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 ЖУРНАЛИ

2026. СПЕЦ. ВЫПУСК № 7

НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ФГТУ

SCIENTIFIC –TECHNICAL JOURNAL of FSTU

ФАРҒОНА – 2026

ИЛМИЙ-ТЕХНИКА ЖУРНАЛИ ТАҲРИРИЯТИ

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

Таҳрир ҳайъати:

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. Нуритдинов 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. Тожиев Р.Ж., т.ф.д., проф. – ФДТУ
4. Тўхтақўзиев А., т.ф.д., проф. – Ўз ФА МЭИ
5. Файзиматов Ш.Н., т.ф.д., проф. – ФДТУ
6. Валиев Г.Н., т.ф.д., проф. – ФДТУ

Қурилиш:

1. Аббасов Ё.С., т.ф.д., проф. – ФДТУ
2. Акромов Х.А., т.ф.д., проф. – Тош АҚИ
3. Одилхажаев 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. Касымахунова 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. Хамрокулов 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. Жахонгиров 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. Акромов, Н.М. Арипов, Д.Е. Акбаров, Ю.Ю. Вайткус, Г.Н. Валиев, К.Е. Ертаев, И.Ж. Жахонгиров, А.А. Ибрагимов, О.О. Ибрагимов, М.А. Икрамов, Ш.М. Искандарова, И.Н. Исманов, А.М. Касымахунова, Р.А. Муминов, И. Нуритдинов, А.Х. Нишонов, А.Э. Одилхажаев, Т.С. Омонов, А.М. Расулов, С.Ж. Раззаков, Б. Сиддиков, Л.А. Сиваченко, Д.С. Салиханова, С.А. Тарасенко, Р.Ж. Тожиев, А А. Тухтакузиев, Ш.Н. Файзиматов, Б.Э. Хайриддинов, Ш.Ш. Хамдамова, З.А. Хамрокулов, 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. Odilxajaev, 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)

МУНДАРИЖА

ФУНДАМЕНТАЛ ФАНЛАР

Umarov Sh.A., Ahmadjonov A.B. Web-sessiya tokenlarini himoyalash usullari va takomillashtirish yo‘llari 12
Bozarov B.I., Nabiyeva Z. Interpolyatsion ko‘phadlarning pochta aloqasi sohasi masalalarida qo‘llanilishi 17

МЕХАНИКА

Axunbayev A.A., Isomidinov A.S. Suglinokni barabanli apparatda quritish samaradorligini oshirish 21
Абдуллаева Ф., Хайитов Б., Мелибоев М., Ражабова Н. Вакуум-сублиматсион қуритиш қурилмаси конструкциясини такомиллаштириш ва жараён давомийлиги интенсивлигини ошириш 26
Мансуров М.Т., Комилов С.Х. Ғалтакмолани иш жараёнида вертикал йўналишдаги тебранишини назарий тадқиқ этиш 30
Dadajonov B., Abdubannopov A. Regressiya modelida hisobga olinadigan omillarni va ularning shinalar yeyilish intensivligiga ta’sirini aniqlash 33
Madraximov M. Piyodalar ishtirokidagi yo'l transport hodisalarini piyodalar va transport vositalari tezligiga bog'liqligini tahlil qilish 38
Xamdamov S.T., Tojiyev B.A. Maydalash qurilmalari uchun cho‘yan materiallarining mexanik xossalarini va yeyilishbardoshlik xususiyatlarini o‘zaro bog‘liqligini tahlili 43
Valixonov D.A., Odilov N.H. Sovuq holda list metallariga ishlov berishda elastoformlash va an’anaviy shtamplash usullarining qiyosiy tahlili 48
Qozoqov S.O. Paxtani tozalash mashinalarini takomillashtirish maqsadida o‘tkazilgan tadqiqotlar tahlili 53
Mamatov N.Z. Mahalliy havo almashtirish qurulmalarining foydali ish koefitsenti va ish samaradorligini aniqlash hisobi 58
Abduvaxidov M.M., Mirjalolzoda Bobirmirzo, Umarov A.A. Texnologik mashinalar qayishuvchan taxlamli ishchi organlarining buralish tebranishlari 64
Xaydarov B.Z. Barabanli tormoz tizimining tarkibiy qismlarini matematik modellashtirish va loyihalash 70

ҚУРИЛИШ

Raxmanov B.K. Sintetik asosdagi yumaloq slinglar 74
Shoyev M.A., Rakhmankulov S.A., Mirzamaxmudov B. Turbulent oqimlarni modellashtirishning zamonaviy usullari va ularning tahlili 80
Usmonova N.A., Abdumalikov R.R. Suv uzatish tarmoqlarini tanlash va gidravlik hisoblash 84
Abdullayev I.A. Penaizol materialining xossalari va uning qurilishda qo‘llanilishi 90
Akbarov J.N. Gipsbeton uchun qo‘llaniladigan kompleks kimyoviy qo‘shimchalarni tanlash 95

ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Avezova N.R., Mazanik A.V., Zorina T.G., Muminov Sh.A., Xakimov M.Sh, Shermatova M.B. O‘zbekistonda issiqlik nasosi tizimlari uchun milliy standartni ishlab chiqish. 2-qism. O‘zbekiston sharoitida issiqlik nasosli tizimlarga qo‘yiladigan metodik va texnik talablar 101
Axmedov Sh.S., Xolmatov E.S. Binolarda energiya sarfini boshqarishning intellektual tizimlari: uglerod izini kamaytirish yo‘li 109
Mominov O.A., Maribjonov D.D., Mahammadjonov S.N. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarining rivojlanishi va ularning milliy iqtisodiyotga ta’siri 113
Ergashev S.F., Tojiboeva M.D. Issiqlik qabul qilgich parametrelarini tajribaviy aniqlash asosida quoysh parabolosilindrik qurilmani issiqlik hisobi 117
Soliyev B.G‘. Issiqlik elektr stansiyalarida havo-kondensatsiya jihozlarining natijadorligini baholash .. 122
Matyakubova P.M., Mahmudjonov M.M., Mo‘minov X.D. Sath o‘lchagichlarni tekshirish va kalibrlash qurilmasini ishlab chiqish 127
Raxmatullayev S.A. Eritmalardagi vodorod ionlari faolligi ko‘rsatkichi (ph) ni o‘lchash elektrodlari va ularning metrologik tavsifi 133
Xamrayev S.I. PCM (Phase change materials) va nano-suyuqlik texnologiyalarining ilmiy-nazariy asoslari 136

МУНДАРИЖА

Эргашев С.Ф., Ахмедова Х.Н. Параболоцилиндр концентраторли pv/t қурилмаларини тадқиқ қилиш бўйича илмий ишлар таҳлили 148
Shirinov S G. Sharli tegirmonni avtomatik boshqaruv tizimi bo‘g‘inlarining differensial tenglamalari va uzatish funksiyalari tahlili 155
Tovbayev A.N., Tog‘ayev I.B. Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida tojlanish isroflarini kompleks monitoring qilish asosida energiya samaradorligini oshirish 160
Xoliddinov I.X., Boxodirov I.A., Nabiyev Sh.M. Energoaudit asosida issiqlik energiyasi iste’molini kamaytirishning nazariy asoslari 166
Xaliljonov B.K. Agrosanoat majmuasida uzluksiz ishlovchi vertikal yuk tashuvchi elektr yuritmasining ish rejimlarini modellashtirish va energiya samaradorligini oshirish 169

ЭЛЕКТРОН ҚУРИЛМАЛАР ВА АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Охунов М.Х., Охунов Д.М. Рақамли иқтисодиётда ақлли ахборот тизимлари ва сунъий интеллект технологияларини ривожлантириш истиқболлари 176

КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЭКОЛОГИЯ

Tursunov A.S., Turdialiev U.M. Changi koni glaukonitli qumtoshlarining fizik-kimyoviy tadqiqoti 182
Hamroliyev H.H., Sattarova B.N. Bro‘yler va oddiy tovuq go‘shti o‘rtasidagi farqlar 185
Jabborov T.K., Kurbanov N.M., Jabborov I.T., Siddikov M.Z. Energiya tejamkor quritish va qayta ishlash texnologiyalarining integratsiyalashgan modeli asosida biologik xilma-xillikni saqlash va oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash 188

ИЖТИМОИЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАНЛАР

Usmanov A.A., Ortiqov J.J. Farg‘ona viloyatida kichik biznes va xususiy tadbirkorlikning iqtisodiyot tarmoqlaridagi roli tahlili 193
Obidov J.G‘. Mutaxassislik fanlarini o‘qitishda imitatsion-variativlik va sun’iy intellekt texnologiyalarining integratsiyasi 197
Tuychiyeva O.N. Sanoat korxonalarida raqamli texnologiyalarni joriy qilish afzalliklari 202
Tashpulatov A. Raqamlashtirish sharoitida qishloq aholisi va bandlugi dinamikasini tahlili 207
Rajabova X.X. Zamonaviy ta’lim tizimida faol va tajribaga asoslangan pedagogik kompetentlikni rivojlantirishning nazariy va amaliy asoslari 212

ҚИСҚА ХАБАРЛАР

Muhamadrasulov Sh.X., Qobilov B.Q. Innovatsion usulda sifatli xom ipak ishlab chiqarishning ayrim yo‘llari 218
Mirboboyeva G.A., Bahromova M.N. Kiyim ishlab chiqarishda suvni tejash texnologiyalari 221
Isomidinov A.S. Rotor-filtrli qurilma ishchi zonalarida gaz tezligi taqsimotini tajribaviy tadqiq qilish .. 223
Tashpulatov S.A., Mirzaaxmedov S.Sh. MicroGESlar va qishloq hududlarini elektr energiyasi bilan ta’minlashda ularning roli 226
Toshpo‘latova B.R. Farg‘ona viloyati tarixiy yodgorliklarini saqlash va qayta tiklash: integratsiyalashgan ilmiy yondashuv 230
Ахунов Қ.Х., Хомидов А.Қ. Генератор типидаги фотодетекторларнинг микропараметрларини аниқлаш усули 234
Xoliddinov I.X., Sultonov D.T. Binolarda deraza konstruksiyalari orqali issiqlik yo‘qotilishini kamaytirish va energiya samaradorligini oshirishning zamonaviy usullari 236
Sultonov Sh.D., Tojiboyev A.K. Texnik tizimlar ishonchliligini oshirish usullari 239
Ismoilov M.M., Jumanova M.M. Past suv bosimli mikro-geslarni matematik modellashtirish va optimallashtirish 242
Ismoilov M.M. Transformatorlarning parallel ishlashi, afzalliklari va texnik shartlari 244
Ergashev S.F., Axmedova X.N. Parabolatsilindrik konsentratorli gibrid quyosh issiqlik fotoelektr modulining energetik samaradorligini tadqiq etish 246
Jobborov B.T. Akkamulyator batareyalarni energiyasini saqlash tizimlari: qayta tiklanadigan energiyada taklif-talab nomutanosibligini hal qilishning kaliti 248

МУНДАРИЖА

Axmadjonov U.Z., Yusupov D.T., Bebitov Sh.O., Sodiqov F.F. Quyosh panellari yuzasini changdan tozalaydigan avtomatik tizimni ishlab chiqish 251
Galiakberova A.R. Ingliz tilini o‘rganishda mobil ta’lim texnologiyalari 254
Abdurahmonov O.Sh., Qurbonov A.B. 5LP rusumli linterni takomillashtirish maqsadida ilmiy tadqiqot yo‘nalishini asoslash 256
Umarov A.M. Payvandlab qoplangan avtosepka qulf detallarining yeyilish miqdorlarini laboratoriya va ishlab chiqarishdagi sinov natijalari 259
Nurdinova R.A., Yusupova D.O. Charm-poyabzal sanoatida ISO 9001 sifat menejmenti tizimini joriy etish va sertifikatlash bosqichlarini tahlil qilish 261
Raximov R.G., Tursunov O.Z., Axmadaliev A.A., Klimovich K.A. O'zbekistonda neft va gaz sanoatini raqamlashtirish: tendentsiyalarga nuqtai nazar 264
Сайдалиев К.К. Саноатнинг иккиламчи маҳсулотларидан самарали фойдаланиш 266
Egamberdiyev A.A. Meva-sabzavotlarni qayta ishlash jarayonida ular tarkibidagi namlik va nitrat ioni miqdorini aniqlash 269
Kosimova M.Ya. Oliy matematikada kombinatsiyalashgan o'qitish metodologiyasining muhandislik talabalari kasbiy kompetentsiyalarini shakllantirishga ta'siri 272
Ismailova G.I., Qodirova G.O., Matbaa yangiliklari: ilmiy-texnik innovatsiyalar va raqamli transformatsiya 275
Burxonov I.M., Sharipova G.Q. Pedagogik texnologiyalar: muammolar va ularning yechimlari 279
Муаллифлар диққатига ! 282

СОДЕРЖАНИЕ

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ

Умаров Ш.А., Ахмаджонов А.Б. Методы защиты Веб-сессионных токенов и пути совершенствования 12

Бозаров Б.И., Набиева З. Применение интерполяционных многочленов в задачах почтовой связи 17

МЕХАНИКА

Ахунбаев А.А., Исомидинов А.С. Повышение эффективности сушки суглинка в барабанном аппарате 21

Абдуллаева Ф., Хайитов Б., Мелибоев М., Ражабова Н. Визуальный анализ кинетических параметров усовершенствованного комбинационного вакуум-сублимационного процесса сушки 26

Мансуров М.Т., Комилов С.Х. Теоретическое исследование вертикальных колебаний галтакмолы в процессе работы 30

Дададжонов Б., Абдубаннопов А. Определение факторов, учитываемых в регрессионной модели, и их влияние на интенсивность износа шин 33

Мадрахимов М. Анализ зависимости дорожно-транспортных происшествий с участием пешеходов от скорости пешеходов и транспортных средств 38

Хамдамов С.Т., Тоджиев Б.А. Анализ взаимосвязи механических свойств и износостойких характеристик чугунных материалов для дробильного оборудования 43

Валихонов Д.А., Одилов Н.Х. Сравнительный анализ методов эластоформования и традиционной штамповки при обработке листовых металлов в холодном состоянии 48

Казаков С.О. Анализ исследований, проведенных по совершенствованию хлопкопроводного машиностроения 53

Маматов Н.З. Расчет коэффициента полезной работы и рабочей эффективности межвоздухозаборных устройств 58

Абдувахидов М.М., Миржалолзода Бобирмирзо, Умаров А.А. Крутильные колебания гибких пакетных рабочих органов технологических машин 64

Хайдаров Б.З. Математическое моделирование и проектирование барабанных деталей тормозной системы 70

СТРОИТЕЛЬСТВО

Рахманов Б.К. Круглопрядные стропы на синтетической основе 74

Шоев М.А., Рахманкулов С.А., Мирзамахмудов Б. Современные методы моделирования турбулентных течений и их анализ 80

Усмонова Н.А., Абдумаликов. Р.Р. Выбор и гидравлический расчет сетей водоснабжения 84

Абдуллаев И.А. Свойства пеноизола и его применение в строительстве 90

Акбаров Ж.Н. Выбор комплексных химических добавок, применяемых для гипсобетона 95

ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Авезова Н.Р., Мазаник А.В., Зорина Т.Г., Муминов Ш.А., ХакимовМ.Ш., Шерматова М.Б. Разработка национального стандарта для систем с тепловыми насосами в Узбекистане. Часть 2. Методические и технические требования к национальному стандарту для тепловых насосных систем в условиях Узбекистана 101

Ахмедов Ш.С., Холматов Э.С. Интеллектуальные системы управления энергопотреблением в зданиях: путь к снижению углеродного следа 109

Моминов О.А., Марибжонов Д.Д., Махаммаджонов С.Н. Развитие возобновляемых источников энергии и их влияние на национальную экономику 113

Эргашев С.Ф., Тожибоева М.Д. Тепловой расчет солнечной параболоцилиндрической установки на основе экспериментального определения параметров теплоприемника 117

Солиев Б.Г. Оценка эффективности воздушно-конденсационных установок на тепловых электростанциях 122

Матякубова П.М., Махмуджонов М.М., Муминов Х.Д. Разработка установки для поверки и калибровки уровнемеров 127

Рахматуллаев С.А. Электроды для измерения показателя активности ионов водорода (pH) в растворах и их метрологические характеристики 133

Хамраев С.И. Научно-теоретические основы технологий фазопереходных материалов (PCM) и наножидкостей 136

СОДЕРЖАНИЕ

Эргашев С.Ф., Ахмедова Х.Н. Анализ научных исследований параболоцилиндрических pv/t установок 148
Ширинов С.Г. Анализ дифференциальных уравнений и передаточных функций звеньев автоматической системы управления шаровой мельницей 155
Товбаев А.Н., Тогаев И.Б. Повышение энергоэффективности на основе комплексного мониторинга потерь на корону в высоковольтных воздушных линиях электропередачи 160
Холиддинов И.Х., Боходиров И.А., Набиев Ш.М. Теоретические основы снижения потребления тепловой энергии на основе энергоаудита 166
Халилжонов Б.К. Моделирование режимов работы и повышение энергоэффективности электропривода вертикального транспортера непрерывного действия в агропромышленном комплексе 169

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Охунов М.Х., Охунов Д.М. Перспективы развития интеллектуальных информационных систем и технологий искусственного интеллекта в условиях цифровой экономике 176

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Турсунов А.С., Турдиалиев У.М. Физико-химические исследование глауконитовых песчанников чангинского месторождение 182
Хамролиев Х.Х., Саттарова Б.Н. Различия между бройлерным и обычным куриным мясом 185
Жабборов Т.К., Курбанов Н.М.., Жабборов И.Т., Сиддиков М.З. Сохранение биоразнообразия и продовольственной безопасности на основе интегрированной модели энергоэффективных технологий сушки и переработки 188

СОЦИАЛЬНО - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Усманов А.А., Ортиков Дж.Дж. Анализ роли малого бизнеса и частного предпринимательства в экономических секторах Ферганской области 193
Обидов Ж.Г. Интеграция технологий имитации-вариативности и искусственного интеллекта в преподавание специализированных предметов 197
Туйчиева О.Н. Преимущества внедрения цифровых технологий на промышленных предприятиях 202
Ташпулатов А. Анализ динамики сельского населения и занятости в условиях цифровизации 207
Раджабова Х.Х. Теоретические и практические основы развития активной и основанной на опыте педагогической компетентности в современной системе образования 212

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Мухамадрасулов Ш.Х., Қобилов Б.К. Некоторые пути производства качественного сырьевого шёлка инновационным методом 218
Мирбобоева Г.А., Бахромова М.Н. Водосберегающие технологии в швейном производстве 221
Исомидинов А.С. Экспериментальное исследование распределения скорости газа в рабочих зонах роторно-фильтрационного устройства 223
Ташпулатов С.А., Мирзаахмедов С.Ш. МикроГЭС и их роль в обеспечении электроэнергией сельских районов 226
Тошпулатова Б.Р. Сохранение и реставрация исторических памятников Ферганской области: интегрированный научный подход 230
Ахунов К.Х., Хомидов А.К. Способ определения микропараметров фотоприемников генераторного типа 234
Холиддинов И.Х., Султонов Д.Т. Современные методы снижения теплопотерь через оконные конструкции в зданиях и повышения энергоэффективности 236
Султанов Ш.Д., Тожибоев А.К. Методы повышения надежности технических систем 239
Исмаилов М.М., Джуманова М.М. Математическое моделирование и оптимизация микрогидропередач с низким водяным давлением 242
Исмаилов М.М. Параллельная работа трансформаторов: преимущества и технические условия .. 244
Эргашев С.Ф., Ахмедова Х.Н. Исследование энергетической эффективности гибридного солнечного тепло-фотоэлектрического модуля с параболоцилиндрическим концентратором 246
Жобборов Б.Т. Системы управления энергией аккумуляторных батарей: ключ к решению проблемы дисбаланса спроса и предложения в сфере возобновляемой энергетики 248

СОДЕРЖАНИЕ

Ахмаджонов У.З., Юсупов Д.Т., Бебитов Ш.О., Содиков Ф.Ф. Разработка автоматизированной системы очистки поверхности солнечных панелей от пыли 251
Галикберова А.Р. Мобильные образовательные технологии в изучении английского языка 254
Абдураҳмонов О.Ш., Қурбонов А.Б. Обоснование направления научных исследований по совершенствованию линтера типа 5ЛП 256
Умаров А.М. Результаты лабораторных и производственных испытаний величины износа деталей замка автосепок с наплавкой 259
Нурдинова Р.А., Юсупова Д.О. Анализ этапов внедрения и сертификации системы менеджмента качества ISO 9001 в кожевенно-обувной промышленности 261
Рахимов Р.Г., Турсунов О.З., Ахмадалиев А.А., Климович К.А. Цифровизация нефтегазовой отрасли Узбекистана: обзор тенденций 264
Сайдалиев К.К. Эффективное использование вторичных продуктов промышленности 266
Эгамбердиев А.А. В процессе переработки фруктов и овощей определение содержания влаги и ионов нитратов 269
Косимова М.Я. Влияние комбинированной методики преподавания высшей математики на формирование профессиональных компетенций у студентов инженерных специальностей 272
Исмаилова Г.И., Кадирова Г., Мурадов Р. Полиграфические новости: научно-технические инновации и цифровая трансформация. 275
Бурхонов И.М., Шарипова Г.К. Педагогические технологии: проблемы и их решения 279
К сведению авторов ! 283

CONTENTS

FUNDAMENTAL SCIENCES

Umarov Sh.A., A.B. Ahmadjonov Methods of Web session token protection and improvement approaches 12

Bozarov B.I., Nabiyeva Z. Application of interpolation polynomials in postal communication problems 17

MECHANICS

Akhunbaev A.A., Isomidinov A.S. Increasing the efficiency of drying loam in a drum apparatus 21

Abdullaeva F., Xayitov B., Meliboyev M., Rajabova N. Visual analysis of the kinetic parameters of the improved combined vacuum-sublimation drying process 26

