связанной.

Укладка и уплотнение бетонной смеси должны быть осуществлены таким образом, чтобы были обеспечены монолитность и однородность бетона, запроектированные показатели бетона, надлежащие сцепление бетона с арматурой и закладными деталями.

Стабилизирующие добавки должны отвечать требованиям [4] и обеспечивать повышение однородности смесей:

- показатель раствооротделения бетонной смеси с ОК = 20 - 22 см должен быть не более 2,5 %;
- увеличение объема газовой фазы смеси должно быть не более 3 %.

3. Механизм действия стабилизирующих добавок

Механизм действия стабилизирующих, водоудерживающих и улучшающих перекачиваемость добавок заключается в том, что при их введении в систему «цемент-вода-заполнитель» изменяются свойства поверхности частиц твердой фазы (цемента, в первую очередь) и происходит изменение соотношения между пленочной и свободной водой.

В результате пептизирующего действия добавок и вследствие увеличения количества пленочной воды наступает стабилизация системы, приводящая к сохраняемости свойств бетонной смеси и ее хорошей перекачиваемости по трубам. Плотность укладки частиц твердой фазы в процессе твердения бетона определяется характером и интенсивностью сил межмолекулярного взаимодействия и, помимо природы твердой фазы, зависит от ее дисперсности. При введении стабилизирующих и водоудерживающих веществ происходит увеличение дисперсности твердой фазы, т.е. увеличение свободной поверхностной энергии. Это способствует развитию молекулярного взаимодействия между частицами, что вызывает возникновение множества контактов между ними и обуславливает создание пространственной структурной сетки.

Стабилизирующие добавки позволяют предотвратить расслоение бетонной смеси. При добавлении стабилизирующей добавки в бетонную смесь на поверхности цементных частиц образуется устойчивый микрогель, что обеспечивает создание «несущего скелета» в цементном тесте и предотвращает расслаивание бетонной смеси. При этом образующийся «несущий скелет» позволяет заполнителю (песок и щебень) свободно перемещаться и тем самым удобоукладываемость бетонной смеси не изменяется. Такая технология самоуплотняющегося бетона позволяет бетонировать любые конструкции с густым армированием и сложной геометрической формы без применения вибраторов. Смесь в процессе укладки самоуплотняется и выдавливает из себя вовлеченный воздух [2].

Заключение.

В заключении необходимо отметить, что стабилизирующие добавки, обладая специфическими свойствами, позволяют предотвратить расслоение бетонной смеси, повышают водоудерживающую способность и улучшают перекачиваемость смесей по трубопроводам.

Список литературы

- [1]. Афанасьев Н.Ф. Целуйко М.К. Добавки в бетоны и растворы. Киев: Будивельник, 1989. 127с.
- [2]. В.С. Изотов, Ю.А. Соколов. Химические добавки для бетонов. М.: Стройиздат, 1974. - 255 с.
- [3]. Попко В.Н. Химические добавки для бетона. Учебное пособие. Казань. КИСИ 1980.
- [4]. ГОСТ 24211 Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия - Москва: Стандартинформ, 2010.
- [5]. ГОСТ 7473 Смеси бетонные. Технические условия - Москва: Стандартинформ, 2011.
- [6]. ГОСТ 26633 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия - Москва: Стандартинформ, 2005.
- [7]. ГОСТ 25820 Бетоны легкие. Технические условия - Москва: Стандартинформ, 2005.

1. “Илмий – техника журнали” (“Научно – технический журнал”, “Scientific – Technical Journal”) саҳифаларида фундаментал ва техника фанлари соҳасида янги илмий натижаларга эга бўлган ва 50 % дан ортиқ қисми илгари эълон қилинмаган ўзбек, рус, инглиз тилларида тайёрланган мақола ва қисқа хабарлар қуйидаги бўлимлар бўйича chop этилади: **физика-математика фанлари; механика; қурилиш; энергетика, электротехника; электрон қурилмалар ва ахборот технологиялари; кимёвий технология ва экология; ижтимоий-иқтисодий фанлар; қисқа хабарлар.**