Mansurov M.T., Komilov S.X. Theoretical study of vibration of the roller in the vertical direction during the working process 30

Dadajonov B., Abdubannopov A. Determination of the factors taken into account in the regression model and their influence on the intensity of tire wear 33

Madraximov M. Analysis of the dependence of road traffic accidents involving pedestrians on the speed of pedestrians and vehicles 38

Khamdamov S.T., Tojiyev B.A. Analysis of the relationship between the mechanical properties and wear resistance characteristics of cast iron materials for crushing equipment 43

Valixonov D.A., Odilov N.H. Comparative analysis of elastforming and conventional stamping methods in cold sheet metal processing 48

Kazakhov S.O. Analysis of research carried out to improve cotton line machinery 53

Mamatov N.Z. Calculation of determining the useful working coefficient and work efficiency of local air exchange devices 58

Abduvakhidov M.M., Mirjalolzoda Bobirmirzo, Umarov A.A. Torsional vibrations of flexible packet-type working organs of technological machines 64

Khaydarov B.Z. Mathematical modeling and design of drum brake system components 70

BUILDING

Rakhmanov B.K. Round-strand slings on a synthetic base 74

Shoyev M.A., Rakhmankulov S.A., Mirzamaxmudov B. Turbulent oqimlarni modellashtirishning zamonaviy usullari va ularning tahlili 80

Usmonova N.A., Abdumalikov R.R. Selection and hydraulic calculation of water transmission networks 84

Abdullayev I.A. Properties of penaizol material and its application in construction 90

Akbarov J.N. Selection of complex chemical additives used for gypsum concrete 95

ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING

Avezova N.R., Mazanik A.V., Zorina T.G., Muminov Sh.A., Xakimov M.Sh, Shermatova M.B. Development of a national standard for heat pump systems in Uzbekistan. Part 2. Methodological and technical requirements for heat pump systems under the conditions of Uzbekistan 101

Akhmedov Sh.S., Kholmatov E.S. Intelligent energy management systems in buildings: a path to reducing the carbon footprint 109

Mominov O.A., Maribjonov D.D., Makhammadjonov S.N. Development of renewable energy sources and their impact on the national economy 113

Ergashev S.F., Tojiboyeva M.D. Thermal calculation of a solar parabolocylindrical system based on experimental determination of heat receiver parameters 117

Soliyev B.G. Evaluation of the efficiency of air-cooled condensers at thermal power plants 122

Matyakubova P.M., Makhmudjonov M.M., Muminov Kh.D. Development of an installation for checking and calibration of level gauges 127

Rakhmatullaev S.A. Electrodes for measuring the indicator of hydrogen ion activity (pH) in solutions and their metrological characteristics 133

Khamraev S.I. Scientific and theoretical foundations of Phase change materials (PCM) and nanofluid technologies 136

CONTENTS

Ergashev S.F., Akhmedova Kh.N. Analysis of scientific research on parabolic trough pv/t systems 148
Shirinov S G. Analysis of differential equations and transfer functions of the links of the automatic control system of a ball mill 155
Tovbayev A.N., Tog‘ayev I.B. Improving energy efficiency based on comprehensive monitoring of corona losses in high-voltage overhead transmission lines 160
Kholiddinov I.Kh., Bokhodirov I.A., Nabiyev Sh.M. Theoretical foundations of reducing thermal energy consumption based on energy audit 166
Khaliljonov B.K. Modeling of operating regimes and improving the energy efficiency of the electric drive of a continuous vertical conveyor in the agro-industrial complex 169

ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES

Okhunov M.H., Okhunov D.M., Prospects for the development of intelligent information systems and artificial intelligence technologies in the digital economy 176

CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY

Tursunov A.S., Turdialiev U.M. Physico-chemical study of glauconitic sandstones from the changi deposit 182
Hamroliyev H.H., Sattarova B.N. Differences between broiler and regular chicken meat 185
Jabborov T.K., Kurbanov N.M., Jabborov I.T., Siddikov M.Z. Biodiversity conservation and food safety based on an integrated model of energy efficient drying and processing technologies 188

SOCIAL AND ECONOMIC SCIENCES

Usmanov A.A., Ortikov J.J. Analysis of the role of small business and private entrepreneurship in the economic sectors of Fergana region 193
Obidov J.G. Integration of imitation-variation and artificial intelligence technologies in teaching specialized subjects 197
Tuychieva O.N. Advantages of implementing digital technologies in industrial enterprises 202
Tashpulatov A. Analysis of rural population dynamics and employment in the context of digitalization 207
Rajabova X.X. Theoretical and practical foundations of the development of active and experience-based pedagogical competence in the modern education system 212

SHORT MESSAGES

Muxamadrasulov Sh.X., Qobilov B.Q. Some methods of producing high-quality raw silk using an innovative approach 218
Mirboboyeva G.A., Bahromova M.N. Water-saving technologies in clothing production 221
Isomidinov A.S. Experimental study of gas velocity distribution in the working zones of a rotary filtration device 223
Tashpulatov S.A., Mirzaakhmedov S.Sh. Micro-HPPS and their role providing electricity to rural areas 226
Toshpolatova B.R. Preservation and restoration of historical monuments of the Fergana region: an integrated scientific approach 230
Akhunov Q.K., Khomidov A.Q. Method for determining microparameters of generator-type photodetectors 234
Kholiddinov I.X., Sultonov D.T. Modern methods for reducing heat loss through window structures in buildings and increasing energy efficiency 236
Sultanov Sh.D., Tozhiboev A.K. Methods for increasing the reliability of technical systems 239
Ismailov M.M., Jumanova M.M. Mathematical modeling and optimization of low water pressure micro-hydropower plants 242
Ismailov M.M. Parallel operation of transformers, advantages and technical conditions 244
Ergashev S.F., Akhmedova Kh.N. Investigation of the energy efficiency of a hybrid solar thermal-photovoltaic module with a parabolic cylindrical concentrator 246
Jobborov B.T. Battery energy management systems: the key to solving the supply-demand imbalance in renewable energy 248

CONTENTS

Akhmadjonov U.Z., Yusupov D.T., Bebitov Sh.O., Sodikov F.F. Development of an automated system for cleaning the surface of solar panels from dust 251
Galiakberova A.R. Mobile learning technologies for english language acquisition 254
Abdurahmonov O.Sh., Qurbonov A.B. Justification of the direction of scientific research on improving the 5LP linter 256
Umarov A.M. Results of laboratory and production tests of the wear rate of welded auto coupling parts 259
Nurdinova R.A., Yusupova D.O. Analysis of the stages of implementing and certifying the ISO 9001 quality management system in the leather-footwear industry 261
Rakhimov R.G., Tursunov O.Z., Akhmadaliev A.A., Klimovich K.A. Digitization of the oil and gas industry in Uzbekistan: an overview of trends 264
Saidaliev K.K. Efficient use of secondary industrial products 266
Egamberdiev A.A. Determination of moisture content and nitrate ion concentration during the processing of fruits and vegetables 269
Kosimova M.Ya. The impact of a combined teaching methodology in higher mathematics on the formation of professional competencies in engineering students 272
Ismailova G.I., Kadirova G., Muradov R. Printing news: scientific and technical innovations and digital transformation 275
Burkhonov I.M., Sharipova G.Q. Pedagogical technologies: problems and their solutions 279
Information to the authors ! 284

WEB-SESSIYA TOKENLARINI HIMOYALASH USULLARI VA TAKOMILLASHTIRISH YO‘LLARI

Sh.A. Umarov*, A.B. Ahmadjonov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
**Mas’ul muallif, e-mail: sh.umarov81@mail.ru*
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada web-sessiya tokenlarini himoyalash muammolari, ularga nisbatan mavjud tahdidlar va zamonaviy himoya usullari tahlil qilingan. Xususan, session hijacking, XSS va CSRF kabi hujum turlarining token xavfsizligiga ta’siri ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, cookie parametrlari, HTTPS protokoli va tokenlarni boshqarish mexanizmlarini takomillashtirish yo‘llari taklif etilgan. Tadqiqot natijasida web-ilovalarda xavfsizlikni oshirishga qaratilgan amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.*
Tayanch so‘zlar: *web-sessiya, token, xavfsizlik, session hijacking, XSS, CSRF, HTTPS, cookie.*
Аннотация. *В данной статье рассмотрены проблемы защиты веб-сессионных токенов, существующие угрозы и современные методы защиты. Особое внимание уделено атакам типа session hijacking, XSS и CSRF, влияющим на безопасность токенов. Также предложены пути совершенствования механизмов защиты, включая использование параметров cookie, протокола HTTPS и управления токенами. В результате исследования разработаны практические рекомендации по повышению безопасности веб-приложений.*
Ключевые слова: *веб-сессия, токен, безопасность, session hijacking, XSS, CSRF, HTTPS, cookie.*
Annotation. *This article analyzes the problems of web session token protection, existing threats, and modern protection methods. Particular attention is given to attacks such as session hijacking, XSS, and CSRF that affect token security. Additionally, improvements in protection mechanisms, including cookie parameters, HTTPS protocol, and token management strategies, are proposed. As a result, practical recommendations for enhancing web application security are developed.*
Keywords: *web session, token, security, session hijacking, XSS, CSRF, HTTPS, cookie*.

Kirish. Zamonaviy axborot texnologiyalari rivojlanishi natijasida web-ilovalar kundalik hayotning ajralmas qismiga aylandi. Bank tizimlari, elektron tijorat va davlat xizmatlari kabi muhim platformalarda foydalanuvchilarni autentifikatsiya qilish hamda sessiyalarni boshqarish xavfsizlikning muhim elementi hisoblanadi. Ayniqsa, web-sessiya tokenlari foydalanuvchini aniqlash va uning tizimdagi faoliyatini davom ettirishda muhim rol o‘ynaydi.

Web-ilovalarda autentifikatsiya va sessiyalarni boshqarish axborot xavfsizligining asosiy komponentlaridan biridir. Sessiya tokenlari foydalanuvchini identifikatsiya qilish va uning tizimdagi holatini saqlash uchun ishlatiladi. Amaliyot va internet manbalari shuni ko‘rsatadiki, session hijacking, XSS (Cross-Site Scripting), CSRF (Cross-Site Request Forgery) hujumlar asosiy xavf manbai hisoblanadi. Ushbu tahdidlar tokenni o‘g‘irlash yoki noto‘g‘ri foydalanish orqali tizimni buzishga olib keladi.

So‘nggi yillarda session hijacking, XSS va CSRF kabi hujumlar orqali sessiya tokenlarini o‘g‘irlash holatlari ortib bormoqda. Bu esa web-ilovalar xavfsizligini ta’minlashda ushbu tokenlarni himoyalash masalasining dolzarbligini ko‘rsatadi. Mavjud himoya usullari yetarli darajada samarali emasligi, xususan cookie parametrlarining noto‘g‘ri sozlanishi, HTTPS’dan foydalanilmasligi va JWT bilan bog‘liq muammolar xavfsizlikka salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shu bois mazkur maqolaning maqsadi web-sessiya tokenlarini himoyalash usullarini tahlil qilish hamda ularni takomillashtirish yo‘llarini ishlab chiqishdan iborat.

2. Materiallar. Web-ilovalar xavfsizligi, xususan web-sessiya tokenlarini himoyalash masalasi kiberxavfsizlikning dolzarb yo‘nalishlaridan biridir. Tadqiqotlar web-ilovalardagi asosiy zaifliklar autentifikatsiya va sessiyalarni boshqarish jarayonlari bilan bog‘liqligini ko‘rsatadi. Mavjud adabiyotlar web-sessiya tokenlarini himoyalash bo‘yicha turli yondashuvlar borligini ko‘rsatsa-da, ularni yanada chuqur tahlil qilish va takomillashtirish zarur.

Token xavfsizligi quyidagi komponentlar orqali baholanadi:

$$S = f(C, T, A, N)$$

bu yerda C - cookie xavfsizligi darajasi, T - tokenning amal qilish muddati, A - autentifikatsiya darajasi, N - tarmoq xavfsizligi (HTTPS).

Sessiya tokenining buzilish ehtimoli quyidagicha ifodalanadi:

$$P_{comp} = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - p_i)$$

bu yerda p_i - i-hujum turi ehtimoli (XSS, CSRF, MITM va boshqalar).

Himoya mexanizmlarining umumiy samaradorligi:

$$E = 1 - P_{comp}$$

bu yerda E - tizim xavfsizligi darajasi.

Tokenning xavfsizligi vaqtga bog‘liq holda kamayadi:

$$S(t) = S_0 e^{-\lambda t}$$

bu yerda λ - tahdid intensivligi bo‘lib, u qanchalik katta bo‘lsa, token shunchalik tez “xavfsizligini yo‘qotadi”. Shu sababli token rotation mexanizmi joriy etilib, t qiymati kichraytiriladi va natijada umumiy xavfsizlik oshiriladi.

3. Natijalar. Web-ilovalarda sessiya tokenlari bilan bog‘liq xavfsizlik muammolari asosan noto‘g‘ri sozlash, eskirgan texnologiyalardan foydalanish va himoya mexanizmlarining yetarli darajada qo‘llanilmasligi bilan bog‘liq. Avvalo, cookie asosida saqlanadigan sessiya tokenlari tahlil qilinadi. Agar cookie parametrlarida HttpOnly va Secure flaglari qo‘llanilmasa, tokenlar XSS hujumlari orqali osonlik bilan o‘g‘irlanishi mumkin. Shu sababli, barcha sessiya tokenlarini faqat himoyalangan kanal (HTTPS) orqali uzatish va cookie’larni maksimal darajada cheklangan rejimda ishlatish zarurligi aniqlandi. Bundan tashqari, SameSite parametrining noto‘g‘ri sozlanishi CSRF hujumlariga imkon yaratishi mumkinligi ham kuzatildi.

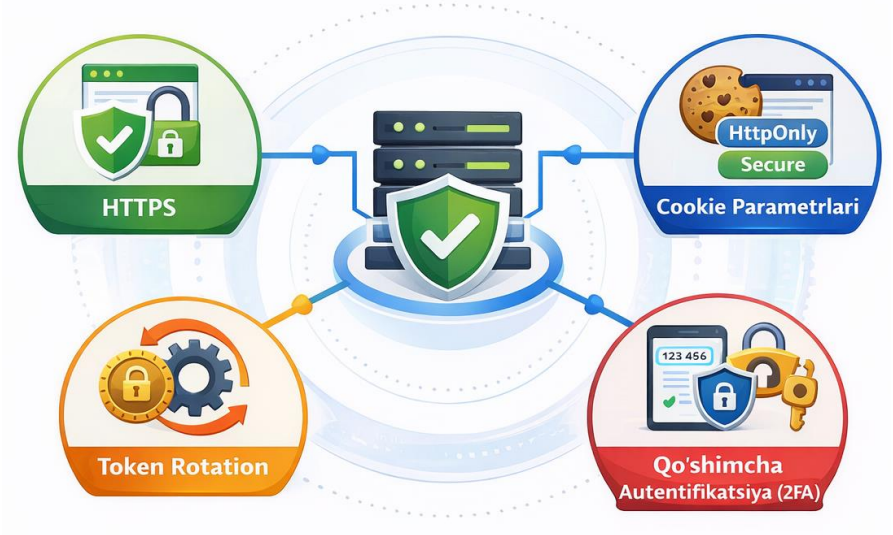
JSON Web Token (JWT) texnologiyasi asosida ishlovchi tizimlar tahlili shuni ko‘rsatdiki, ushbu yondashuv stateless autentifikatsiyani ta’minlash imkonini bersa-da, noto‘g‘ri konfiguratsiya qilingan holatlarda jiddiy xavfsizlik muammolariga olib kelishi mumkin. Xususan, tokenning amal qilish muddati juda uzun qilib belgilanishi yoki tokenlarni bekor qilish (revocation) mexanizmining mavjud emasligi xavfni oshiradi. Shu sababli, tokenlarni qisqa muddatli qilish va ularni yangilab borish (token rotation) mexanizmini joriy etish samarali yechim sifatida baholandi.

1-jadval.

Sessiya tokenlarini himoyalash mexanizmlari va ularning vazifalari

№	Himoya usuli	Tavsifi
1	HTTPS protokolidan foydalanish	Ma’lumotlarni uzatishda asosiy himoya vositasi bo‘lib, tarmoq orqali uzatilayotgan tokenlarni shifrlashni ta’minlaydi
2	HttpOnly va Secure cookie parametrlari	XSS hujumlari orqali token o‘g‘irlanishini kamaytiradi va cookie’larni xavfsiz uzatishni ta’minlaydi
3	SameSite atributi	CSRF hujumlariga qarshi samarali himoya vositasi hisoblanadi
4	Token rotation	Sessiya xavfsizligini oshirib, tokenlarning doimiy yangilanib borishini ta’minlaydi
5	Qo‘shimcha autentifikatsiya (2FA)	Token o‘g‘irlangan holatda ham tizimga ruxsatsiz kirishni oldini oladi

Amaliy tahlil asosida web-sessiya tokenlarini himoyalashning takomillashtirilgan modelida bir nechta himoya mexanizmlarini birgalikda qo‘llash orqali xavfsizlik darajasini oshirish mumkin. Ya’ni, tokenlarni faqat HTTPS orqali uzatish, cookie parametrlari orqali cheklash, qisqa muddatli tokenlardan foydalanish va qo‘shimcha autentifikatsiya mexanizmlarini joriy etish orqali kompleks himoya tizimi shakllantiriladi.



1-rasm. Taklif etilgan himoya modeli.

Shuningdek, faqat bitta himoya usulidan foydalanish yetarli emas. Zamonaviy web-ilovalar uchun ko‘p qatlamli (multi-layered) xavfsizlik yondashuvi eng samarali hisoblanadi. Bu esa turli xil hujumlarga qarshi barqaror va ishonchli himoya tizimini yaratish imkonini beradi.

Ko‘p qatlamli xavfsizlik modeli:

$$Secutiry = \sum_{i=1}^{k} \omega_i \cdot M_i$$

bu yerda M_i - i-chi himoya mexanizmining samaradorligi (0 dan 1 gacha normallashtirilgan qiymat), ω_i esa ushbu mexanizmning tizimdagi ahamiyat darajasini ifodalovchi vazn koeffitsiyenti bo‘lib, $\sum \omega_i = 1$ sharti bajariladi. Masalan, HTTPS uchun yuqori vazn berilishi mumkin, chunki u tarmoq darajasidagi asosiy himoya hisoblanadi, XSSga qarshi himoya esa alohida baholanadi.

Optimallashtirilgan model web-sessiya tokenlarini himoyalashda ko‘p qatlamli (multi-layered) xavfsizlik yondashuviga asoslanadi va tizimdagi har bir komponentning o‘zaro bog‘liq holda ishlashini nazarda tutadi. Ushbu modelning asosiy maqsadi — token kompрometatsiyasi ehtimolini minimal darajaga tushirish va tizimning umumiy barqarorligini oshirishdir. Modelda xavfsizlik alohida mexanizmlar yig‘indisi sifatida emas, balki ularning integratsiyalashgan tizimi sifatida qaraladi.

Modelning birinchi qatlamini tarmoq darajasidagi himoya tashkil etadi. Bu bosqichda barcha ma’lumotlar almashinuvi HTTPS protokoli orqali amalga oshiriladi, bu esa tokenlarning tarmoq orqali uzatilishi jarayonida ushlab qolinish (MITM hujumlari) ehtimolini keskin kamaytiradi. Shu bilan birga, TLS konfiguratsiyasining to‘g‘ri sozlanishi, sertifikatlarning yangilanib borilishi va zaif shifrlash algoritmlaridan voz kechish modelning samaradorligini oshiradi. Natijada, tizimning tashqi tahdidlarga nisbatan chidamliligi sezilarli darajada ortadi.

Ikkinchi qatlam cookie va brauzer darajasidagi himoyani o‘z ichiga oladi. Ushbu bosqichda sessiya tokenlari HttpOnly, Secure va SameSite atributlari orqali himoyalanadi. HttpOnly flagi tokenning JavaScript orqali o‘qilishini cheklaydi va shu orqali XSS hujumlarining samaradorligini pasaytiradi. Secure flagi tokenlarning faqat shifrlangan kanal orqali uzatilishini ta’minlaydi, SameSite esa CSRF hujumlariga qarshi qo‘shimcha himoya vazifasini bajaradi. Bu qatlam foydalanuvchi brauzeridagi ekspluatatsiya ehtimolini kamaytirishga xizmat qiladi.

Uchinchi qatlam tokenlarni boshqarish mexanizmlariga bag‘ishlangan bo‘lib, u modelning eng muhim qismlaridan biri hisoblanadi. Bu yerda tokenlarning amal qilish muddati qisqa qilib belgilanadi va ularni doimiy yangilab borish — token rotation mexanizmi joriy etiladi. Ushbu yondashuvga ko‘ra, har bir sessiya uchun yangi tokenlar generatsiya qilinadi va eski tokenlar avtomatik ravishda bekor qilinadi. Bu esa token o‘g‘irlangan taqdirda ham uning amal qilish vaqtini cheklaydi va hujumchining imkoniyatlarini keskin qisqartiradi. Shu bilan birga, refresh tokenlar alohida va yanada xavfsiz muhitda saqlanishi tavsiya etiladi.

To‘rtinchi qatlam autentifikatsiya darajasini kuchaytirishga qaratilgan. Bu bosqichda ikki faktorli autentifikatsiya (2FA) yoki ko‘p faktorli autentifikatsiya (MFA) mexanizmlari qo‘llaniladi. Ushbu yondashuv token kompрometatsiyasi yuz bergan taqdirda ham tizimga ruxsatsiz kirishni oldini olish imkonini beradi. Masalan, foydalanuvchidan qo‘shimcha ravishda bir martalik parol (OTP), biometrik ma’lumot yoki autentifikator ilovasi orqali tasdiqlash talab qilinadi. Natijada, autentifikatsiya jarayoni ko‘p bosqichli va xavfsiz holatga keltiriladi.

Beshinchi qatlam monitoring va anomaliyalarni aniqlash tizimlarini o‘z ichiga oladi. Bu qatlamda foydalanuvchi xatti-harakatlari, IP manzillar, qurilma identifikatorlari va sessiya faoliyati doimiy ravishda tahlil qilinadi. Agar odatiy bo‘lmagan faoliyat aniqlansa (masalan, bir vaqtning o‘zida turli geografik joylardan kirish), tizim avtomatik ravishda sessiyani bekor qiladi yoki qo‘shimcha autentifikatsiya talab qiladi. Ushbu yondashuv ayniqsa session hijacking hujumlarini aniqlashda samarali hisoblanadi.

Natijada yangilangan umumiy kompрometatsiya ehtimoli:

$$P_{comp} = 1 - \prod_{i=1}^{n} (1 - p_i)$$

Shundan kelib chiqib, tizimning yakuniy xavfsizlik darajasi quyidagicha aniqlanadi:

$$Security_{final} = 1 - P_{comp}^{new}$$

Yakuniy optimallashtirish masalasi quyidagicha qo‘yilishi mumkin: tizim xavfsizligini maksimal qilish uchun ω_i va M_i parametrlarini optimal tanlash kerak. Bu esa amaliy jihatdan resurslar (vaqt, hisoblash quvvati, infratuzilma) eng xavfli hujum vektorlariga qarshi yo‘naltirilishi kerak.

4. Muhokamalar. Web-sessiya tokenlarini himoyalash masalasi zamonaviy web-ilovalarda murakkab va ko‘p qirrali muammo hisoblanadi. Adabiyotlar tahlili va amaliy kuzatishlar asosida aksariyat xavfsizlik muammolari texnologiyalarning o‘zidan emas, balki ularni noto‘g‘ri yoki yetarli darajada qo‘llanilmasligidan kelib chiqadi. Bu esa web-xavfsizlikni ta’minlashda inson omili va tizim konfiguratsiyasining muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Maqolada ko‘rib chiqilgan himoya usullari (HTTPS, cookie parametrlari, token rotatsiyasi va 2FA) alohida holda samarali bo‘lishiga qaramay, ularning har biri ma’lum cheklovlarga ega. Masalan, HTTPS ma’lumotlarni uzatishda xavfsizlikni ta’minlasa-da, XSS hujumlariga qarshi to‘liq himoya bera olmaydi. Xuddi shuningdek, HttpOnly va Secure cookie parametrlari tokenni himoyalashda muhim rol o‘ynaydi, biroq noto‘g‘ri sozlangan holatda ular kutilgan natijani bermasligi mumkin. Bu esa yagona himoya mexanizmiga tayanish yetarli emasligini ko‘rsatadi.

Shu nuqtai nazardan, ko‘p qatlamli xavfsizlik yondashuvi eng maqbul yechim sifatida baholandi. Ushbu yondashuvda turli himoya mexanizmlarini birgalikda qo‘llash orqali tahdidlarni kompleks tarzda kamaytirish mumkin. Ayniqsa, token rotatsiyasi va qo‘shimcha autentifikatsiya mexanizmlarini joriy etish sessiya tokenlari xavfsizligini sezilarli darajada oshirishi aniqlanib, bu amaliy jihatdan muhim natija hisoblanadi.

Bundan tashqari, zamonaviy web-ilovalarning murakkablashib borishi yangi turdagi xavflarni yuzaga keltirmoqda. Xususan, mikroxizmatlar arxitekturasi va JWT kabi texnologiyalarning keng qo‘llanilishi token xavfsizligini boshqarishda yangi muammolarni keltirib chiqarmoqda. Shu sababli mavjud yondashuvlarni doimiy ravishda yangilab borish va yangi texnologiyalar bilan moslashtirish zarur.

Umuman olganda, web-sessiya tokenlarini himoyalashda kompleks va tizimli yondashuvni qo‘llash eng samarali yechim ekanligini tasdiqlaydi. Bu esa kelgusida ushbu yo‘nalishda yanada chuqurroq ilmiy izlanishlar olib borish va yangi innovatsion himoya mexanizmlarini ishlab chiqish zarurligini ko‘rsatadi.

5. Xulosa. Mazkur maqolada web-sessiya tokenlarini himoyalash muammosi kompleks yondashuv asosida tahlil qilinib, zamonaviy web-ilovalarda uchraydigan asosiy tahdidlar – session hijacking, XSS va CSRF hujumlarining token xavfsizligiga ta’siri o‘rganildi. Sessiya xavfsizligi alohida mexanizmlarga emas, balki ularning integratsiyalashgan holda qo‘llanishiga bevosita bog‘liq. Ayniqsa, noto‘g‘ri konfiguratsiya qilingan cookie parametrlar, uzoq muddatli tokenlar va himoyalanmagan aloqa kanallari xavfsizlik darajasini keskin pasaytiruvchi omillar sifatida ko‘rildi.

Ishlab chiqilgan matematik model yordamida token kompрometatsiyasi ehtimoli va himoya mexanizmlarining samaradorligi miqdoriy baholandi. Model natijalari shuni tasdiqladiki, har bir tahdid ehtimolini alohida kamaytirish umumiy xavfsizlik darajasini sezilarli oshiradi. Shuningdek, vaqt omilini hisobga oluvchi eksponensial model tokenlarning amal qilish muddatini qisqartirish va

ularni muntazam yangilash zarurligini ilmiy jihatdan asoslab berdi. Bu esa token rotation mexanizmining muhimligini yana bir bor ko‘rsatdi.

Taklif etilgan optimallashtirilgan model asosida web-sessiya xavfsizligini ta’minlashda ko‘p qatlamli himoya yondashuvi eng samarali yechim ekanligi isbotlandi. Model doirasida tarmoq darajasida HTTPS protokolidan foydalanish, brauzer darajasida cookie atributlarini to‘g‘ri sozlash, tizim darajasida tokenlarni boshqarish mexanizmlarini optimallashtirish hamda autentifikatsiya jarayonini kuchaytirish integratsiyalashgan tizim sifatida qaraldi. Ushbu yondashuv turli xil hujum vektorlariga qarshi barqaror va moslashuvchan himoya muhitini yaratish imkonini beradi.

Web-ilovalarda sessiya tokenlari xavfsizligini oshirish maqsadida, birinchi navbatda barcha ma’lumot almashinuvi jarayonlarini to‘liq HTTPS protokoli orqali tashkil etish hamda zaif shifrlash algoritmlaridan voz kechish tavsiya etiladi. Shu bilan birga, cookie’lar uchun HttpOnly, Secure va SameSite atributlarini majburiy tarzda joriy etish orqali brauzer darajasidagi hujumlarning oldini olish mumkin.

Autentifikatsiya jarayonini kuchaytirish maqsadida ikki faktorli yoki ko‘p faktorli autentifikatsiya (2FA/MFA) mexanizmlarini joriy etish tavsiya etiladi. Bu usul sessiya kompрometatsiyasi holatlarida qo‘shimcha himoya qatlamini yaratadi va ruxsatsiz kirish ehtimolini keskin kamaytiradi.

Umuman olganda, web-xavfsizlikni ta’minlashda formal modellar va matematik baholash usullaridan foydalanish amaliy jihatdan samarali hisoblanadi. Bu nafaqat mavjud zaifliklarni aniqlash, balki resurslarni optimal taqsimlash va xavfsizlik strategiyasini ilmiy asosda shakllantirish imkonini beradi.

Adabiyotlar

[1]. Turakulovich, X. Z., & Qizi, Q. T. X. Q. (2025). Video kuzatuv tizimlarida qo ‘llaniladigan xavfsiz aloqa protokollari. Al-Farg’oniy avlodlari, 1(4), 170-179.

[2]. Xasanboyev, M. (2025). Web dasturlash va zamonaviy web texnologiyalar: axborot xavfsizligi jihatlari. Tanqidiy nazar, tahliliy tafakkur va innovatsion g ‘oyalar, 2(2), 294-298.

[3]. Akmalovich, S. U. B. (2025). Web ilovalarda uchraydigan zaifliklar va ularning tahlili. Новости образования: исследование в XXI веке, 3(33), 419-422.

[4]. Усков, И. Д., & Сандаков, В. Д. (2026). Безопасность веб-приложений: XSS, CSRF и современные методы защиты. Вестник науки, 2(3 (96)), 366-371.

[5]. Дрянкова, Д. А., Халевин, Т. А., & Козлитин, Р. А. (2025). Система аутентификации в FastAPI: JWT токены и OAuth2. Вестник науки, 1(12 (93)), 1264-1270..

[6]. Мешкова, А. А., & Кругликов, Д. В. (2023). Методы аутентификации в современных web-приложениях. In Студент года 2023 (pp. 372-379)..

[7]. Колесников, А. О. (2021, March). Идентификация пользователей клиент-серверных приложений с помощью JWT-токена. In Сборник статей XXXVI международной научно-практической конференции (pp. 42-43).

[8]. Rujichaikul, P., & Rassameeroj, I. (2025). Token-Based Authentication Monitoring System. Journal of Cyber Security and Mobility, 14(4), 777-798.

[9]. Alotaibi, B. (2025). Cybersecurity attacks and detection methods in web 3.0 technology: A review. Sensors, 25(2), 342.

[10]. Pratama, F. A., Hermanto, A., & Kusnanto, G. (2026). Security Assessment of JWKS-Based Authentication: Mitigating JWT Attack Vectors Through Penetration Testing. Jurnal Teknik Informatika (Jutif), 7(2), 1834-1852..

[11]. Muliawan, I. A., & Supatmi, S. (2025, December). Security Optimization of JSON Web Token (JWT) Authentication in Laravel Framework Against Cross Site Scripting (XSS) Threats. In Proceeding of International Conference on Informatics, Engineering, Science & Technology (Vol. 1, pp. 75-85).

[12]. Nishat, A., & Muzaffar, J. (2024). Securing Web Applications with OAuth 2.0, JWT, and Multi-Factor Authentication. Euro Vantage journals of Artificial intelligence, 1(2), 36-43.

[13]. Umarov, S., Abdurakhmonova, M., Karimov, U., Nurmatova, I., Karimova, G., & Multazam, M. T. (2026, March). Neural network systems for cyber attack detection. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3374, No. 1, p. 040046). AIP Publishing LLC.

[14]. Singh, G., Shukhratjon, U., Kavuljonovna, K. S., Abdullayev, I. N., Shokhrukh, N., Dongre, S., & Arulprakash, E. (2025). Machine Learning-Assisted Automated VLSI Design for Bioinformatics Hardware Accelerators with Embedded Cryptographic Security. Journal of VLSI Circuits and Systems, 7(2), 30-36.

[15]. Umarov, S. A., & Umarova, M. I. (2025). The need and importance of using antiviral defense systems based on artificial immune systems. Miasto Przyszłości, 61, 543-548.

УДК 519.642

INTERPOLYATSION KO‘PHADLARNING POCHTA ALOQASI SOHASI MASALALARIDA QO‘LLANILISHI

B.I. Bozarov[1*], Z. Nabiyeva[2]

[1]Farg‘ona davlat texnika universiteti
[2]Farg‘ona davlat texnika universiteti, 670-24-guruh talabasi
**Mas’ul muallif, e-mail: b.bozarov@mail.ru*
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada interpolyatsion ko‘phadlarning ikkita asosiy usuli — Neville rekurrent algoritmi va Nyuton bo‘lingan ayirmalar usuli — nazariy asoslari bilan birga taqdim etiladi. Usullarning matematik mohiyatii ochib beriladi, ularning afzalliklari va cheklovlari taqqoslanadi. Pochta aloqasi sohasidan olingan beshta amaliy masala (kunlik jo‘natmalar prognozi, yetkazib berish vaqtini baholash, internet trafik hajmini aniqlash, SMS oqimini tiklash va daromadni bashorat qilish) yechiladi. Natijalar jadval va formulalar orqali tasvirlanadi.*

Kalit so‘zlar: *interpolyatsion ko‘phad, Neville usuli, Nyuton bo‘lingan ayirmalar usuli, rekurrent algoritm, bashoratlash, pochta aloqasi, telekommunikatsiya.*

Аннотация. *В данной статье представлены два основных метода интерполяционных многочленов — рекуррентный алгоритм Невилла и метод Ньютона разделённых разностей — вместе с их теоретическими основами. Раскрывается математическая сущность методов, сравниваются их преимущества и ограничения. Решены пять практических задач из области почтовой связи (прогнозирование ежедневных отправлений, оценка времени доставки, определение объёма интернет-трафика, восстановление потока SMS и прогнозирование доходов). Результаты представлены с помощью таблиц и формул.*

Ключевые слова: *интерполяционный многочлен, метод Невилла, метод Ньютона разделённых разностей, рекуррентный алгоритм, прогнозирование, почтовая связь, телекоммуникации.*

Abstract. *This article presents two main methods of interpolation polynomials — Neville’s recursive algorithm and Newton’s divided differences method — together with their theoretical foundations. The mathematical essence of these methods is explained, and their advantages and limitations are compared. Five practical problems from the field of postal communication are solved, including forecasting daily shipments, estimating delivery time, determining internet traffic volume, reconstructing SMS flow, and predicting revenue. The results are illustrated through tables and formulas.*

Keywords: *interpolation polynomial, Neville method, Newton’s divided differences method, recursive algorithm, forecasting, postal communication, telecommunications.*

1. Kirish. Zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari va pochta-logistika tizimlarida katta hajmdagi ma'lumotlar bilan ishlash zaruriyati kundan-kunga ortib bormoqda. Amaliy vaziyatlarda ko‘pincha raqamli ma’lumotlar beriladi, bu olingan sonli natijalardan foydalangan holda boshqa nuqtalardagi qiymatlarni aniqlash talab etiladi. Bunday masalalarni yechishda matematik interpolatsiya usullari foydalanish samarali yechim taqdim etadi.

Interpolatsiya — berilgan nuqtalar orqali o‘tuvchi matematik funksiyani (odatda ko‘phad shaklida) qurib, undan yangi nuqtalardagi qiymatlarni hisoblash jarayonidir. Ko‘phadlar eng qulay interpolatsiya vositalari hisoblanadi, chunki ular ixtiyoriy tartib bilan differensiyalanishi va hisoblash uchun qulay bo‘lishi xususiyatlariga ega ekanligi bilan ajralib turadi [1,2].

Ushbu ishda ikki keng tarqalgan interpolatsion ko‘phad usuli — Neville rekurrent algoritmi va Nyuton bo‘lingan ayirmalar usuli — ko‘rib chiqiladi hamda pochta aloqasi sohasidagi muammolarga tatbiq etiladi.

2. Interpoliyatsion ko‘phadlarning ba’zi turlari. Bizga ma’lumki interpoliyatsion ko‘phadlar qurishning turli usullari mavjud bo‘lib, ulardan Lagranj usuli, Nyuton bo‘lingan ayirmalar usuli, Neville usuli, Hermit usuli va splaynlar. Biz faqat Nevilli usuli va Nyutonning bo‘lingan ayirmalar usullari bilan tanishib o‘tamiz [1,2].

2.1. Neville usuli va asosiy rekurrent formula.

Neville usuli — berilgan nuqtalar to‘plami (x_i, y_i) orqali o‘tuvchi interpolatsion ko‘phadning

qiymatini hisoblashning rekurrent algoritmi. Bu usulning asosiy xususiyati shundaki, ko‘phadning aniq koeffitsiyentlarini topmasdan, to‘g'ridan-to‘g'ri ma'lum bir x nuqtada P(x) qiymatni hisoblaydi [2].

Berilgan n ta tugun nuqtada Neville formulasi quyidagicha:

$P(x) = [(x - x_j)\cdot P_{0,\dots,j-1,j+1,\dots,k}(x) - (x - x_i)\cdot P_{0,\dots,i-1,i+1,\dots,k}(x)] / (x_i - x_j)$

Bu yerda $P_{0,\dots,i-1,i+1,\dots,k}(x)$ — i-chi tugundan tashqari barcha tugun nuqtalar orqali o‘tuvchi ko‘phad qiymatidir. Belgilashlarni soddalashtirish maqsadida $Q_{i,j}$ kabi belgilanadi:

$Q_{i,j} = [(x - x_{i-j})\cdot Q_{i,j-1} - (x - x_i)\cdot Q_{i-1,j-1}] / (x_i - x_{i-j})$

Neville jadvali

Natijalar quyidagi uchburchak jadval ko‘rinishida olinadi:

x_i	$Q_{i,0}$	$Q_{i,1}$	$Q_{i,2}$	$Q_{i,3}$
x_0	$f(x_0)$			
x_1	$f(x_1)$	$Q_{1,1}$		
x_2	$f(x_2)$	$Q_{2,1}$	$Q_{2,2}$	
x_3	$f(x_3)$	$Q_{3,1}$	$Q_{3,2}$	$Q_{3,3}$

1-jadval. Neville usulining uchburchak jadvali (diagonal qiymatlari — interpolatsiya natijalari).

Usulning asosiy afzalligi: yangi tugun nuqtalari qo‘shilganda hisoblashni qayta boshlamasdan, jadval pastga kengaytirish mumkin [1-5].

2.2. Nyuton bo‘lingan ayirmalar usuli. Nyuton interpolatsion ko‘phadi (x_0, x_1, …, x_n) tugun nuqtalarida $f(x_0)$, $f(x_1)$, …, $f(x_n)$ qiymatlari berilganda quyidagi shaklda quriladi [2, 3]:

$P_n(x) = a_0 + a_1(x-x_0) + a_2(x-x_0)(x-x_1) + \cdots + a_n(x-x_0)(x-x_1)\cdots(x-x_{n-1})$

Koeffitsiyentlar bo‘lingan ayirmalar orqali aniqlanadi. Nolinchi tartibli bo‘lingan ayirma:

$f[x_i] = f(x_i)$

Birinchi tartibli bo‘lingan ayirma:

$f[x_i, x_{i+1}] = (f[x_{i+1}] - f[x_i]) / (x_{i+1} - x_i)$

Ikkinchi tartibli bo‘lingan ayirma:

$f[x_i, x_{i+1}, x_{i+2}] = (f[x_{i+1}, x_{i+2}] - f[x_i, x_{i+1}]) / (x_{i+2} - x_i)$

Umumiy k-tartibli bo‘lingan ayirma formulasi:

$f[x_i, \dots, x_{i+k}] = (f[x_{i+1}, \dots, x_{i+k}] - f[x_i, \dots, x_{i+k-1}]) / (x_{i+k} - x_i)$

Ko‘phad koeffitsiyentlari: $a_0 = f[x_0]$, $a_1 = f[x_0,x_1]$, $a_2 = f[x_0,x_1,x_2]$, …, $a_n = f[x_0,x_1,\dots,x_n]$. ([1-5])

Bo‘lingan ayirmalar jadvali

Koeffitsiyentlar quyidagi jadval yordamida hisoblanadi:

i	x_i	$f[x_i]$	**1-tartibli**	**2-tartibli**	**3-tartibli**
0	x_0	$f[x_0] = a_0$			
1	x_1	$f[x_1]$	$f[x_0,x_1] = a_1$		
2	x_2	$f[x_2]$	$f[x_1,x_2]$	$f[x_0,x_1,x_2]=a_2$	
3	x_3	$f[x_3]$	$f[x_2,x_3]$	$f[x_1,x_2,x_3]$	$f[x_0,\dots,x_3]=a_3$

2-jadval. Bo‘lingan ayirmalar jadvali.

3. Pochta aloqasidaga ba’zi amaliy masalalarga tatbiqi. Quyida beshta amaliy masala ko‘rib chiqiladi. Har bir masalada ma'lumotlar jadval ko‘rinishida beriladi va interpolatsion ko‘phad orqali noma'lum qiymatlarni aniqlashni ko‘rib chiqamiz.

a) Xat jo‘natmalar sonini aniqlash

Bir pochta bo‘limida hafta davomida qayd etilgan xatlar soni:

Ko‘rsatkich	Dush	Sesh	Pay	Juma
Kun (x)	1	2	4	5
Xatlar soni (y)	120	150	210	260

3-jadval. Kunlik xat jo‘natmalar soni

Masala: x = 3 (chorshanba) kundagi qiymatni toping. Bo‘lingan ayirmalar hisoblanadi:
$f[x_0,x_1] = (150-120)/(2-1) = 30;\quad f[x_1,x_2] = (210-150)/(4-2) = 30;\quad f[x_2,x_3] = (260-210)/(5-4) = 50,\ f[x_0,x_1,x_2] = (30-30)/(4-1) = 0;\quad f[x_1,x_2,x_3] = (50-30)/(5-2) \approx 6.67,\ P(3) = 120 + 30\cdot(3-1) + 0\cdot(3-1)(3-2) + 2.22\cdot(3-1)(3-2)(3-4) \approx 175$ *xat*
Natija: Chorshanba kuni taxminan 175 ta xat jo‘natiladi. Bu amalda kadrlar va transport rejalashtirish uchun ishlatiladi.

b) Posilkalarni yetkazib berish vaqtini bashoratlash

Pochta logistikasida masofa va yetkazib berish vaqti orasidagi bog'liqlik:

Masofa (km)	50	100	200	300
Vaqt (soat)	2	3	5	8

4-jadval. Masofa va yetkazib berish vaqti

Masala: 150 km uchun yetkazib berish vaqtini aniqlang.
$f[50,100] = (3-2)/50 = 0.02;\quad f[100,200] = (5-3)/100 = 0.02;\quad f[200,300] = (8-5)/100 = 0.03,\ f[50,100,200] = (0.02-0.02)/150 = 0;\quad f[100,200,300] = 0.00005,\ P(150) = 2 + 0.02\cdot(150-50) + 0\cdot(150-50)(150-100) \approx 4.0$ *soat*
Natija: 150 km masofaga posilka yetkazib berish taxminan 4 soat talab etadi.

c) Internet trafik hajmini aniqlash

Provayder tarmog'ida turli soatlardagi internet trafik hajmi (GB):

Vaqt (soat)	0	6	12	18
Trafik (GB)	40	75	150	110

5-jadval. Soatlik internet trafik hajmi

Masala: soat 9:00 dagi trafik hajmini Nyuton usuli orqali toping.
$f[0,6] = (75-40)/6 \approx 5.833;\quad f[6,12] = (150-75)/6 = 12.5;$
$f[12,18] = (110-150)/6 \approx -6.667,\ f[0,6,12] = (12.5-5.833)/12 \approx 0.556;\quad f[6,12,18] = (-6.667-12.5)/12 \approx -1.597,\ P(9) = 40 + 5.833\cdot9 + 0.556\cdot9\cdot3 \approx 40 + 52.5 + 15.0 \approx 107.5$ *GB*
Natija: soat 9:00 da tarmoq trafigi taxminan 107–108 GB ni tashkil etadi. Bu server yuklamasini boshqarish va o‘tkazuvchanlikni rejalashtirish uchun muhim ma'lumot.

d) SMS xabarlar oqimini tiklash

Ma'lumotlar bazasidagi nosozlik sababli ayrim kunlardagi SMS soni yo‘qolgan. 3-kundagi ma’lumotlar sonini tiklansin.