2. Мақола стандарт A4 ўлчамдаги oқ қоғознинг бир томонида чапдан 30 мм, ўнгдан 15 мм, юқоридан ва пастдан 20 мм кенгликда жой қолдириб, **Times New Roman** шрифтида, **12 pt** ўлчамда, қаторлар ораси **бир оралик** билан ёзилади ва икки нусхада тақдим қилинади. Мақолалар ҳажми чизмаларсиз **саккиз саҳифадан**, қисқа хабарлар эса **уч саҳифадан** ошмаслиги ва иккинчи нусхасида барча муаллифлар фамилияси, исми ва шарифларини кўрсатиб имзо чекишлари лозим.

3. Мақолага қуйидагилар илова қилинади: иш бажарилган **ташкилот йўлланмаси**; ўзбекча, русча ва инглизча **аннотациялар** (бир хил мазмунда ва 5-6 қатордан ошмаслиги зарур), **таянч сўзлар, мақола номлари; эксперт хулосаси; муаллифлар тўғрисида маълумот** (иш жойи, лавозими, телефони, e-mail). Муаллифлар орасида фан доктори бўлмаган тақдирда, шу соҳа ихтисослиги бўйича **фан докторининг тавсияси** тақдим этилади.

4. Формулалар компьютерда Word формулалар муҳаррирининг Math Type версиясида ёзилади. Чизмалар ва диаграммалар стандарт қоидаларга риоя қилинган ҳолда 10×10 см дан катта бўлмаган ўлчамда тайёрланиши, ёзувлар имкони борида сонлар ёки ҳарфлар кўринишида берилиши ва улар мақола саҳифасида ёки чизмага иловада тушунтирилиши лозим. Мақолада чизмалар сони **4** тагача, қисқа хабарларда эса **2** тагача рухсат этилади.

5. Мурोजат қилинган адабиётлар рўйхати мақола охирида қуйидаги тартибда келтирилади: муаллифнинг фамилияси, исми, шарифи, китоб (журнал)нинг номи, нашриёт (китоблар учун) йили, журнал номери, саҳифа (журнал учун). Мақола саҳифаларида адабиётларга илова рақам билан тартибли равишда квадрат қавс ичида (масалан [7] кўринишида) берилади.

6. Мақолани тайёрлашга ўта синчковлик ва ўткир диққат билан ёндошиш тавсия этилади. У илмий ва грамматик жиҳатдан юқори даражада талабчанлик билан илмий мақола мақомида таҳрирланган бўлиши лозим: саёз мазмундаги, ғализ ва узундан-узоқ жумлаларни ишлатмаслик; мақоланинг илмий йўналишига, шу куннинг ечилмаган ва долзарб муаммоларига баҳо берилиши; ишнинг асосий мақсади, қўйиладиган масалалар ва уларни ечиш услублари, олинган янги илмий натижалар ва уларнинг таҳлили ҳамда аниқ хулосалар қатъий кетма-кетликда равон тилда баён қилиниши лозим.

7. Таҳририят зарурат бўлганда тақдим этилган мақола ва қисқа хабарларни таҳрир қилиш ҳуқуқига эга. Улар сўзсиз таҳририят аъзоларига ёки бошқа тегишли мутахассисларга тақризга берилади.

8. Агар мақола муаллифга қайта ишлаш учун қайтарилса, мақоланинг охириги кўриниши олинган кундан бошлаб мақола таҳририятга тушган ҳисобланади.

Журнални chop этишда doc. MS Word 97 (2003) таҳририда ишловчи дастурлардан фойдаланилади.

Мақолаларини ўз вақтида chop этилишини истаган муаллифлар таҳририятга ана шу дастурдан фойдаланган ҳолда компьютерда терилган электрон вариантини тақдим этишлари мақсадга мувофиқдир.

9. *Журналнинг электрон вариантларини ФДТУ веб-сайти <http://www.ferstu.uz> (faoliyat→ilmiy faoliyat→ilmiy jurnal) дан топиш мумкин.*

Кўрсатилган қоидалар асосида тайёрланмаган мақолалар таҳририят томонидан қабул қилинмайди.