Kun	1	2	4	5
SMS soni	500	700	1300	1700

6-jadval. Kunlik SMS soni (3-kun yo‘qolgan)

$P(3) = 500 + 200\cdot(3-1) + 0\cdot(3-1)(3-2) \approx 1000$ *SMS*
Natija: 3-kun uchun yo‘qolgan qiymat taxminan 1000 SMS ekanligi aniqlanadi. Bu ma'lumotlar bazasini to‘ldirish va tarmoq hisobotlarini tuzishda qo‘llaniladi.

e) Aloqa markazi qo‘ng'iroqlari oqimi

Call-center ga kelgan qo‘ng'iroqlar soni quyidagi jadvalda berilgan. Soat 11:00 dagi qo‘ng‘iroqlar sonini aniqlang.

Soat	**8:00**	**10:00**	**12:00**	**14:00**
Qo‘ng'iroqlar soni	80	120	170	250

7-jadval. Soatlik qo‘ng'iroqlar soni

Masala: soat 11:00 dagi qo‘ng'iroqlar sonini toping.

$P(11) \approx 80 + 20\cdot(11-8) + (-2.5)\cdot(11-8)(11-10) \approx 80 + 60 - 7.5 \approx 142$ *qo‘ng'iroq*

Natija: soat 11:00 da taxminan 142 qo‘ng'iroq kutiladi. Bu operatorlar sonini optimal taqsimlashda yordam beradi.

4. Usullarni taqqoslash va muhokama. Ikkala usulning asosiy xususiyatlarini quyidagi jadvalda taqqoslash mumkin:

Mezon	**Neville usuli**	**Nyuton usuli**
Asosiy maqsad	Bitta x da P(x) hisoblash	Ko‘phad formulasini qurlash
Algoritmik tuzilma	Rekurrent (qayta-qayta)	Jadval (bo‘lingan ayirmalar)
Yangi nuqta qo‘shilganda	Qulay — jadval kengayadi	Jadval qayta hisoblanadi
Hisoblash aniqligi	$O(h^2)$	$O(h^2)$
Koeffitsiyentlar	Aniqlanmaydi	Aniq aniqlanadi
Qo‘llanish sohasi	Tezkor yakka hisob	Ko‘phad kerak bo‘lganda
Xato nazorati	Diagonal farqi orqali	Keyingi had orqali

8-jadval. Neville va Nyuton usullarini taqqoslash

Neville usuli ayniqsa yangi tugunlar doimiy ravishda qo‘shilayotgan real-vaqt tizimlarida — masalan, onlayn monitoring yoki kuzatuv tizimlarida — afzalroq. Nyuton usuli esa bir marta qurilgan ko‘phad formulasidan ko‘p marta foydalanish zarur bo‘lgan hollarda (masalan, davriy hisobot tizimlarida) samaraliroq.

4. Xulosa. Ushbu maqolada interpolyatsion ko‘phadlarning Neville va Nyuton usullari nazariy asoslari bayon etildi va pochta aloqasi sohasidagi beshta amaliy masalaga tatbiq etildi. Tadqiqot natijalari quyidagi xulosalarga olib keldi:

– Neville rekurrent algoritmi yangi ma'lumotlar qo‘shilganda moslashuvchan va tezkor hisoblash imkonini beradi; yangi nuqtalar kiritilganda avvalgi natijalar saqlanadi.

– Nyuton bo‘lingan ayirmalar usuli ko‘phadning aniq matematik formulasini beradi va bu formuladan bir necha marta foydalanish zarur bo‘lgan hollarda iqtisodiy jihatdan samaraliroq.

– Pochta aloqasi sohasida: jo‘natmalar soni, yetkazib berish vaqti, internet trafiki, SMS oqimi va qo‘ng'iroqlar soni kabi masalalar interpolatsiya usullari orqali muvaffaqiyatli yechildi.

– Ikkala usul ham $O(h^2)$ hisoblash aniqligiga ega; kichik va o‘rta hajmdagi ma'lumotlar uchun amaliy qo‘llanilishi maqsadga muvofiq.

Kelajakda bu usullarni sun'iy intellekt va mashinali o‘qitish yondashuvlari bilan birlashtirish orqali telekommunikatsiya va pochta tarmoqlarida yanada aniq prognozlash tizimlarini ishlab chiqish imkoniyati mavjud.

Список литературы

[1]. Burden R.L., Faires J.D. Numerical Analysis. — 10th ed. — Cengage Learning, 2016. — 895 b.
[2]. Kress R. Numerical Analysis. Graduate Texts in Mathematics. — Springer, 1998. — 326 b.
[3]. Chapra S.C., Canale R.P. Numerical Methods for Engineers. — 7th ed. — McGraw-Hill, 2015. — 970 b.
[4]. Atkinson K.E. An Introduction to Numerical Analysis. — 2nd ed. — John Wiley & Sons, 1989. — 693 b.
[5]. Stoer J., Bulirsch R. Introduction to Numerical Analysis. — 3rd ed. — Springer, 2002. — 744 b.

SUGLINOKNI BARABANLI APPARATDA QURITISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH

A.A. Axunbayev, A.S. Isomidinov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
webmail: adil.axunboyev@fstu.uz; azizjon.isomidinov@fstu.uz
(Qabul qilindi 18.03.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada sement ishlab chiqarishda xom ashyo sifatida qo‘llaniladigan suglinokni barabanli quritgichda quritish jarayonini takomillashtirish masalasi ko‘rib chiqilgan. Sanoat tahlillari shuni ko‘rsatadiki, suglinokni quritishdan keyingi namlik texnologik reglament talabidan yuqori bo‘lib, bu xom ashyoni saqlash, gomogenizatsiyalash va keyingi termik ishlov berish jarayonlarida muammolar keltirib chiqaradi. Muammoni hal qilish uchun materialni ko‘tarish, baraban kesimi bo‘yicha qayta taqsimlash va issiq gaz oqimiga mayda oqimlar shaklida sochib berish vazifalarini bajaruvchi uch qismli takomillashgan nasadka taklif etildi. Tadqiqot ikki bosqichda olib borildi. Birinchi bosqichda quritish agenti harorati va nasadkalar sonining suglinok yakuniy namligiga ta’siri baholandi. Ikkinchi bosqichda esa quritish samaradorligi, aerodinamik qarshilik va umumiy issiqlik sarfi o‘rtasidagi kompleks bog‘liqlik tahlil qilindi. Natijalarga ko‘ra, 36 dona nasadka eng chuqur quritishni ta’minlaydi, biroq aerodinamik qarshilik va issiqlik sarfi yuqoriroq bo‘ladi. 30 dona nasadka esa quritish samaradorligi va energetik-aerodinamik cheklovlar o‘rtasida nisbatan maqbul muvozanatni ta’minlaydi.*

Kalit so‘zlar: *suglinok, barabanli quritgich, uch qismli nasadka, yakuniy namlik, aerodinamik qarshilik, issiqlik sarfi, quritish samaradorligi.*

Kirish:

Quruq usulda sement ishlab chiqarishda xom ashyoning namlik darajasi texnologik jarayonning barqarorligi va tayyor mahsulot sifatiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Ayniqsa suglinok xom ashyosi namlikka nisbatan sezgir bo‘lib, uning yetarli darajada quritilmasligi maydalash, aralashtirish, siloslarda saqlash va pech agregatida pishirish jarayonlarida qo‘shimcha muammolarni keltirib chiqaradi [1-2].

Ishlab chiqarish tahlillariga ko‘ra, “TURON ECO CEMENT GROUP” MCHJ sharoitida mergel, mel, ohaktosh va ko‘mirni quritish jarayonlari talabga javob bersada, suglinokni quritishdan keyingi namlik texnologik reglament talabidan yuqori bo‘lib qolmoqda. Tahlil natijalariga ko‘ra tegirmonda tuyilgan xom ashyo namligi 14,52–18,4 % oralig‘ida bo‘lib, texnologik reglament bo‘yicha uni 2,3–5 % gacha quritish talab etiladi [3].

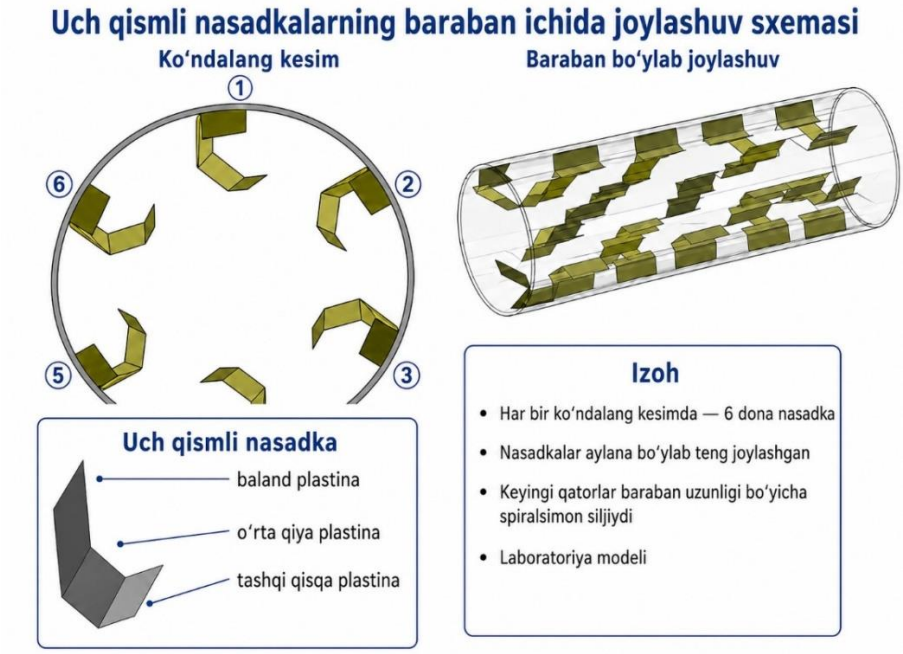
Bunday sharoitda muammoni faqat quritish agenti haroratini oshirish orqali hal qilish har doim ham maqsadga muvofiq emas. Harorat oshishi energiya sarfini ko‘paytiradi, gaz tezligini oshirish esa aerodinamik qarshilikni keskin orttiradi. Bundan tashqari materialning fizik-kimyoviy xossasiga sezilarli ta’sir o‘tkazib, keyingi jarayonda mahsulot sifatiga salbiy ta’sir o‘tkazadi. Shuning uchun jarayonni konstruktiv yo‘l bilan intensivlashtirish, ya’ni materialni baraban ichida bir tekis tarqatuvchi va issiq gaz bilan kontakt yuzasini kengaytiruvchi nasadka konstruksiyasini qo‘llash muhim hisoblanadi [4-7].

Sanoatda qo‘llanilayotgan mavjud barabanli quritgichlarda suglinokning to‘liq va bir tekis qurimasligi asosan materialning baraban kesimi bo‘yicha yetarli tarqalmasligi bilan bog‘liq. Agar material issiq gaz oqimiga zich qatlam holatida tushsa, uning faqat tashqi yuzasi faol quriydi, ichki qismida esa namlik saqlanib qoladi. Bu holat quritish jarayonining uzayishiga, energiya sarfining ortishiga va yakuniy mahsulot namligining reglament talabiga tushmasligiga olib keladi [8-9].

Shuning uchun suglinokni quritishda asosiy vazifa materialni baraban ichida mayda oqimlar yoki material pardasi ko‘rinishida issiq gaz oqimiga tarqatishdan iborat. Bu jarayonni ta’minlashda baraban ichidagi nasadkalarning konstruksiyasi va joylashuvi hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Yuqoridagilardan kelib chiqib MatLab dasturiy ta’minotida baholash mezoni vizualizatsiyasi o‘tkazildi. Baholash mezoni vizualizatsiyasini o‘tkazishda mavjud qo‘llanilayotgan nasadka konstruksiyasi hamda bugungi kunda istiqbolli sanalayotgan nasadka konstruksiyalari o‘rganildi. Sistemali baholash ikki bosqichda olib borildi va yakunda uch qismli nasadka

konstruksiyasi tavsiya etildi hamda uning sxemasi ishlab chiqildi. 1-rasmda nasadka va uning baraban ichida joylashuv sxemasi keltirilgan.



1-rasm. Taklif etilayotgan nasadka va uning baraban ichida joylashuv sxemasi.

Suglinok xom ashyosini quritish jarayoni taklif etilayotgan uch qismli takomillashgan nasadkalar bilan jihozlangan barabanli quritgichdan foydalanishga asoslanadi va qurilmaning labooratoriya modeli hamda laboratoriya modeliga mos ravishda uch qismli nasadka ishlab chiqildi. 2-rasmda qurilmaning laboratoriya modeli tasvirlangan.

2-rasm. Takomillashgan uch qismli nasadka o‘rnatilgan barabanli quritgich laboratoriya modeli.

Barabanli quritgich yuklash bunkeri, issiq gaz kirish kamerasi, aylanuvchi baraban, beshta texnologik zona, tushirish qismi va baraban ichida joylashgan uch qismli nasadkalar bilan jihozlangan. Birinchi va ikkinchi zonalarda nasadkalar shaxmat tartibida joylashtirilib, nam materialni dastlabki ko‘tarish va baraban kesimi bo‘yicha tarqatishga xizmat qiladi. Uchinchi, to‘rtinchi va beshinchi zonalarda nasadkalar spiral tartibda joylashtirilib, materialning baraban bo‘ylab uzluksiz harakatlanishi va issiq gaz bilan takroriy kontaktga kirishini ta’minlaydi.

2-rasm. Takomillashgan uch qismli nasadka o‘rnatilgan barabanli quritgich laboratoriya modeli.

Uch qismli nasadka oddiy G-simon nasadkaga nisbatan material harakatini bosqichma-bosqich tashkil etadi. Uning birinchi qismi suglinokni baraban devori bo‘ylab ko‘taradi, ikkinchi qismi materialni baraban kesimi bo‘yicha qayta taqsimlaydi, uchinchi qismi esa uni issiq gaz oqimiga mayda oqimlar shaklida sochib beradi. Natijada material bilan quritish agenti o‘rtasidagi kontakt yuzasi ortadi, issiqlik-massa almashinuvi jadallashadi va namlikning bug‘lanishi tezlashadi.

Tadqiqot metodikasi:

Suglinokni quritish jarayoni bo‘yicha tadqiqotlar 2-rasmda keltirilgan uch qismli takomillashgan nasadkalar bilan jihozlangan barabanli quritgichning laboratoriya modelida o‘tkazildi. Laboratoriya qurilmasi yuklash bunkeri, aylanuvchi baraban, issiq gaz kiritish qismi, ventilator, elektr yuritma, tayanch rama va quritilgan materialni tushirish qismidan tashkil topgan. Baraban ichiga materialni ko‘tarish, qayta taqsimlash va issiq gaz oqimiga mayda qatlam holida sochish vazifasini bajaruvchi uch qismli nasadkalar o‘rnatildi. Ushbu konstruktiv yechim suglinok

zarrachalarining baraban kesimi bo‘yicha bir tekis tarqalishiga, issiq gaz bilan kontakt yuzasining ortishiga va namlikning jadal bug‘lanishiga xizmat qiladi.

Tajriba ishlarida quritgichning asosiy geometrik parametrlari doimiy qabul qilindi. Unga ko‘ra baraban diametri D=0,3 m, baraban uzunligi L=2 m, aylanishlar soni n=15 ayl/min, konstruktiv koeffitsiyent α=0,23, suglinokning dastlabki namligi W_0=18% deb belgilandi. Ushbu parametrlar asosida quritish jarayonida nasadkalar soni, quritish agenti harorati, gaz tezligi va ish unumdorligining yakuniy namlik hamda energetik-aerodinamik ko‘rsatkichlarga ta’siri tadqiq etildi.

Quritish jarayonida suglinok namligini aniqlash gravimetrik usulda amalga oshirildi. Nam materialdan namuna olinib, laboratoriya tarozisida tortiladi, so‘ng quritish shkafiga joylashtirilib, doimiy massagacha quritiladi. Tabiiy va faktik namlikni aniqlashda glinist xom ashyo uchun qo‘llaniladigan sinov usullariga muvofiq namunalar 40–50 g dan olindi. Quritish GOST 21216–2014 talablari asosida 105ºC ±5 haroratda doimiy massagacha ushlab turildi.

Namunalar massasini o‘lchash uchun VLTE-500 tipidagi tarozi qo‘llanildi. O‘lchash GOST 24104 talablari asosida bajarildi. Namlikni aniqlashda ShS tipidagi laboratoriya quritish shkafi ishlatilidi. Namunalarni sovitish va qayta tortishdan oldin ular eksikatorda saqlandi. Bu usul suglinok tarkibidagi boshlang‘ich va yakuniy namlikni aniqlashda takrorlanuvchan natija olish imkonini berdi.

Quritish agenti haroratini nazorat qilish uchun termopara va raqamli termometrdan foydalanildi. Issiq gazning kirish va chiqish qismidagi haroratlar alohida nuqtalarda o‘lchandi. Haroratni o‘lchashda TM-902S turidagi raqamli termometrlardan foydalanildi. Ishchi zona havosi parametrlarini nazorat qilishda GOST 12.1.005–88 talablari asos qilib olindi.

Gaz tezligi ventilyatordan keyingi gaz yo‘lida anemometr yordamida aniqlandi. Bunda Testo 410-1 tipidagi o‘lchov anemometri qo‘llanildi. Ventelyator elektromotoriga chastota o‘zgartirish qurilmasi qo‘yilib gaz tezligi 5, 10, 15 va 20 m/s qiymatlarda o‘zgartirilib, har bir rejimda quritish jarayonidagi yakuniy namlik, bug‘langan namlik miqdori va aerodinamik qarshilik tajriba yo‘li bilan aniqlandi.

Aerodinamik qarshilik quritgichning kirish va chiqish qismlari orasidagi bosimlar farqi asosida aniqlandi. Buning uchun Testo 510 tipidagi differensial manometrlar qo‘llanildi. Gaz sarfi va bosimlar farqini aniqlashda GOST 8.586.5–2005 talablari asos qilib olindi.

Barabanning aylanishlar soni taxometr yordamida nazorat qilindi. Aylanishlar soni n=15 ayl/min qiymatda doimiy ushlab turildi. Har bir tajriba rejimida material yuklangandan so‘ng quritish jarayoni belgilangan vaqt davomida olib borildi hamda namuna olinib, yakuniy namlik aniqlandi.

Tajribada suglinokning dastlabki va yakuniy namligi, bug‘langan namlik miqdori, aerodinamik qarshilik, materialning chiqish harorati, materialni qizdirishga sarflangan issiqlik va umumiy issiqlik sarfi aniqlandi. Umumiy issiqlik sarfi q_{um} namlikni bug‘lantirish uchun zarur asosiy issiqlik va materialni qizdirishga sarflangan issiqlik yig‘indisi sifatida baholandi. Bug‘langan namlik miqdori esa material sarfi va namlikning boshlang‘ich hamda yakuniy qiymatlari asosida hisoblandi.

Tadqiqot o‘tkazish diapazoni quyidagicha ish unumdorligi 0,073÷0,083 kg/s, quritish agenti harorati 100 ÷140ºC, gaz tezligi 5÷20 m/s, uch qismli nasadkalar soni 24; 30 va 36 dona, baraban diametri 0,3 m, baraban uzunligi 2 m va aylanishlar soni 15 ayl/min. Ushbu diapazonlar suglinokni laboratoriya sharoitida quritish jarayonida harorat, gaz tezligi, nasadkalar soni va ish unumdorligining ta’sirini kompleks baholash imkonini berdi.

Tadqiqotlar ikki bosqichda tashkil etildi. Birinchi bosqichda quritish agenti harorati va uch qismli nasadkalar sonining suglinok yakuniy namligiga ta’siri aniqlandi. Ikkinchi bosqichda esa yakuniy namlik, bug‘langan namlik miqdori, aerodinamik qarshilik va umumiy issiqlik sarfining o‘zaro bog‘liqligi asosida quritish jarayonining texnologik, aerodinamik va energetik samaradorligi kompleks baholandi.

Tadqiqotning birinchi bosqichida faqat quritish jarayonining asosiy texnologik natijasi — yakuniy namlik W_2 baholandi. Bu bosqichda ikki asosiy omil tanlandi: quritish agenti harorati T va

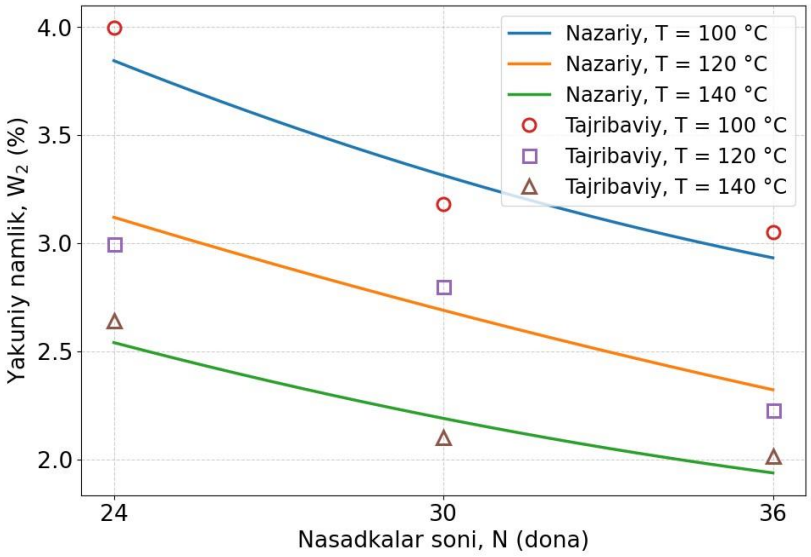
nasadkalar soni *N*. Tahlil uchun ish unumdorligi *G*=0,073 kg/s va gaz tezligi *v*=20 m/s qabul qilindi. Bu rejim nasadkalar soni va harorat ta’sirini yaqqol ko‘rsatish imkonini beradi.

Tadqiqotning ikkinchi bosqichida jarayon kompleks baholandi. Bu yerda faqat namlik emas, balki aerodinamik qarshilik ΔP, bug‘langan namlik miqdori G_{bug} va umumiy issiqlik sarfi q_{um} ham tahlil qilindi. Shu orqali quritish samaradorligi va energiya-aerodinamik cheklovlar o‘rtasidagi muvozanat aniqlandi.

Natijalar va muhokama:

Birinchi bosqichda suglinokni quritish jarayonida harorat va nasadkalar sonining yakuniy namlikka ta’siri o‘rganildi. Bu bosqichning maqsadi uch qismli nasadkalar soni oshganda materialning issiq gaz oqimiga tarqalishi yaxshilanishini va natijada yakuniy namlik kamayishini aniqlashdan iborat.

3-rasmdagi grafik bog‘liqlikdan ko‘rinadiki *G*=0,073 kg/s va *v*=20 m/s sharoitida 100, 120 va 140 °C haroratlar uchun yakuniy namlikning 24, 30 va 36 dona nasadkalarda o‘zgarishi beriladi. Grafikni 2D polinomial chiziqlar ko‘rinishida qurish maqsadga muvofiq. Har bir chiziq alohida haroratni ifodalaydi, hisobiy nuqtalar esa jadval ma’lumotlariga mos keladi.



3-rasm. Quritish agenti harorati va uch qismli nasadkalar sonining suglinok yakuniy namligiga ta’siri.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, nasadkalar soni oshishi bilan yakuniy namlik barcha haroratlarda kamaygan. Masalan, *T*=100ºC, *G*=0,073 kg/s va *v*=20 m/s sharoitida 24 dona nasadkada W_2=3,8439 %, 30 donada W_2=3,3137 %, 36 donada esa W_2=2,9325 % bo‘lgan. Demak, nasadkalar sonini 24 tadan 36 tagacha oshirish yakuniy namlikni 0,9114 foiz bandga kamaytirgan.

Harorat oshishi ham quritish jarayonini sezilarli kuchaytirgan. 36 dona nasadkada harorat 100 °C bo‘lganda W_2=2,9325 %, 120 °C da W_2=2,3225 %, 140 °C da esa W_2=1,9383 % gacha kamaygan. Bu natija uch qismli nasadka va yuqori harorat birgalikda materialdan namlik ajralishini kuchaytirishini ko‘rsatadi.

Birinchi bosqich natijalari asosida shunday xulosa qilish mumkinki 24 dona nasadkada materialning gaz oqimi bilan kontakti cheklanganroq bo‘ladi, 36 dona nasadkada esa material mayda oqimlar ko‘rinishida yaxshiroq tarqaladi. Biroq bu bosqich faqat namlik bo‘yicha baho beradi. Shuning uchun ikkinchi bosqichda aerodinamik va energetik omillar ham hisobga olindi.

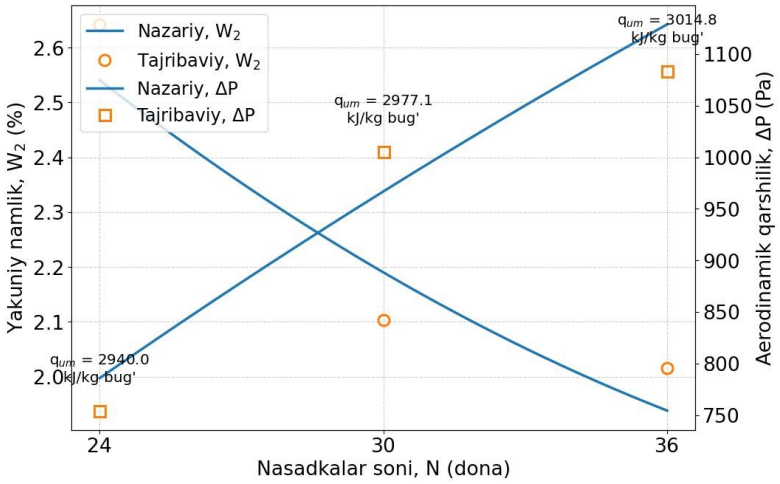
Ikkinchi bosqichda suglinokni quritish jarayoni kompleks baholandi. Bu bosqichda *T*=140 ºC, *v*=20 m/s va *G*=0,073 kg/s rejim asosiy taqqoslash nuqtasi sifatida qabul qilindi. Ushbu rejimda 24, 30 va 36 dona nasadkalar uchun yakuniy namlik, aerodinamik qarshilik va umumiy issiqlik sarfi birgalikda tahlil qilindi.

4-rasmda uch qismli takomillashgan nasadkalar bilan jihozlangan barabanli quritgichda suglinokni quritish jarayonida nasadkalar sonining asosiy texnologik va energetik ko‘rsatkichlarga ta’siri qiyosiy diagramma ko‘rinishida keltirilgan. Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, nasadkalar sonining ortishi materialning baraban ichida ko‘tarilishi, qayta taqsimlanishi va issiq gaz oqimi bilan kontakt yuzasining ortishi hisobiga quritish jarayonini jadallashtiradi. Natijada yakuniy namlik pasayadi. Biroq nasadkalar soni ortishi baraban ichidagi gidrodinamik qarshilikni ham kuchaytirib, ventilator yuklamasi va energiya sarfining oshishiga olib keladi. Shu sababli 36 dona nasadka eng yuqori quritish samaradorligini ta’minlasa-da, bu holat yuqoriroq bosim yo‘qotilishi va issiqlik sarfi hisobiga erishiladi. 24 dona nasadkada esa aerodinamik va energetik yuklama nisbatan

past bo‘lsa ham, quritish chuqurligi yetarli darajada yuqori emas.

Ikkinchi bosqichda jarayon yuqoriroq ish unumdorligida ham baholandi. Jumladan, G=0,083 kg/s, T=140 ºC, v=20 m/s va N=36 dona sharoitida yakuniy namlik W_2=1,5697 %, bug‘langan namlik miqdori G_{bug}=0,016992 kg/s, aerodinamik qarshilik ΔP=1197,955 Pa va umumiy issiqlik sarfi q_{um}=2973,214 kJ/kg bug‘ bo‘lgan. Bu holat yuqori ish unumdorligida ham uch qismli nasadkalar quritishning yetarlicha samarali kechishini ta’minlashini ko‘rsatadi, ammo aerodinamik yuklama bunda yanada ortib boradi.

Shunday qilib, 3-rasm natijalariga ko‘ra, 36 dona nasadka maksimal quritish samaradorligini ta’minlaydi, ya’ni eng past yakuniy namlikka erishish imkonini beradi. Biroq sanoat sharoitida uzoq muddatli ishlash, ventilator quvvati, aerodinamik qarshilik va energiya sarfi nuqtai nazaridan 30 dona nasadka ko‘p hollarda nisbatan ratsional va muvozanatli yechim sifatida baholanishi mumkin.



4-rasm. Nasadkalar sonining yakuniy namlik, aerodinamik qarshilik va umumiy issiqlik sarfiga kompleks ta’siri.

Tadqiqotning ikki bosqichli tahlili suglinokni quritishda rejimni maqsadga qarab tanlash kerakligini ko‘rsatdi. Agar asosiy maqsad texnologik reglament bo‘yicha past yakuniy namlikka erishish bo‘lsa, 36 dona uch qismli nasadka, 140 °C harorat va 20 m/s gaz tezligi eng samarali rejim hisoblanadi. Bu rejimda material issiq gaz oqimiga maksimal darajada tarqaladi va namlik ajralishi kuchayadi.

Agar maqsad faqat eng past namlik emas, balki quritish samaradorligi, aerodinamik qarshilik va issiqlik sarfi o‘rtasidagi muvozanat bo‘lsa, 30 dona nasadka asosidagi rejim maqbul hisoblanadi. 30 dona nasadka materialni yetarli darajada ko‘taradi va tarqatadi, lekin gaz oqimiga 36 dona nasadkadagidek katta qarshilik ko‘rsatmaydi.

Shu sababli suglinokni barabanli quritgichda quritish uchun 30–36 dona uch qismli takomillashgan nasadka, 120–140 °C quritish agenti harorati, 15–20 m/s gaz tezligi va 0,073–0,083 kg/s ish unumdorligi samarali ishchi diapazon sifatida tavsiya etiladi.

Xulosa.

Suglinokni barabanli quritgichda uch qismli takomillashgan nasadkalar yordamida quritish jarayoni muammo–yechim yondashuvi asosida tahlil qilindi. Sanoat tahlillari suglinokni quritishdan keyingi namlik texnologik reglament talabidan yuqori bo‘lib qolishi mumkinligini ko‘rsatdi. Bu esa materialni siloslarda saqlash, ta’minlash va keyingi termik ishlov berish jarayonlarida muammolar keltirib chiqaradi.

Taklif etilgan uch qismli nasadka materialni ko‘tarish, qayta taqsimlash va issiq gaz oqimiga mayda oqimlar shaklida sochish vazifalarini bajaradi. Bu konstruktiv yechim material bilan quritish agenti o‘rtasidagi kontakt yuzasini oshiradi va namlikning bug‘lanishini jadallashtiradi.

Birinchi bosqichda harorat va nasadkalar sonining yakuniy namlikka ta’siri baholandi. G=0,073 kg/s va v=20 m/s sharoitida T=100 ºC da nasadkalar soni 24 tadan 36 taga oshirilganda W_2 3,8439 % dan 2,9325 % gacha kamaydi. 36 dona nasadkada harorat 100 °C dan 140 °C gacha oshirilganda W_2 2,9325 % dan 1,9383 % gacha pasaydi.

Ikkinchi bosqichda quritish samaradorligi aerodinamik qarshilik va issiqlik sarfi bilan birgalikda baholandi. G=0,073 kg/s, T=140 ºC, v=20 m/s sharoitida 24, 30 va 36 dona nasadkalarda W_2 mos ravishda 2,5407; 2,1903 va 1,9383 % ni tashkil etdi. Shu bilan birga ΔP 785,832; 966,865 va 1128,791 Pa gacha, q_{um} esa 2939,995; 2977,099 va 3014,755 kJ/kg bug‘ gacha oshdi.

Demak, 36 dona nasadka eng chuqur quritishni ta’minlaydi, ammo aerodinamik qarshilik va issiqlik sarfi yuqoriroq bo‘ladi. 30 dona nasadka esa quritish chuqurligi va energiya-aerodinamik cheklovlar o‘rtasidagi muvozanatni ta’minlovchi ratsional konstruktiv yechim sifatida baholandi.

Umumiy tavsiya sifatida suglinokni quritish uchun 30–36 dona uch qismli takomillashgan nasadka, 120–140 °C harorat, 15–20 m/s gaz tezligi va 0,073–0,083 kg/s ish unumdorligi qabul qilinishi mumkin.

Adabiyotlar

[1]. Тожиев Р.Ж., Миршарипов Р.Х., Ахунбаев А.А., Абдусаломова Н.А. Оптимизация конструкции сушильного барабана на основе системного анализа процесса // Universum: технические науки. 2020. №11-1 (80).

[2]. Akhunbaev, Adil & Muhamadsadikov, Kamaljan & Koraboev, Yeldorbek. (2024). Quantity of material in the drum drer attachment. Ye3S Web of Conferences. 587. 03010. 10.1051/ye3sconf/202458703010.

[3]. Ахунбаев А.А. Оптимизация формы насадки барабанных сушилок // Universum: технические науки. – Москва. 2023. – № 6(111). DOI: 10.32743/UniTech.2023.111.6.15705.

[4]. 4.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.

[5]. Akhunbaev, A & Khusanboev, M & Muminov, J & Khasanova, G & Khakimov, A & Yergas’hev, N. (2024). The optimal s’hape of the nozzle for drying food grains. IOP Conference Series: Yearth and Yenvironmental Science. 1420. 012012. 10.1088/1755-1315/1420/1/012012.

[6]. Tojiyev R.J., Akhunbaev A.A., Mirsharipov R.X. Research of hydrodynamic processes when drying mineral fertilizers in drum dryers // Scientific-technical journal. – 2021. – T.4, № 4. – P.10-16.

[7]. Тожиев Р.Д., Ахунбаев А.А., Миршарипов Р.Х., Ражабова Н.Р. Исследование гидродинамических процессов при сушке минеральных удобрений в барабанных сушилках // Научно-технический журнал. – 2021. – Т.4, № 4. – С.15.

[8]. Ахунбаев А.А., Туйчиева Ш.Ш., Хурсанов Б.Ж. Учёт диссипации энергии в процессе сушки дисперсных материалов // Universum: технические науки. – Москва. 2020. – № 12(81).

ВАКУУМ-СУБЛИМАЦИОН ҚУРИТИШ ҚУРИЛМАСИ КОНСТРУКСИЯСИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ ВА ЖАРАЁН ДАВОМИЙЛИГИ ИНТЕНСИВЛИГИНИ ОШИРИШ

Ф. Абдуллаева[1], М.Ф. Мелибоев[1], Н. Ражабова[2]

[1]Наманаган давлат техника университети,
[2]Фарғона давлат техника университети

(Қабул қилинди 18.03.2026 й.)

Аннотация: *Ушбу мақолада мева-сабзавотларни қуритиш учун иссиқлик агенти ва муз кристалл заррачали хосил қилувчи сув ва Фреон суюқлик эритмасини камера ичига жойлаштирилган қувурларда харакатланиш орқали иситувчи ва музлатиш жараён давомийлигини жадаллаштириш учун поддон юзасини тўлиқ қувурлани жиг зак шаклда эмас тўртбурчак шаклида харакатини таъминлаш учун суюқлик юзасини ошириш визуал кузатилди, Натижалар шуни кўрсатадики, иситувчи поддонлар юзасини ошириш орқали энергия сарфини 25–30% гача камайтиради ва қуритиш даври давомийлигини ўртача 1-2 соатгача музлатиш ва 3-4 соатгача конденсат хосил бўлишини жадаллаштиришга эришилди.*

Калит сўзлар: *Quritish texnologiyasi, energiya tejamkorlik, issiqlik almashinuvi, massa almashinuvi, kondensatsiyalanish, muzlatish, intensiv, parametr, poddon.*

Аннотация: *В данной статье визуально наблюдалось, как нагревательный агент и жидкий раствор воды и фреона, образующий кристаллы льда для сушки фруктов и овощей, перемещались по трубкам, расположенным внутри камеры, для ускорения процесса нагрева и замораживания, увеличения площади поверхности жидкости и обеспечения перемещения всей поверхности лотка по прямоугольной форме, а не по схеме пазла. Результаты показывают, что увеличение площади поверхности нагревательных лотков снижает энергопотребление на 25–30% и ускоряет период сушки в среднем на 1–2 часа, а замораживание и образование конденсата — на 3–4 часа.*

Ключевые слова: *Технология сушки, энергосбережение, теплопередача, массопередача, конденсация, замораживание, интенсивный, параметр, поддон.*

***Abstract**: In this article, we visually observed how a heating agent and a liquid solution of water and freon, which forms ice crystals for drying fruits and vegetables, moved through tubes located inside the chamber to accelerate the heating and freezing process, increase the liquid's surface area, and ensure that the entire tray surface moved in a rectangular pattern rather than a jigsaw puzzle. The results show that increasing the surface area of the heating trays reduces energy consumption by 25–30% and accelerates the drying period by an average of 1–2 hours, and freezing and condensation formation by 3–4 hours.*

***Key words:** Drying technology, energy saving, heat transfer, mass transfer, condensation, freezing, intensive, parameter, tray.*

Кириш:

Озиқ-овқат маҳсулотларини мавсумий ва номавсумий даврларда сақлаш учун сифат кўрсаткичлари юқори истемолчилар эхтиёжини узоқ ват мобайнида қондириш хусусиятига эга бўлган технологиялардан бир қуритиш энг қадимий ва самарали усуллардан биридир.

Мева-сабзавот маҳсулотларини етиштириш, сақлаш (мавсумий ва номавсумий), қайта ишлаш (қуритиш, экстракциялаш, шарбат олиш ва бошқа) хамда экспортбоб маҳсулот намуналари тайёрлаш бўйича Ўзбекистоннинг бугунги кунда нафақат минтақавий, балки глобал миқёсда юқори ресурс салоҳиятга эга эканлиги, мамлакатимизнинг оптимал табиий-иқлим шароитлари ва маҳаллий ишлаб чиқарувчиларнинг истиқболли технологик илмий-амалий бой тажрибаси билан бевосита боғлиқ.

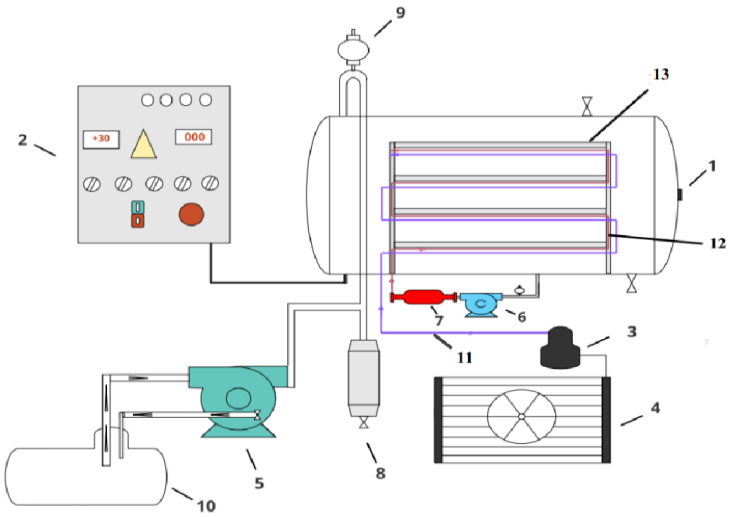
Мева-сабзавот ва полиз маҳсулотларини етиштириш, сақлаш ва нес-нобуд қилмасдан комплекс қайта ишлаш билан бирга уларни йил давомида истеъмолбоп ҳолатда сақлаш муҳим аҳамият касб этадиган вазифалардан биридир. Мева ва сабзавотларни таркибидаги минерал ва витаминларни сақлаган холда сақлашнинг асосий турларидан бири бу - қуритиш усулидир.

Республикамизда етиштирилаётган мева ва полиз маҳсулотларининг 100 дан ортиқ турлари мавжуд бўлиб, уларни қуритиш орқали критик кўрсаткичларига эришилгунгача турли фаол иссиқлик агентларини сорбсиялаш мухим ахамиятга эга, бугунги озиқ-овқат саноати тармоқларида дастлабки хомашёларни сақлаш имконияти тўлалигича мавжуд эмас. Шу сабабдан, кўплаб етиштирилаётган полиз маҳсулотларидан – қовоқ ва тарвуз маҳсулотлари ўзининг тансиқлиги ва сақлаш имкониятиниг чегараланганлиги билан ажралиб турувчи делисатес хусусиятларини оптималлаштириш учун сублиматсион усулида қуритиш жараёнини амалга ошириш ва уни техник параметрларини тахлил қилиш ушбу илмий ишдаги асосий вазифаларимиздан бири ҳисобланади. [1; 2].

Тадқиқот объекти:

Тажриба учун қовоқ ва тарвуз хомашё намуналари танланган. Ушбу истеъмол эхтиёжи ва озуқавий қиймати юқори деликатес хомашёлар таркибидаги дастлабки бошланғич (эркин ва боғланган) намлик 80–85% дан сўнгги сақланиш учун оптимал намлик 7–9% гача сақланиши таъминланган.

Ўлчанган параметрларга қуйидагилар киради: қуритиш даври давомийлиги, намлик (критик) миқдори, витаминларнинг сақланиш давомийлиги, энергия



1-расм: Такомиллаштирилган вакуум-сублимацион қуритиш қурилмаси принципиал схемаси. 1-қуритиш камераси; 2-бошқарув панели; 3-компрессор; 4-музлаткич; 5-вакуум насос; 6-циркуляцион насос; 7-иситкич; 8-конденсатор (буғ фазаси хосил бўлиш жараёнида хосил бўлган намлик йиғиндиси); 9-вакуум манометр; 10-концентрат заҳира бочкаси; 11-камера қувурларига боғланган музлатиш линияси; 12-иссиқлик агенти ҳосил қилувчи қувурлар; 13- поддонлар (қуритувчи юзаси).

сарфи таққосланган. Қуйида 1-расмда инновацион такомиллаштирилган васуум-сублимацион қуритиш қурилмасининг принспиал технологик схемаси келтирилган.

Ушбу юқорида келтирилган такомиллаштирилган васуум-сублимацион қуритиш қурилмаси ва технологик принцпиал схемаси (3.8-расм) ва ускунанинг техник кўрсаткичлари (3.1-жадвал) га биноан Наманган давлат техника университети тасарруфида фаолият юритаётган “ Nam innovatsion pro sub tech” МЧЖ да экспериментал техник ва технологик жихатдан яратилиб ишга туширилди ва республикамизнинг озиқ-овқат саноати тармоқларидаги йирик ишлаб чиқариш корхоналарида ишлаб чиқаришга жорий қилинди (1-расм).

Такомиллаштирилган вакуум-сублимацион қуритиш қурилмасининг ишлаш принципи:

1. Қуритиш камерасида 35^0C дан 45°C гача бўлган ҳароратда қуритиш.