1. На страницах «Научно-технического журнала» публикуются статьи и краткие сообщения в области фундаментальных и технических наук, содержащие новые или более 50 % ранее не опубликованные научные результаты, на узбекском, русском или английском языках по следующим разделам: **фундаментальные науки; механика; строительство; энергетика, электротехника; электронные устройства и информационные технологии; химическая технология и экология; социально-экономические науки; краткие сообщения.**

2. Статья представляется в двух экземплярах на белой бумаге стандартного формата А4 с полями: слева 30 мм, сверху и снизу по 20 мм, справа 1,5 мм; шрифт Times New Roman 12 pt, междустрочное расстояние один интервал. Общий объем статьи не должен превышать восьми страниц, не считая рисунков, кратких сообщений же не более трёх страниц. Второй экземпляр статьи представляется с подписями всех авторов.

3. К статье прилагаются: **направление учреждения**, в котором выполнена работа; **экспертное заключение** (для авторов из Республики Узбекистан); на узбекском, русском и английском языках **аннотация** (из 5-6 строк одинакового содержания), **ключевые слова, название статьи; сведения об авторах** (место работы, должность, телефон, e-mail). В случае отсутствия среди авторов доктора наук представляется рекомендация доктора наук в области этой специальности.

4. Для написания формул в тексте необходимо пользоваться редактором Word Math Type. Формулы нумеруются в сквозном порядке. Для обозначения физических, математических и химических величин, включая индексы, применяются исключительно латинские и греческие буквы. Нельзя обозначать различные величины одной и той же буквой. Подготовленные рисунки и диаграммы должны соответствовать стандартным требованиям и не превышать размеры более чем 10x10 см, надписи, индексы или буквенные обозначения, желательно указать и пояснить на страницах статьи или в приложениях к рисункам.

5. Список литературы представляется в конце статьи в следующем порядке: Ф.И.О. авторов, название книги (журнала), год издания (для книг), номер журнала, страницы (для журналов). На страницах статьи ссылки на цитируемую литературу представляются в порядке упоминания арабской цифрой в квадратных скобках, например: [1].

6. Внимательно относитесь к стилю своей статьи, который должен отвечать требованиям высокой степени редактирования, как в отношении научности, так и грамматики. Избегайте длинных фраз поверхностного содержания. Для лучшего восприятия большой статьи читателями рекомендуется разбить текст на разделы: например, 1. Введение, 2. Методика эксперимента, 3. Экспериментальные результаты, 4. Заключение. Следует обязательно указать основную цель работы, постановку задач, актуальность и современность проблемы, методы и способы решения, полученные новые научные результаты и их анализ, а также конкретные выводы.

7. Представленные в редакцию статьи направляются для рецензирования членам редакции или другим соответствующим специалистам. Определяются, соответствует ли статья тематике журнала, есть ли в ней четко сформулированные новые научные результаты, достаточно ли надёжно обоснованы выводы, понятно ли изложен материал. При необходимости статья может быть отредактирована.

8. В случае возврата статьи авторам для доработки срок её поступления в редакцию, считается со дня поступления последнего её варианта.

При печати материалов журнала применяется текстовый редактор doc.MS Word 97 (2003). Для своевременного опубликования статьи, авторам необходимо представить электронный вариант статьи, набранный на компьютере с использованием указанной программы.

9. Электронные версии журнала доступны на веб-сайте ФГТУ <http://www.ferstu.uz> (faoliyat→ilmiy faoliyat→ilmiy jurnal).

Статьи, не оформленные согласно вышеуказанным правилам, редакцией не принимаются.

INFORMATION TO THE AUTHORS !

1. On pages “Scientific – Technical Journal” are published articles and short messages in the field of the fundamental and technical science, containing new or more than 50% earlier not published scientific results, in Uzbek, Russian or English languages according to the following sections: fundamental sciences; mechanics; construction; power, electrical equipment; electronic devices and information technologies; chemical technology and ecology; social and economic sciences; short messages.