2. Маҳсулотни камерада сув иссиқлик агенти ўрнига камера поддонларида жойлашган фреон қизиши натижасида содир бўлган иссиқлик агенти ёрдамида хом ашё намуналарини иситиш орқали қуритилади.

Тадқиқот иши давомида, саноат миқёсида фойдаланиб келинаётган, шунингдек, Наманган муҳандислик-технология институти Озиқ-овқат технологияси кафедраси лабораториясида мавжуд вакуум-сублиматсион қурилманинг энергия сарфи ва иш самарадорлиги ўрганилди ҳамда аниқланган камчиликлар асосида уни такомиллаштириш бўйича таклифлар ишлаб чиқилди. Тажрибавий вакуум-сублиматсион қурилманинг техник ва конструктив кўрсаткичлари қуйида 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Қурилманинг техник ва конструктив кўрсаткичлари тавсифи

№	Қурилманинг техник ва конструктив кўрсаткичлари	
1	Қуритиш камерасининг ички диаметри ва узунлиги	500*800 мм
2	Қуритиш камераси токчасининг ўлчамлари	530*350*25 мм
3	Паднос ўлчамлари	525*345*20 мм
4	Паднослар сони	4 дона
5	Қуритиш майдони	0,7245 м2
6	Совитиш харорати диапазони (хомашёлар шаклига қараб)	-20^0C-45^0C (4-5 соат)
7	Совитувчи агент	R404A фреон
8	Иситиш ҳарорати диапазони (хомашёлар шаклига қараб)	20-+70^0C
9	Қуритиш камераси девори қалинлиги	2 мм
10	Пўлат лист маркаси	Аиси 304
11	Қурилманинг хажми	157 литр
12	Қурилманинг электр энергия қуввати	380 кВт
13	Қурилманинг умумий оғирлиги	350 кг

Қурилма материалини танлаш

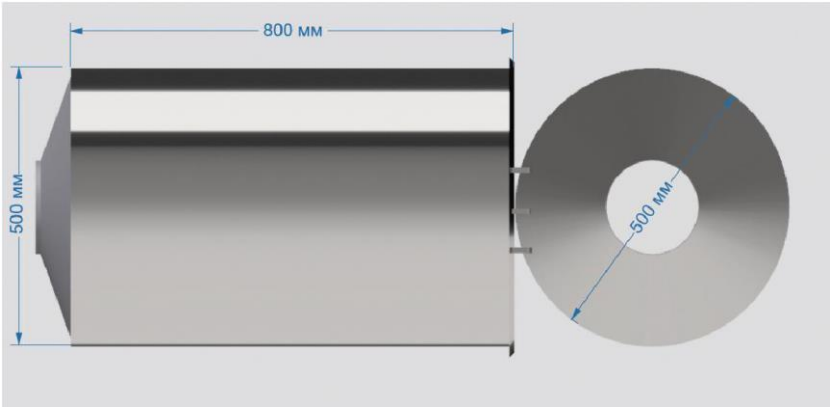
Озиқ-овқат ва қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини вакуум сублиматсион усулда қуритилганда, маҳсулотлар, аввал муз ҳолида бўлиб, сўнгра бу муз эримасдан, вакуум ёрдамида тўғридан-тўғри буғга айланади. Жараён давомида пайдо бўлган намлик коррозия ҳосил бўлишига олиб келади, шунинг учун қурилмани яратишда зангламайдиган пўлатдан фойдаланилади.

Натижалар шуни кўрсатадики, ИМСД усули энг самарали ҳисобланади — энергия сарфи 40% гача камаяди, витамин С эса 20–25% кўпроқ сақланади. Анъанавий конвектив қуритиш 6 соат давом этган бўлса, ИМСД усулида бу вақт 3 соатгача қисқарган.

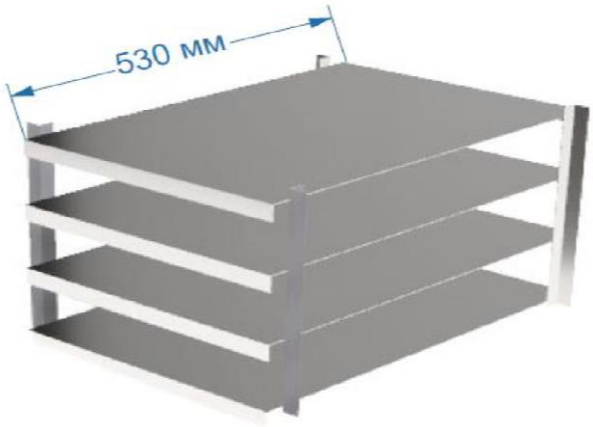
Тахлил маълумотларидан кўринадики, фреон Р404А инсон организми учун хавфсиз, металларни коррозиядан сақлаш хусусиятига эга, ёнғин ва портлаш хавфсизлиги талабларига жавоб беради, шунингдек, узоқ йиллар давомида самарали натижа берган. Шу сабабли ҳам, қурилманинг совитувчи агенти сифатида Р404А маркадаги фреон танлаб олинди.

Қурилманинг қуритиш камерасининг конструктив ташқи кўриниши (2-расм).

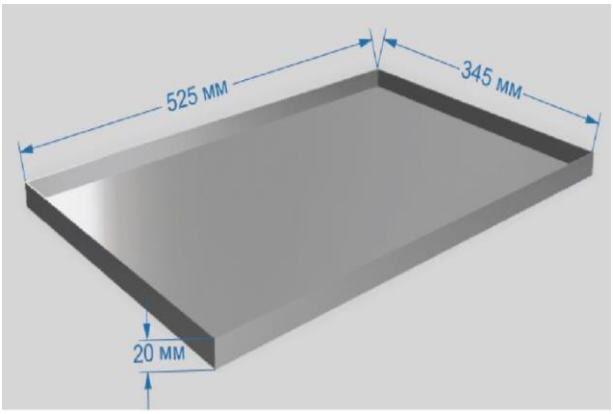
Қурилма токчаларига ўлчам қўйишда, қуритиш камерасининг диаметри ва узунлиги, шунингдек камера ичида тозалаш ва таъмирлаш ишларини олиб бориш зарурияти инобатга олинди. Ҳисоб ишлари хулосасига кўра, қурилма токчалари ўлчамлари учун энг мақбул кўрсаткич 530*350*25 мм ни ташкил этди. Тажрибавий вакуум сублиматсион қурилманинг токчалари 3.3-расмда ўз аксини топган.



2-расм. Вакуум сублимацион қуритиш камераси ташқи кўриниши.



3-расм. Қурилма поддонларининг олд ва ташқи юза кўриниши.



4-расм. Музлатиш ва иссиқлик агенти конструксияси такомиллаштирилган қуритиш қурилмаси поддони ишчи юза тасвири.

Конструктив дизайн хусусиятлари ва ишчи диапазони такомиллаштирилган васуум-сублиматсион қуритиш камераси поддони камера ишчи зонасида 4 дона поднос бўлиб, ҳар бирининг ўлчамлари 525*345*20 мм га тенг (4-расм). Умумий ҳисобда, қурилманинг қуритиш майдони 0,7245 м2 ни ташкил этади.

Хулоса Хулоса ўрнида айтиш жоизки мева-сабзавотларни васуум-сублиматсион қуритиш қурилмасининг конструктив хусусиятларини такомиллаштириш орқали қовоқ ва тарвуз турли шаклга эга бўлган хомашёларини дастлабки ишловларсиз, актив фаол музлатиш ва десорбсион конденсатсиялаш орқали қуритиш жараён давомийлигини интенсивлаштириш орқали, анаънавий васуум-сублиматсион қуритиш (НАМ СУБ ТЕЧ ПРО) МЧЖ мавжуд қурилмаларига нисбатан таққосланганда қуритиш даври 2-3 соатгача қисқартиришга, энергия сарфи 20-25 % гача тежалишига эришилган. Ушбу технология Ўзбекистон шароитида технологияларни қўллаш энергия самарадорлиги ва экспортбоп ва рсоғлом рақобатбардош маҳсулотлар ассортименти ишлаб чиқаришда муҳим аҳамият касб этади

Адабиётлар

[1]. M.F. Meliboev. Use of highly efficient combined methods in drying plums. Dissertation of the Doctor of Philosophy in Technical Sciences, - Tashkent: TKTI, 2022, 104 p.

[2]. Мелибоев М.Ф., Маматов Ш.М., Эргашев О.К. Разработка комбинированного метода сублимационной и диэлектрической сушки // Универсум: технические науки. – Москва-2022. - №5 (98). – С.5-8
[3]. Мелибоев М.Ф., Маматов Ш.М., Эргашев О.К. Энергопотребление и экономические показатели при сублимационной и микроволновой сублимационной сушке слив // Универсум: технические науки. – Москва-2022. - №5 (98). – С.9-12
[4]. Meliboev M.M., Mamatov Sh.M., Ergashev O.K. The use of dielectric waves in sublimation drying equipment and the effect of the combined drying method on the drying period // Scientific and technical magazine of Namangan Institute of engineering and Technology. - 2021.-№3.- 79-84 b.
[5]. Mamatov Sh.M., Aripov M., Meliboev M., Shamsutdinov B. Advantages of quick-freezing technology of cherry// International journal of innovative technology and exploring engineering (IJITEE) (Indian). 2020. - №9(3) 2278-3075. - pp. 3254-3256. (8917.019320)
[6]. М.Мелибоев., О.Эргашев., А.Эгамбердиев. Study of yenergy and resource efficiency of sublimation drying of fruits and vegetables// Универсум: технические науки: 2022. № 3(108).
[7]. M.Meliboev, O.Ergashev, G.Mahmudova, N.Muydinova. Technology of peeling and drying of fruits and vegetables// Science and innovation international scientific journal volume 2 issue 11 november 2023 uif-2022: 8.2 | issn: 2181-3337 | scientists.uz, 60-63 b.
[8]. Ergashev O.K., Meliboyev M.F., Mamatusmanova D., Iskandarova M. Improvement of drying technology of plums by combination and ultra-high frequency methods// Web of Conferences 486, 02030 (2024) https://doi.org/10.1051/ye3sconf/202448602030 , AGRITECh-IX 2023., 1-5 b.
[9]. М.Мелибоев., О.К. Эргашев., А.А. Эгамбердиев. Янги энергиятежамкор сублимацион (музлатиш) ва вакуум сублимацион қуритиш қурилмаси параметрларини таҳлил қилиш// Scientific-technical journal (STJ FerPI, ФарПИ ИТЖ, НТЖ ФерПИ, 2023,Т.27. спец.выпуск №9) 188-191 б.

УДК 621.7.06

ҒАЛТАКМОЛАНИ ИШ ЖАРАЁНИДА ВЕРТИКАЛ ЙЎНАЛИШДАГИ ТЕБРАНИШИНИ НАЗАРИЙ ТАДҚИҚ ЭТИШ

М.Т. Мансуров, талаба С.Х. Комилов

Наманган давлат техника университети
mansurov1990mm@gmail.com
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Аннотация.*Мақолада ғалтакмола конструкциясини ишлаб чиқиш ва уни вертикал йўналишда тебранма ҳаракатини ўрганиш бўйича олиб борилган назарий тадқиқот натижалари келтирилган.Эркинлик даражаси бирга тенг бўлган тебранувчи система қўзғатувчи куч таъсирида вертикал йўналишда тебранади деб ўрганилган.Тадқиқотлар натижасида тизимнинг вертикал йўналишдаги тебранишларини ифодаловчи дифференциал тенглама олинган.Шунингдек, қишлоқ хўжалиги техникаларида энг кўп ишлатиладиган пружинанитнг қайишқоқлигини ифодаловчи формула келтирилган.*

Калит сўзлар. *Ғалтакмола, тупроқ, зичлаш, деформация, пружина, тебранувчи система, ўзаро таъсир, ҳаракат, қайишқоқлик, параметр, дифференциал тенглама.*

Аннотация.*В статье представлены результаты теоретических исследований по разработке конструкции комбинированного прикатывающего катка и изучениего колебательного движения в вертикальном направлении.Колебательная система изучена как, с одной степенью свободы, совершающую колебания в вертикальном направлении под действием возмущающей силы.Результате исследований получен дифференциальная уравнения для определения колебаний системы по вертикальному направлению.А также, приведён выражения для определения жесткость пружины, получивших наибольшее распространение в элементах сельскохозяйственной техники.*

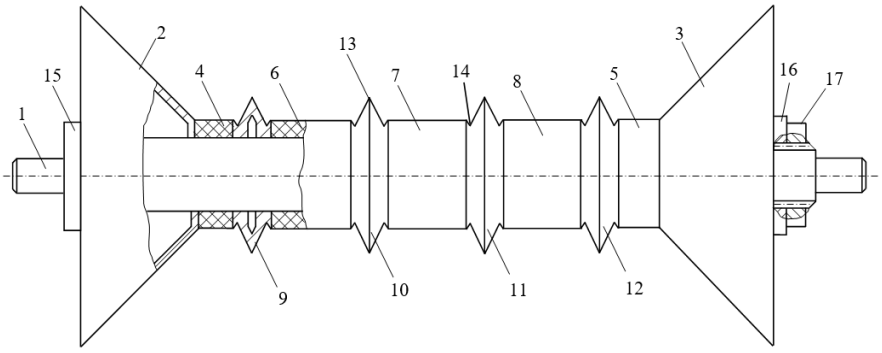
Ключевые слова:*Прикатывающий каток, почва,уплотнения, деформация,пружина, колебательная система, взаимодействия, движения, жесткость, параметр, дифференциальная уравнения.*

Қишлоқ хўжалиги экинларини, жумладан майда уруғли экинларни экишда тупроқни зичлаш, пуштанинг юзасини текислашга алоҳида эътибор қаратиш лозимдир. Тупроқни керакли миқдордаги зичлиги ва пушта юзасининг текис бўлиши сув, ҳаво ва иссиқлик

режимларини яхши бўлишига, уруғларни бир хил чуқурликка экилишига ва тупроқ билан уруғларни ўзаро алоқада бўлишига имкон яратилади.

Экиш машиналарида тупроқни зичлашда ёки пушта юзасини текислаш учун одатда ғалтакмолалардан фойдаланилади. Ғалтакмолалар ишчи юзасининг шаклига кўра, силиқ цилиндрсимон, ҳалқали, юлдузчасимон, понасимон, конуссимон ва ҳ.к. бўлади. Вазифасига кўра эса, бўлаклаб текислайдиган, юзани зичлайдиган, текислайдиган, юзани юмшатадиган ва универсал бўлиши мумкин [1].

Ўтказилган тадқиқотлар натижасида пиёз уруғини қаторлаб экишда қўлланиладиган комбинациялашган ғалтакмоланинг конструкцияси ишлаб чиқилди (1-расм). Комбинациялашган ғалтакмола қуйидагилардан иборат: ўз ўқи атрофида айланма ҳаракат қиладиган поғонали ўқ 1, унга кийдирилган пуштанинг ён деворларини зичлайдиган кесик конуссимон диск 2 ва 3 лар, пуштанинг устки қисмини зичлайдиган икки четки 4 ва 5 ҳамда учта оралиқ 6, 7 ва 8 қайишқоқ резинали цилиндрсимон ҳалқалар, уруғларни экиш учун тор ариқчалар очадиган понасимон ҳалқа 9, 10, 11 ва 12 лардан иборат. Понасимон ҳалқа 9, 10, 11 ва 12 ларда уруғлар учун тор ариқчалар очадиган пичоқсимон учи 13 лар ва тор ариқчалардан дефомацияланиб чиққан тупроқни уруғ экилгандан сўнг кўмиш учун пушта юзасида кичик чўққилар ҳосил қиладиган ўйиқча 14 лар мавжуд. Комбинациялашган ғалтакмоланинг ишчи қисмлари ўзаро қўзғалмас ўрнатилиши учун ўқ 1 нинг бир томонида кесик конуссимон дисклар 2 ва 3 нинг ички диаметридан катта бўлган поғона 15 мавжуд, иккинчи томонида эса резба очилган ва улар пружина шайба 16 ва гайка 17 ёрдамида сиқиб қотирилади.



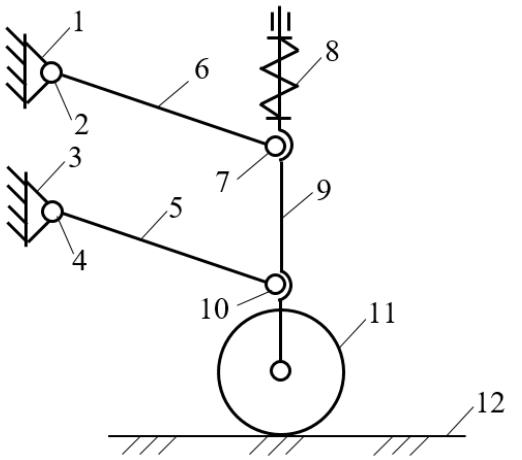
1-расм. Комбинациялашган ғалтакмола.

Комбинациялашган ғалтакмола қўйидаги тартибда ишлайди: иш жараёнида ўқ 1 га ўрнатилган кесик конуссимон дисклар 2 ва 3 айланма ҳаракат қилиб пуштага трапеция шаклини бериш учун пуштанинг ён деворларини зичлайди ва талаб этилган чуқурликда суғориш эгатларини шакллантиради. Шу билан бир вақтда қайишқоқ резинали цилиндрсимон ҳалқа 4, 5, 6, 7 ва 8 лар пуштанинг устки қисмини зичлайди ва текислайди, понасимон ҳалқа 9, 10, 11 ва 12 лар пичоқсимон учи 13 ёрдамида пуштанинг устки қисмидаги мавжуд кесакларни майдалайди ва уруғлар учун тор ариқчалар очади. Очилган тор ариқчалардан деформацияланиб чиққан тупроқ понасимон ҳалқа 9, 10, 11 ва 12 лардаги ўйиқча 14 лар ёрдамида экиладиган уруғларни кўмиш учун пушта юзасида кичик чўққилар ҳосил қилиб кетади.

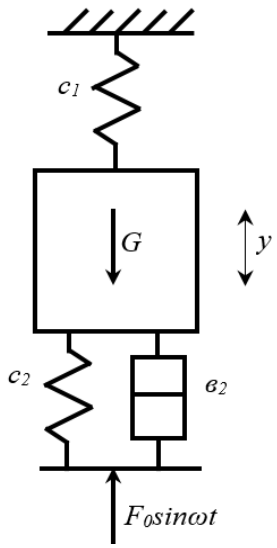
Ғалтакмолалар иш жараёнида экиш машиналарининг рамаларига қўзғалмас ёки қўзғалувчанбирикади.

[2] да келтирилишича иш органлари қўзғалмас бириктирилганда улар дала юзасининг микрорелефи(нотекисликлари)га мослашиш имкониятига эга бўлмайди ҳамда машина рамаси ҳолатининг ҳар қандай ўзгариши иш органларининг тупроққа ботиш чуқурлигини ўзгаришига олиб келади. Бунинг натижасида ишлов бериш чуқурлигининг барқарорлиги, яъни бир текисда бўлиши таъминланмайди. Шу сабабли иш органларини рамага қўзғалмас бириктириш қамраш кенглиги кичик ҳамда ерларга чуқур ишлов берувчи машиналар(плуглар, чуқур юмшаткичлар, чизел-култиваторлар)да қўлланилади.Шарнирли бириктирилганда иш органлари машиналар рамасига осиш механизмлари воситасида ўрнатилади (уланади). Бунда иш органлари дала юзасининг нотекисликларига мослашиб ишлаш имкониятига эга бўлади ҳамда машина рамаси ҳолатининг ўзгариши уларнинг юриш чуқурлигига катта таъсир кўрсатмайди.

1-расмда тавсия этилаётган комбинациялашган ғалтакмоланинг экиш машинасининг рамасига бириктириш схемаси келтирилган.



2-расм.Комбинациялашган ғалтакмоланинг рамага паралеллограмм осиш механизми ёрдамида бирикиши. 1, 3-рама; 2, 4, 7, 10 - шарнирлар; 5, 6-паралеллограмм механизм ричаглари; 8-босим пружинаси; 9-комбинациялашган ғалтакмола рамаси; 11- комбинациялашган ғалтакмола; 12-тупроқ



3-расм. Тебранувчи механик системанинг ҳисоб схемаси.

2-расмда келтирилган схемага кўра ушбу тебранувчи системани эркинлик дараси бирга тенг бўлган механик система сифати кўриб чиқамиз. Ушбу тебранувчи механик системанинг ҳисоб схемасини тузамиз (3-расм).

3-расмда келтирилган эркинлин даражаси бирга тенг бўлган тебранувчи система $F_0 sin\omega t$ куч таъсирида вертикал йўналишда тебранма ҳаракатни амалга оширади ва у доимий оғирлик кучи G таъсирида бўлади.

Тебранувчи система юқори қисмидан машина корпусига қайишқоқлик коэффициенти c_1бўлган босим пружинаси ёрдамида бириктирилган. Пастки қисмидан эса қайишқоқлик коэффициенти c_2ва диссипация коэффициентиb_2бўлган тупроқ билан ўзаро таъсирда бўлади.

Масалани ечиш учун биринчи навбатда тебранувчи системанинг ҳаракат тенгламасини тузамиз

$$m\ddot{y} - mg + c_1 y - b_2 \dot{y} - c_2 y = F_0 \sin \omega t \qquad (1)$$

бунда m-ғалтакмола массаси, кг; $\ddot{y}$ -умумлашган тезланиш, м/с^2; $\dot{y}$ -умумлашгантезлик, м/с; F_0-қўзғатувчи куч, Н; g-эркин тушиш тезланиши, м/с^2;ω-тебраниш частотаси, с$^{-1}$;t-вақт, с.

Ғалтакмолага қўйилган асосий талаблардан бири, экиладиган уруғларни тупроқ билан ўзаро алоқасини яхши бўлиши учун тупроқ қатламини етарли даражада зичлашидир. Тупроққа бериладиган босим кучи кўп жиҳатдан тупроқнинг ҳажмий эзилишига боғлиқдир. Шунинг учун, тупроқнинг деформацияланиш хусусиятнини қуйидагича ифодалаймиз

$$c_2 y + в_2 \dot{y} = qSh, \qquad (2)$$

бундаq- тупроқнинг ҳажмий эзилиш коэффициенти, Н/м^3; S-зичланиши лозим бўлган тупроқ юзаси, м^2; h-зичланиши лозим бўлган тупроқ қалинлиги, м.

(2) тенгламани инобатга олиб (1) тенгламани қуйидагича ёзамиз

$$m\ddot{y} - mg + c_1 y - qSh = F_0 \sin \omega t \qquad (3)$$

(3) тенгламанинг икки томонини m га бўлиб юборамиз

$$\ddot{y} - g + \frac{c_1 y}{m} - \frac{qSh}{m} = \frac{F_0}{m} \sin \omega t \qquad (4)$$

Кейинги ҳисоблашларда қулай бўлиши учун (4) тенгламани қуйидагича ёзиб оламиз

$$\ddot{y} + \frac{c_1 y}{m} = g - \frac{qSh}{m} - \frac{F_0}{m} \sin \omega t \qquad (5)$$

[3] га кўра, чизиқли тебанишларда тебраниш частотаси қуйидагича ифодаланади

$$\sqrt{\frac{c_1}{m}} = \omega \qquad (6)$$

Шундан сўнг, эркинлик даражаси бирга тенг бўлган тебранувчи системанинг якуний ҳаракат тенгламасини қуйидагича кўринишда ёзамиз

$$\ddot{y} + \omega^2 y = g - \frac{qSh}{m} - \frac{F_0}{m}\sin\omega t \qquad (7)$$

(7) дифференциал тенглама ўзгармас коэффициентли иккинчи тартибли бир жинсли бўлмаган чизиқли тенгламадир.

Ғалтакмола тупроқни зичлаш жараёнида гармоник тебранишни амалга ошириб, тупроқ билан кинетик энергия алмашади. Аслида эркин гармоник тебранишлар, кинетик энергияни кинетик энергияни ёки потенциал энергияни алмашишдан ҳосил бўлади. Бундай тебранишларни амалга оширадиган тизимлар инерт ёки албатта қайишқоқ элементлардан иборат бўлиши лозим. Аммо, бир хил элементларга эга бўлган механик тизимларнинг эркин тебраниш частоталари элементларнинг параметрларига боғлиқ эмас, балки дастлабки шартларга боғлиқ бўлади. Олиб борилган тадқиқот натижаларини бошқа турдаги технологик машиналарнинг тебранувчи ишчи органларини ҳисоблаш ва лойиҳалашда қўллаш ҳам мақсадга мувофиқдир.

Адабиётлар

[1]. Г.С. Юнусов, Ю.А.Кропотов. Прикатывающий каток с зигзагообразными рабочими органами // Вестник Марийскогогосударственного университета, 2013. – С. 27-29.
[2]. А.Тўхтақўзиев, М.Т.Мансуров, С.К.Қўчқоров. Тупроққа ишлов бериш машиналари иш органларининг осиш механизмларини такомиллаштириш. – Тошкент, 2014. – 28 б.
[3]. Никитин Н.Н. Курс теоретической механики. – М.: Высшая школа, 1990. – 607 с.
[4]. Н.С.Пискунов. Дифференциал ва интеграл ҳисоб. – Тошкент: Ўқитувчи, 1974. – 614 б.
[5]. С.М.Яхин, Б.Г.Зиганшин, Ф.А.Шамсутдинов. Методика проектирования и расчета пружин сельскохозяйственных машин по критерию динамической устойчивости // Нива Поволжья, 2012. – №3. – С. 41-44.
[6]. М.В.Баратов, Н.В.Петров. Пружины. – Л: Машиностроение, 1968. – 216 с.
[7]. Турдалиев, В., Мансуров, М., & Махкамов, Ғ. изучения движение семян лука при выбросе из высевающего аппарата. илмий мақолалар тўплами, 156.

REGRESSIYA MODELIDA HISOBGA OLINADIGAN OMILLARNI VA ULARNING SHINALAR YEYILISH INTENSIVLIGIGA TA’SIRINI ANIQLASH

B. Dadajonov, A. Abdubannopov

Farg‘ona davlat texnika universiteti,
(iamabdubannopov@gmail.com tel +998907861994)

(Qabul qilindi 18.03.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu maqolada barcha yo‘nalishlar uchun universal regressiya modelini ishlab chiqish, ammo uning koeffitsientlarni aniqlash kerak bo‘ladi. Har bir marshrutning yo‘l sharoitlarini tavsiflash - marshrutning murakkablik koeffitsienti yoki har bir marshrut uchun bir nechta regressiya modellarini alohida ishlab chiqish zarurligini aytish o‘rinlidir.*

Kalit so‘zlar: *Avtomobil, yo‘l, shina, chiziqlar, omillar, regressiya.*

Abstract: *In this article, it is necessary to develop a universal regression model for all directions, but to determine its coefficients. It is appropriate to describe the road conditions of each route - the complexity coefficient of the route or the need to develop several regression models for each route separately.*

Key words: *Car, road, tire, lines, factors, regression.*

Аннотация: *В данной статье необходимо разработать универсальную регрессионную модель для всех направлений, но определить ее коэффициенты. Уместно описать дорожные условия каждого маршрута – коэффициент сложности маршрута или необходимость разработки нескольких регрессионных моделей для каждого маршрута отдельно.*

Ключевые слова: *Автомобиль, дорога, шина, линии, факторы, регресс.*

Transport vositalari shinalari intensivligiga ko‘plab omillar ta’sir qiladi. Shinalar yeyilishının intensivligi, harakatlanishning nisbatan qisqa oralig‘i (2000km gacha) uchun protektor chuqurligi Δh o‘lchovining ushbu ishlash oralig‘i ΔL ga nisbati sifatida tushuniladi.

$$J_{SH.M} = \Delta h/\Delta L, \text{ [mm/1000 km].} \qquad (1)$$

Ko‘pincha, "shinalar yeyilishınıng o‘rtacha intensivligi" atamasi ishlatiladi, bu yurish chuqurligi o‘zgargan masofa (5 ming km dan ortiq) bilan belgilanadi.

$$J_{SH} = \frac{h_i - h_{i+1}}{L_{i+1} - L_i},\ [\text{mm/1000 km}]. \quad (2)$$

bu yerda, h_i, h_{i+1} - mos ravishda *i* va *i +1* o‘lchovlari uchun protektor naqshining qoldiq chuqurligi;

L_{i+1}, L_i - transport vositasining yurgan yo‘li, mos ravishda, qoldiq taglik chuqurligini *i* va *i +1* o‘lchovlari bilan.

Shunga ko‘ra, yeyilish intensivligini va uning tabiatini baholash orqali, yeyilish jarayonida ta’sir qiluvchi omillarning mavjud yoki yo‘qligini baholash mumkin. Agar belgilangan yeyilish chegaralaridan oshib ketsa, bu yeyilishga ta’sir qiluvchi omillar mavjudligini ko‘rsatadi parametrlarning maqbul holatdan chetga chiqishi va tashkiliy, texnik va boshqa chora-tadbirlarga bo‘lgan ehtiyoj bilan tavsiflanadi.

Shunday qilib, yeyilishga ta’sir qiluvchi omil mavjudligini ikki yo‘l bilan aniqlash mumkin: bevosita va bilvosita. Bevosita usulni shinalar yeyilish xususiyatidan faktor borligi aniqlanganda usul deb atash mumkin, bu 1-jadvalda batafsilroq berilgan. Bilvosita usul - bu yeyilishga ta’sir qiluvchi parametrlarga asoslangan aniqlash (masalan, past bosim, taglik yelkasi sohasining kuchli yeyilishsına olib kelishi kerak).

Shunisi e'tiborga loyiqki, texnik holat faktori ta’sir qiladigan shinalar notekis yeyilishya tushadi. Boshqa omillar, ko‘proq protektor kengligining bir xil yeyilishını oshiradi.

Ammo birinchi bobdan olingan tahlillar shuni ko‘rsatdiki, protektor yeyilishning tabiati taglikning yelka joylarida ko‘proq yeyilish darajasiga ega, bu esa shinalar ishlayotgan bosimni tahlil qilish bilan birga bosim omili. Texnik holatdan qolgan omillar zaif ta’sirga ega, chunki mos keladigan yeyilish modeli kuzatilmaydi.

Korxonada texnik holatning omili juda yaxshi boshqariladi (bosimdan tashqari), ammo ta’sir o‘tkaza olmaydigan, ammo aniqroq natijalarga erishish uchun regressiya modelida hisobga olinadigan omillar mavjud. Ushbu omillar yo‘llarning ishlash sharoitlari va og‘irlik yukini o‘z ichiga oladi. Yo‘l sharoitlari juda muhim omil, shuningdek boshqarib bo‘lmaydigan. Turli xil yo‘l sharoitlariga ega bo‘lgan turli marshrutlarda shinalar yeyilishi 2 va undan ortiq marta farq qilishi mumkin [56]. Xuddi shu adabiyotdaa [3] burilish, tormozlash, tezlashishning shinalar yeyilish intensivligiga ta’siri haqida gap boradi. Shunga ko‘ra, biz yo‘l sharoitlari kabi omilni hisobga olish zarur shart degan xulosaga kelishimiz mumkin va muammoni hal qilishda ikkita yondashuv mavjud: barcha yo‘nalishlar uchun universal regressiya modelini ishlab chiqish, ammo bu holda koeffitsientni ishlab chiqish kerak bo‘ladi har bir marshrutning yo‘l sharoitlarini tavsiflash - marshrutning murakkablik koeffitsienti yoki har bir marshrut uchun bir nechta regressiya modellarini alohida ishlab chiqish kerak bo‘ladi. Ikkinchi usul, ayniqsa, marshrutning murakkabligini tavsiflovchi koeffitsient bo‘lmasa yoki uni hisoblashning murakkabligi juda yuqori bo‘lsa, sodda.

Shinalarni yeyilish jarayonini tavsiflash uchun asl nusxaning xatti-harakatiga taqlid qiladigan funktsional modeldan foydalanish maqsadga muvofiqdir. Funktsiya ma'lum bir tizim uchun barqaror xatti-harakatlarning ma'lum bir usuli sifatida tizim mohiyatining eng muhim jihatlaridan biridir. Funktsional yondashuv, xuddi go‘yo ikkilanma abstraktsiya bilan tavsiflanadi: birinchi navbatda tizimning moddiy tarkibidan ajralish, uning ichki tuzilishini ajratib olish va ikkinchisidan tizimning atrof-muhit bilan funktsional aloqalarini ta'kidlash orqali. Murakkab matematik tizim uchta ob'ektiv printsipning birligi sifatida qaraladi: mohiyat, ichki munosabatlar tuzilishi va atrof-muhit bilan funktsional aloqalar. Tizimlarga funktsional yondashuv ikkinchisining mohiyatini to‘liq tugatmaydi, balki ularning mohiyatini ochib berishga yaqinlashishga imkon beradi.

Kibernetikada keng tarqalgan va nazariy rivojlanib borgan modelning faoliyatining umumlashgan mavhum usuli “qora quti” dir. Bu ichki tuzilishi kuzatuvchiga ma'lum bo‘lmagan tizim sifatida tushuniladi, ammo u ushbu tizimning kirishlari (ta’sir omillari-X) va natijalarini (funktsiyaga javob-Y) tekshirishi mumkin. “Qora quti” ning funktsional modeli unga kirish va

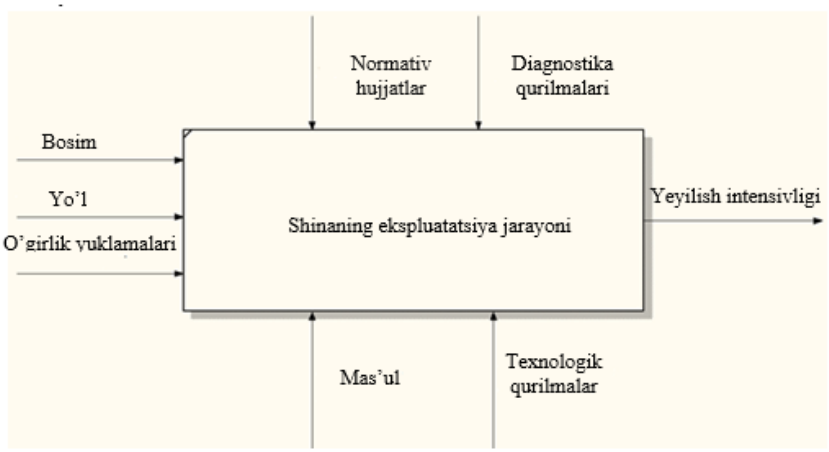
chiqish jihatidan mos kelishi kerak, ya'ni. xuddi shu kirish ta’sirlari bilan, kirishlardagi ob'ektga o‘xshash reaktsiyani aniqlash uchun [1].

1-jadval

Omillarning yeyilish tabiatiga ta’siri

Faktor	Yeyilish harakteri
1. Yaqinlashish - ijobiy - salbiy	Bir tomonlama arra tishli yeyilish: - tashqi yo‘llarda - ichki yo‘llarda
2. Baltalarning noto‘g‘ri joylashishi	Bir tomonlama arra tishlari orqa shinalarda bir tomondan ichki yo‘llar bo‘ylab, ikkinchidan tashqi tomondan yeyilish
3. Noto‘g‘ri aylanish koeffitsienti	Eng tashqi yo‘llardan birini kuchli yemirilsh
4. Shkvornning bo‘ylama moyilligi burchaklari orasidagi o‘zaro tengsizlik	Bitta shinanin bir tomonlama yeyilishi
5. Shinalar bosimi - normadan yuqori - me'yordan past	Intensiv yemirilish: - protektor markaziy qismining yemirilishi - protektorning yelka qismi
6 Razval	Bir tomonlama yumshoq yemirilish
7. Balanssizlik (statik va dinamik)	Dog‘li yemirilish
9. Obodlarning deformatsiyasi (ort zarbasi)	Mahalliy yemirilish
10. Shinalarning haddan tashqari yuklanishi	Protektorning yelka qismi intensiv yemirilishi

Shuni ta'kidlash kerakki, “kuzatuvchiga ma'lum bo‘lmagan” tushunchani kamida ikkita darajada ko‘rib chiqish kerak. Birinchidan, ichki tuzilishi va ishlash mexanizmi hali biron bir tadqiqotchiga ishonchli ma’lum bo‘lmagan tizimlarni o‘rganish mumkin. Ikkinchidan, “qora quti” tamoyilini tadqiqotlarda qo‘llash mumkin, uning natijasi ob’ektlarning ishlashini tushuntirish emas, balki X va Y da ma'lum bir holatga erishish; ikkinchisi cheklangan vaqt resurslari bilan olib boriladigan tadqiqotlarga xosdir. Ushbu yondashuv o‘rganilayotgan tizimda yuzaga keladigan ba'zi bir murakkab hodisalardan (masalan, fizik-kimyoviy) o‘zingizni vaqtincha olib tashlashga imkon beradi va bir qator amaliy muammolarni (boshqarish, optimallashtirish va hk) hal etishni sezilarli darajada tezlashtiradi [8].



1-rasm. Shinalar ekspluatasiya jarayoni.

Shunday qilib, IDEF0 yozuvida Erwin Process Modelerning CASE muhitida shinalar ishlash jarayonining grafik modelini ifodalovchi birinchi darajadagi kontekst diagrammasi qurildi (1-rasm).

Bosim, yo‘l sharoitlari va og‘irlik yuki, normativ hujjatlar va diagnostika uskunalari jarayonning boshqaruv elementlari bo‘lib, texnik xodimlar va texnologik uskunalar uning mexanizmlari hisoblanadi. Boshqarish elementlari salbiy omillarning yeyilish intensivligiga ta’sirini tartibga soladi va boshqaradi va mexanizmlar bu ta’sirni bostirish uchun choralar ko‘rish vositasidir. Bu erda boshqaruv va mexanizmlarning mavjudligi faqat boshqariladigan omillar uchun amal qilishini, ya'ni. ichki bosim uchun. Boshqarib bo‘lmaydigan omillar uchun boshqaruv elementlari bo‘lishi mumkin (masalan, ishlab chiqaruvchi tomonidan o‘rnatilgan maksimal shinalar yuki), ammo ularga mexanizmlar ta’sir qila olmaydi.

Regressiya tenglamasini tanlash

Birinchi bosqichda regressiya tenglamasi tanlanadi. Eksperimentator tomonidan apriori o‘rnatiladi. Shuni yodda tutish kerakki, model omillar va ko‘rsatkichlardan tashqari, ushbu omillarning darajalari va kombinatsiyalariga ega bo‘lishi mumkin - bu batafsilroq javob berish yuzasini beradigan va natijada yanada to‘liq tasavvurga ega bo‘lgan aniqlik turi. Omillarning shinalar tagining yeyilish intensivligiga ta’siri.

Matematik tilda muammo quyidagicha tuzilgan: javob berish funktsiyasi haqida bir oz tasavvurga ega bo‘lishingiz kerak

$$Y = \varphi(x_1, x_2, \ldots, x_n), \tag{3}$$

bu erda, Y - optimallashtirish kerak bo‘lgan jarayon parametri (javob funktsiyasi), x_n - tajribalarni o‘rnatishda o‘zgarishi mumkin bo‘lgan mustaqil o‘zgaruvcxilar.

Modelning natijaviy natijasi javob funktsiyasiga mos keladigan geometrik tasvir bo‘lib, u javob yuzasi deb ataladi [3]. Ushbu sirt jarayonni eng aniq tasvirlaydigan tanlangan modelga qarab har xil ko‘rinishga ega bo‘lishi mumkin,

masalan, chiziqli model bilan javob yuzasi, sirt tekis tekislik bo‘ladi va kvadratik model bilan u egarga o‘xshaydi yoki piyola.

Agar tizim tizimning xatti-harakatlarini tavsiflash uchun model zarur bo‘lsa (lekin hodisalar mexanizmini tushuntirish uchun emas) va tadqiqotchida tabiatning asosiy qonunlariga asoslangan gipotezalar mavjud bo‘lmasa, u holda u printsipdan tanlangan gipotezadan qoniqishi mumkin. soddaligi, ya'ni taxminiy funktsiya sifatida polinom, daraja qatori, Furye qatori, trigonometrik polinom va boshqalarni qabul qilish. Ko‘pgina manbalarda tizimning xatti-harakatlarini tavsiflash modelning *n* darajadagi polinom shaklida tasvirlanishiga qisqartirilgan [8, 16, 34]. Bundan tashqari, aylanadigan markaziy kompozitsion rejalashtirish (AMKR) ikkinchi darajali polinomdan foydalanishni nazarda tutadi

Shunga ko‘ra, k omillari uchun tenglama shaklga ega bo‘ladi:

$$Y = b + \sum_{i=1}^{k} b_i x_i + \sum_{i<1}^{k} b_{ij} x_i x_j \sum_{i=1}^{k} b_{ii} x_i^2 + \ldots + \varepsilon, \tag{4}$$

bu, yerda - b_0 - erkin atama, b_i - chiziqli effektlar, b_{ij} - juft ta’sir o‘tkazish effektlari, b_{ii} - kvadrat effektlar, x_i, x_j, x_i^2 - omillar, ε - bu tizimdagi tasodifiy omillarning ta’sirini aks ettiruvchi atama eksperimental ma'lumotlarga asoslangan koeffitsientlar modellarini baholash natijalarini hisoblash.

Regressiya koeffitsientlari Teylor seriyasining qisman hosilalariga teng:

$$b_i = \frac{\partial \varphi}{\partial x_i} \tag{5}$$

$$b_{ij} = \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x_i \partial x_l} \tag{6}$$

$$b_i = \frac{1}{2} \frac{\partial^2 \varphi}{\partial x_i^2} \tag{7}$$

Regressiya koeffitsientlarining statistik baholarini hisoblash va taxminiy

chiqish qiymati uchun modelni olish uchun eksperimental ma'lumotlardan foydalanish mumkin.

Avval aytib o‘tganimizdek, har bir marshrutni baholaydigan universal uch faktorli modelni ishlab chiqishdan ko‘ra, har bir yo‘nalish uchun ikkita omilli regressiya modellarini alohida ishlab chiqish maqsadga muvofiqdir. Bunday holda, regressiya modeli shaklga ega bo‘ladi

$$Y = b_0 + b_1 x_1 + b_b x_2 + b_{11} x_1^2 + b_{22} x_2^2 + b_{12} x_1 x_2 \tag{8}$$

Eksperimentlarni rejalashtirish matritsasini qurish:

Eksperimentni rejalashtirish matritsasi regressiya modelida ko‘rib chiqilgan omillar soniga va dizayn turiga qarab tuziladi. Eksperimentni rejalashtirish matritsasi - bu omillarning o‘zgarishi darajalari matritsasi bo‘lib, omillar o‘zgarishi kombinatsiyasini va statistik javobning mos qiymatini hisobga olish uchun ma'lum bir tarzda almashtiriladi. Eksperimentlarni rejalashtirish matritsasi ma'lum omillar kombinatsiyasi bilan va eng kam tajribalar bilan obyekt to‘g‘risida statistik

ma’lumotlarni to‘plash (javob qiymatini olish) nuqtalarini aniqlash uchun kerak. Ikki faktorli model uchun tajribalarni rejalashtirish matritsasi shunday bo‘ladi.

Eksperimentlarni rejalashtirish matritsasida ikkita x_1 va x_2 vektor ustunlari tuziladi, qolgan vektor ustunlari (x_0 dan tashqari) x_1 va x_2 vektor ustunlarini ko‘paytirish yoki kvadratga solish orqali aniqlanadi.

Rejaning yadrosi o‘zgaruvchan ikki darajadagi (bu holda -1 va +1) o‘zgaruvchan darajalar yordamida tuziladi va ballar soni formulalar bo‘yicha omillar soniga qarab belgilanadi

$$N = 2^k \tag{9}$$

bu erda, *k* - o‘rganilayotgan omillar soni.