2. Article is submitted in duplicate on white paper of the standard A4 format with fields: at the left 30 mm, above and below on 20 mm, on the right 1,5 mm; Times New Roman 12 pt font, interlinear distance one interval. The total amount of article shouldn't exceed eight pages, apart from drawings, the short messages, no more than three pages. The second copy of article is submitted with signatures of all authors.

3. To article are applied: the direction of establishment in which work is performed; the expert opinion (for authors from the Republic of Uzbekistan); in Uzbek, Russian and English languages the summary (from 5-6 lines of the identical contents), key words, article name; data on authors (work place, position, phone, e-mail). In case of absence among authors of the doctor of science the recommendation of the doctor of science in the field of this specialty is submitted.

4. For writing of formulas in the text the Word Math Type editors need to use. Formulas are numbered in a through order. For designation of physical, mathematical and chemical quantities, including indexes, exclusively Latin and Greek letters are applied. It is impossible to designate various sizes the same letter the Prepared drawings and charts have to conform to standard requirements and not exceed the sizes more than 10x10 cm, inscriptions, indexes or alphabetic references, it is desirable to specify and explain on pages of article or in annexes to drawings.

5. The list of references is submitted at the end of article in the following order: First name, middle initial, last name authors, the name of the book (journal), year of the edition (for books), the issue of the journal, pages (for Journal). On pages of article of the link to quoted literature are represented as a mention in the Arab figure in square brackets, for example: [1].

6. Consider to the style of the article attentively which has to meet the requirements of high extent of editing as concerning scientific character, and grammar. Avoid long phrases of the superficial contents. For the best perception of big article readers recommend to break the text into sections: for example, 1. Introduction, 2. Experiment technique, 3. Experimental results, 4. Conclusion. It is necessary to specify surely a main objective of work, statement of tasks, relevance and the present of a problem, methods and ways of the decision, the received new scientific results and their analysis, and also concrete conclusions.

7. Articles presented to edition go for reviewing to members of edition or other corresponding experts. Are defined, whether there corresponds article to journal subject, whether there are accurately formulated according to new scientific results in it, whether it is enough reliably valid conclusions, whether the material is clearly stated. If necessary article can be edited.

8. In case of article return to authors for completion, the term of its receipt in edition, is considered from the date of receipt of its last option.

At the press of materials of the journal the text editor of doc.MS Word 97 (2003) is applied. For timely publication of article, authors need to present the electronic version of article gathered on the computer with use of the specified program.

9. The electronic version of the journal is available on the FSTU website, <http://www.ferstu.uz> (faoliyat→ilmiy faoliyat→ilmiy jurnal).

Articles that are not prepared based on the specified rules will not be accepted by the editorial office.

ИЛМИЙ-ТЕХНИКА ЖУРНАЛИ
ТАҲРИРИЯТИ:

Масъул муҳаррир
Мусахҳих
Мусахҳих
Компьютерда саҳифаловчи

Н.Х. Юлдашев
А.Ш. Нигматуллина
Д.Х. Мамажонова
С.Э. Йўлдашева

Таҳририят манзили:
150107. Фарғона шаҳри, Фарғона кўчаси, 86 уй.
Телефон: 241-13-54.
Факс: 241-12-06.
Бизнинг сайт: <http://www.ferstu.uz>
E-mail: 02jurnalfstu@mail.ru

Ўзбекистон Республикаси Президенти администрацияси ҳузуридаги
Ахборот ва оммавий коммуникациялар агентлиги томонидан
Оммавий ахборот воситаси сифатида давлат рўйхатидан ўтказилиб,
2020 йил 6 августда № 1081 рақамли гувоҳнома олинди.

Босишга рухсат этилди: 11.05.2026 й.
Бичими: А4. Гарнитура Times New Roman.
Босма табоғи: 15,25. Адади 10 нусха. Буюртма № 3.
Баҳоси шартнома асосида.
УП «FDTU ALPHA PRINT» босмахонасида чоп этилди.
Фарғона шаҳар, Фарғона кўчаси 86 -уй.