2-jadval

Eksperimentni rejalashtirish matritsasi

Belgilar	Eksperiment №	x_0	x_1	x_2	x_1^2	x_2^2	x_1x_2
Plan yadrosi	1	+1	-1	-1	+1	+1	+1
	2	+1	+1	-1	+1	+1	-1
	3	+1	-1	+1	+1	+1	-1
	4	+1	+1	+1	+1	+1	+1
Yulduzli nuqta	5	+1	-α	0	+α^2	0	0
	6	+1	+α	0	+α^2	0	0
	7	+1	0	-α	0	+α^2	0
	8	+1	0	+α	0	+α^2	0
Plan markaziy (nolli) nuqtasi	9	+1	0	0	0	0	0
	10	+1	0	0	0	0	0
	11	+1	0	0	0	0	0
	12	+1	0	0	0	0	0

$$\alpha = \sqrt{k} \tag{10}$$

bu erda, k - modeldagi omillar soni.

Rejada bitta omil (-α va +α) bo‘yicha ikkita yulduzcha nuqta mavjud.

Markaz (nol) punktlari - bu reja markazida joylashgan nuqtalar. Ular rejaning bir xilligi belgisidir. To‘rtta markaziy nuqta mavjud. Ushbu fikrlar ortogonallik xususiyatini bajarish va model koeffitsientlarini to‘g‘ri hisoblash uchun kerak.

Aylanadigan markaziy kompozitsion rejalashtirish (AMKR) ham, har bir omilning qiymati, umuman, beshta o‘zgaruvchanlik darajasida belgilanadi (-α; -1; 0; +1; +α).

bu erda, α - omil o‘zgaruvchanligining minimal darajasi, + a - maksimal o‘zgarish darajasi, 0 - o‘rtacha o‘zgarish darajasi, -1 va +1 oraliq nuqtalar.

Xulosa

Ushbu maqolani tahlil qilish asosida quyidagilarni xulosa qilish mumkin:

Barcha yo‘nalishlar uchun universal regressiya modelini ishlab chiqish, ammo uning koeffitsientlarni aniqlash kerak bo‘ladi. Har bir marshrutning yo‘l sharoitlarini tavsiflash - marshrutning murakkablik koeffitsienti yoki har bir marshrut uchun bir nechta regressiya modellarini alohida ishlab chiqish zarurligini aytish o‘rinlidir.

Avtotransport servis korxonalaridagi avtomibillar uchun regression modelning tenglamalarini tadbiq qilish u yerdagi boshqarish qiyin bo‘lgan omillar turiga kiruvchi shinalar bosimini nazorat qilish tizimidan samarali foydalanib ekspluatasiya davrini uzaytirish imkonini berishi mumkin.

Adabiyotlar

[1]. Haydovchining yo‘l harakati tizimidagi o‘rni va harakat xavfsizligi darajasiga ta’sirini tahlili: haydovchining yo‘l harakati tizimidagi o‘rni va harakat xavfsizligi darajasiga ta’sirini tahlili

[2]. Abdubannopov A.A., Ismoilov A.A. “Qurilish va ta'lim” ilmiy jurnali, 2023 n https://scholar.google.com/scholar?oi=bibs&cluster=7467882734981054 43&btnI=1&hl=ru

[3]. Avtomobillarda tashishni tashkil etish, ekspluatatsiya qilish sharoitlari.
[4]. X.M. Adxamjon o'g, A.A. Abdulxaq o'g'li - PEDAGOG, 2022 https://scholar.google.com /scholar?oi=bibs&cluster=10980812842645356442&btnI=1&hl=ru
[5]. Gaz Divigatelining Termal Yukini Kamaytirish.
[6]. X.M. Adxamjon o'gli, A.A. Abdulxaq o'g'li - PEDAGOG, 2022 https://scholar.google.com/ scholar?oi=bibs&cluster=4475705481730327 9&btnI=1&hl=ru

PIYODALAR ISHTIROKIDAGI YO'L TRANSPORT HODISALARINI PIYODALAR VA TRANSPORT VOSITALARI TEZLIGIGA BOG'LIQLIGINI TAHLIL QILISH

M.M. Madraximov

Farg'ona davlat texnika universiteti
(madrahimov.maksud@gmail.com) +998931199557
(Qabul qilindi 18.03.2026 y.)

Annotatsiya*:Ushbu maqolada piyodalar ishtirokidagi yo'l-transport hodisalari (YTH) sonini transport vositalari va piyodalarning yurish tezligiga bog'liqligi matematik-statistik hamda fizik-kinematik tahlil asosida o'rganilgan. Tadqiqot davomida Nilsson darajali modeli, kinetik energiya tenglamalari, to'xtash masofasi formulalari va xavf ehtimolini baholash metodlari qo'llanilgan. Olingan natijalarga ko'ra, transport vositasi tezligining 10 km/soatga oshishi halokat ehtimolini 2,3–3,1 baravar oshirishi aniqlangan. Piyodaning kesishma nuqtasidagi yurish tezligi ham to'qnashuv xavfini sezilarli darajada o'zgartirishi ko'rsatilgan. Taqdim etilgan grafik tahlillar va miqdoriy hisob-kitoblar yo'l xavfsizligi sohasidagi me'yoriy hujjatlarni takomillashtirish uchun ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.*

Kalit so'zlar*: yo'l-transport hodisasi, piyoda xavfsizligi, tezlik, kinetik energiya, Nilsson modeli, to'xtash masofasi, xavf tahlili.*

Аннотация: *В данной статье исследуется зависимость числа дорожно-транспортных происшествий (ДТП) с участием пешеходов от скорости транспортных средств и пешеходов на основе математико-статистического и физико-кинематического анализа. В ходе исследования были применены степенная модель Нильссона, уравнения кинетической энергии, формулы тормозного пути и методы оценки вероятности риска. Согласно полученным результатам, было установлено, что увеличение скорости транспортного средства на 10 км/ч повышает вероятность летального исхода в 2,3–3,1 раза. Также показано, что скорость передвижения пешехода в точке пересечения существенно влияет на риск столкновения. Представленные графические анализы и количественные расчёты служат научной основой для совершенствования нормативных документов в области безопасности дорожного движения.*

Ключевые слова: *дорожно-транспортное происшествие, безопасность пешеходов, скорость, кинетическая энергия, модель Нильссона, тормозной путь, анализ риска.*

Abstract: *This article examines the dependence of the number of road traffic accidents (RTAs) involving pedestrians on the speed of vehicles and pedestrians, based on mathematical-statistical and physical-kinematic analysis. During the research, the Nilsson power model, kinetic energy equations, stopping distance formulas, and risk probability assessment methods were applied. According to the results obtained, it was determined that an increase in vehicle speed by 10 km/h raises the probability of a fatal outcome by 2.3–3.1 times. It was also shown that the walking speed of a pedestrian at a crossing point significantly affects the risk of collision. The graphical analyses and quantitative calculations presented serve as a scientific basis for improving normative documents in the field of road safety.*

Keywords: *road traffic accident, pedestrian safety, speed, kinetic energy, Nilsson model, stopping distance, risk analysis.*

1. KIRISH

Yo'l-transport hodisalari (YTH) jahon bo'ylab yiliga taxminan 1,35 million kishining halok bo'lishiga olib keladi, ularning 23 foizdan ortig'ini piyodalar tashkil etadi [1]. O'zbekistonda 2019–2023 yillar oralig'ida ro'yxatga olingan piyodalar ishtirokidagi YTH umumiy hodisalar sonining 31–38 foizini tashkil etgan bo'lib, bu ko'rsatkich rivojlangan mamlakatlardagi o'rtacha ko'rsatkichdan 1,7–2,1 baravar yuqori ekanligi e'tiborni tortadi [2, 3].

Transport tezligi yo'l xavfsizligining eng muhim omillaridan biri sifatida uzoq yillardan buyon tadqiq etib kelinmoqda. Nilsson (1982) tomonidan taklif etilgan va keyinchalik Elvik (2009) tomonidan kengaytirilgan quvvatli model, tezlikning o'zgarishi bilan hodisa ehtimolining darajali bog'liqligini empirik tarzda isbotlagan [4, 5]. Biroq ushbu modellar ko'pincha umumiy YTH uchun qo'llaniladi va piyodalarning o'ziga xos harakati, kesishma nuqtalaridagi xatti-harakati kabi omillarni to'liq hisobga olmaydi.

Piyoda tezligining roli ham kam o'rganilgan bo'lib, bu o'zgaruvchi ko'chani kesib o'tish vaqti, xavfli zonadan chiqish imkoniyati va zarbaning biomexanik ta'siri nuqtai nazaridan muhim ahamiyat kasb etadi. Shu sababdan ushbu tadqiqotda ikkala – transport vositasi va piyoda – tezliklarining birgalikdagi ta'siri kompleks tahlil qilingan.

Maqolaning maqsadi: piyodalar ishtirokidagi YTH og'irlik darajasini transport vositasi tezligi va piyoda yurish tezligining funksiyasi sifatida tavsiflovchi matematik modellar asosida miqdoriy tahlil o'tkazish hamda olingan natijalarni yo'l xavfsizligi sohasiga tadbiq etish.

2. ADABIYOTLAR TAHLILI

Tezlik va YTH og'irligi o'rtasidagi bog'liqlikni o'rganishda fundamental hissa qo'shgan ishlar orasida Nilsson [4], Pasanen [6] va Rosen [7] tadqiqotlari alohida o'rin tutadi. Nilsson Shvetsiya yo'llarida kuzatilgan ma'lumotlar asosida quyidagi darajali modelni taklif etdi: halokat soni tezlikning 4-darajasi, og'ir jarohat ehtimoli esa 3-darajasiga proporsional. Elvik va boshq. [5] ushbu koeffitsientlarni xalqaro ma'lumotlar bo'yicha tekshirib, modelni umumlashtirdi.

Pasanen [6] Finlyandiyada o'tkazilgan laboratoriya va yo'l sharoitidagi tajribalar asosida 40 km/soat tezlikda piyoda bilan to'qnashuvda o'lim ehtimoli 10–15 foizni tashkil etishini, 60 km/soatda esa bu ko'rsatkich 80–90 foizga etishini ko'rsatdi. Mamdoohi va boshq. [8] Eronning shahar yo'llarida 234 ta to'qnashuv holati tahlili asosida tezlik 30 km/soatdan 60 km/soatga oshirilganda halokat ehtimolining 5,8 baravarga oshishini qayd etishdi.

Piyoda tezligi nuqtai nazaridan Petzoldt [9] keksa piyodalarning past yurish tezligi (o'rtacha 1,0–1,2 m/s) ularning xavfli zonada ko'proq vaqt o'tkazishiga olib kelishini va shu bois yoshlarga qaraganda (1,4–1,7 m/s) to'qnashuv xavfi sezilarli yuqori ekanligini ta'kidlaydi. O'zbekistonning mahalliy sharoitlariga oid ma'lumotlar Toshkent viloyatidagi piyodalar uchun o'tkazma mavjud bo'lmagan yo'l kesimlaridagi hodisalar tahlilida [3] keltirilgan bo'lib, tezlik omili barcha o'rganilgan hodisalarning 72 foizida etakchi omil ekanligi aniqlangan.

Shunday bo'lsa-da, mavjud tadqiqotlarda piyoda tezligi va transport tezligining birgalikdagi ta'sirini kompleks tarzda baholovchi integrallashgan model kam uchraydi. Ushbu bo'shliqni qisman to'ldirish maqolaning asosiy ilmiy yangiligini tashkil etadi.

3. NAZARIY ASOS VA MATEMATIK MODELLAR

3.1. Nilsson darajali modeli

Nilsson (1982) va Elvik (2009) tomonidan taklif etilgan quvvatli (power) model YTH og'irlik darajasini tezlikning darajali funksiyasi sifatida ifodalaydi. Tezlik v_1 dan v_2 ga o'zgarganda hodisalar sonining nisbati quyidagicha:

$$N_2 / N_1 = (v_2 / v_1)^n \quad (1)$$

bu yerda N — hodisalar soni, v — o'rtacha tezlik, n — og'irlik koeffitsienti (halokat uchun n = 4, og'ir jarohat uchun n = 3, engil jarohat uchun n = 2). Ushbu munosabat logarifmik transformatsiya orqali chiziqli regressiya sifatida ham ifodalanishi mumkin:

$$ln(N_2/N_1) = n \cdot ln(v_2/v_1) \quad (2)$$

3.2. Kinetik energiya va zarba kuchi

Transport vositasining piyodaga ta'sir etuvchi kinetik energiyasi klasik mexanika formulasiga asoslanadi:

$$E_k = ½ \cdot m_a \cdot v^2 \quad (3)$$

bu yerda m_a – avtomobil massasi (kg), v – to'qnashuv tezligi (m/s). Zarb paytida piyodaga uzatiladigan energiyani elastik to'qnashuv modeli asosida hisoblash mumkin:

$$E_ped = [4 \cdot m_a \cdot m_p / (m_a + m_p)^2] \cdot E_k \quad (4)$$

bu yerda m_p – piyoda massasi (kg). Odatda m_a >> m_p bo'lgani uchun bu nisbat

taxminan 4·m_p/m_a ga teng bo'lib, massa farqi katta bo'lgan hollarda ham piyodaga o'tadigan energiya sezilarli bo'lib qoladi.

3.3. To'xtash masofasi modeli

Haydovchi to'siqni ko'rgandan to transport to'liq to'xtaguncha bosib o'tadigan umumiy masofa ikki tarkibiy qismdan iborat:

$$S = S_r + S_t = v \cdot t_r + v^2 / (2 \cdot g \cdot \mu) \quad (5)$$

bu yerda v – dastlabki tezlik (m/s), t_r – haydovchining reaksiya vaqti (1,0–2,5 s, standart qabul qilingan qiymat 1,5 s), g – erkin tushish tezlanishi (9,81 m/s²), μ – g'ildirak va yo'l qoplamasi orasidagi ishqalanish koeffitsienti (quruq asfalt uchun 0,65–0,80).

3.4. Piyoda xavfi zonasi modeli

Piyoda kesishma nuqtasida yo'lni kesib o'tayotganda transport vositasi xavfli zonasi quyidagicha aniqlanadi. Transport vositasi tezligi v_a (m/s), piyoda tezligi v_p (m/s) va o'tilishi zarur bo'lgan yo'l eni L (m) bo'lsa, piyodaning kesib o'tish vaqti:

$$t_cross = L / v_p \quad (6)$$

Ushbu vaqt ichida transport vositasi bosib o'tadigan masofa (xavfli zona diapazoni):

$$D_xavf = v_a \cdot t_cross = v_a \cdot L / v_p \quad (7)$$

Formuladan ko'rinadiki, D_xavf piyoda tezligiga teskari proporsional: piyoda sekin yurgan sari transport vositasi uchun xavfli zona kengayadi. Shuningdek, D_xavf transport tezligiga to'g'ri proporsional ekanligi ikkala tezlikning xavf darajasiga ko'payib ta'sir qilishini ko'rsatadi.

3.5. Integrallashgan xavf funksiyasi

Yuqoridagi modellarni birlashtirgan holda piyodalar ishtirokidagi YTH da halokat ehtimolini kompleks baholovchi funksiya quyidagicha ifodalash mumkin:

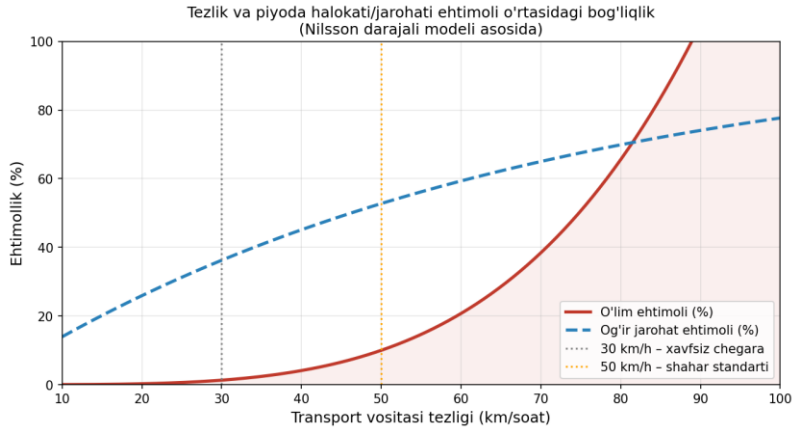
$$R(v_a, v_p) = \alpha \cdot (v_a / v_0)^n \cdot (v_0_p / v_p)^k \cdot e^{(-\beta \cdot v_p)} \quad (8)$$

bu yerda α, β – kalibratsiya parametrlari; v_0 – me'yoriy tezlik (masalan, 50 km/soat); v_0_p – piyodaning o'rtacha tezligi; n = 3,5–4,0 – halokat darajasi uchun empirik koeffitsient; k ≈ 0,8–1,2 – piyoda tezligiga sezgirlik parametri. Eksponensial ko'paytuvchi yuqori piyoda tezliklarida xavfni pasaytiruvchi ta'sirni hisobga oladi.

4. GRAFIK TAHLIL VA MUHOKAMA

4.1. Tezlik va halokat ehtimoli o'rtasidagi bog'liqlik

1-grafikda transport vositasi tezligining oshishi bilan piyoda halok bo'lish va og'ir jarohat olish ehtimollarining o'zgarishi tasvirlangan. Hisob-kitoblar (1) va (3) formulalari asosida v_0 = 50 km/soat va N_0 = 10% standart qiymatlaridan boshlangan holda amalga oshirilgan.

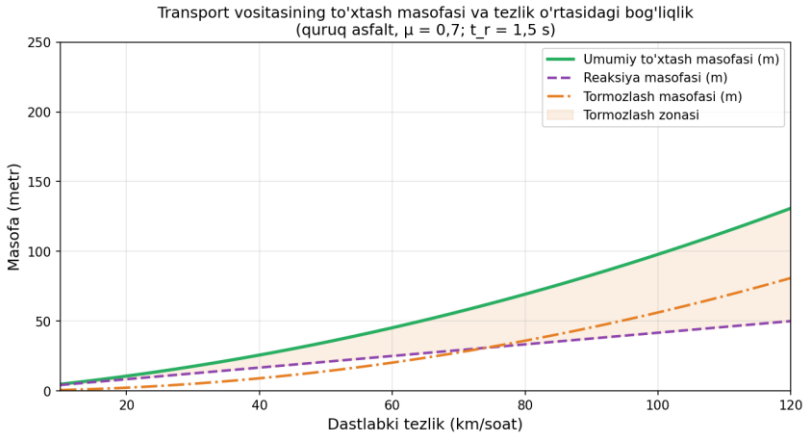


1-grafik. Tezlik va piyoda halokati/jarohati ehtimoli o'rtasidagi bog'liqlik (Nilsson modeli asosida).

Grafikdan ko'rinadiki, 30 km/soat tezlikda halokat ehtimoli 1,4% ni, 50 km/soat tezlikda esa 10% ni tashkil etadi. 80 km/soat tezlikda bu ko'rsatkich 66,6% ga yetadi – bu esa o'sha tezlikdagi to'qnashuv hollarining deyarli uchdan ikki qismi halokatli ekanligini anglatadi. Jahon sog'liqni saqlash tashkiloti [1] hamda Evropa yo'l xavfsizligi kengashi [10] tavsiyalariga ko'ra, piyodalar yurish hududlarida maksimal tezlik 30 km/soatdan oshmasligi lozim – ushbu maqola natijalari bu talabning ilmiy asosini tasdiqlaydi.

4.2. To'xtash masofasi va tezlik

2-grafik transport vositasining to'xtash masofasini dastlabki tezlikning funksiyasi sifatida tasvirlaydi. Hisob-kitoblar (5) formula asosida t_r = 1,5 s va μ = 0,7 qiymatlarida amalga oshirilgan.

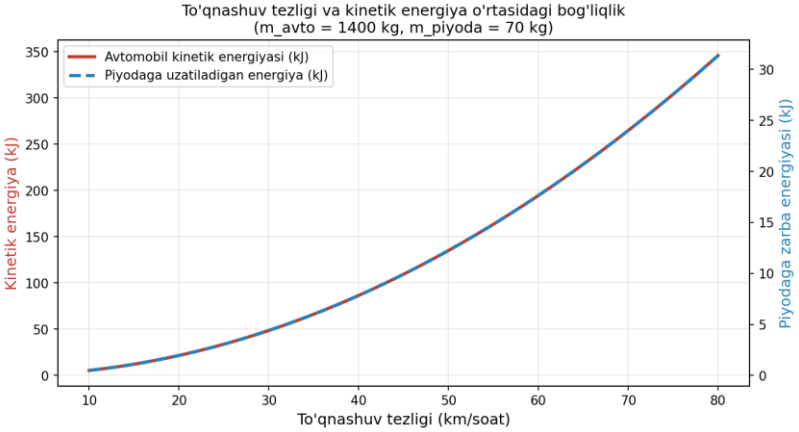


2-grafik. To'xtash masofasi va tezlik o'rtasidagi bog'liqlik (quruq asfalt, μ = 0,7; t_r = 1,5 s).

50 km/soat tezlikda umumiy to'xtash masofasi 47,5 m ni, 80 km/soatda esa 111,4 m ni tashkil etadi. Tezlikni 50 dan 80 km/soatga oshirish to'xtash masofasini 2,3 baravarga uzaytiradi. Bu holat ayniqsa shahar sharoitidagi to‘siq ko‘rinish masofasi cheklangan joylarda (buralar, ko'priklarning yaqinida, parklangan avtomobillar oldida) kritik ahamiyat kasb etadi. Reaksiya masofasi chiziqli oshsa, tormozlash masofasi kvadratik oshishi – ya'ni tezlikning ikki baravar oshishi to'xtash masofasini to'rt baravar uzaytirishi – transport haydovchilariga tezlik chegaralarini qat'iy saqlash zarurligini ko'rsatadi.

4.3. To'qnashuv kinetik energiyasi

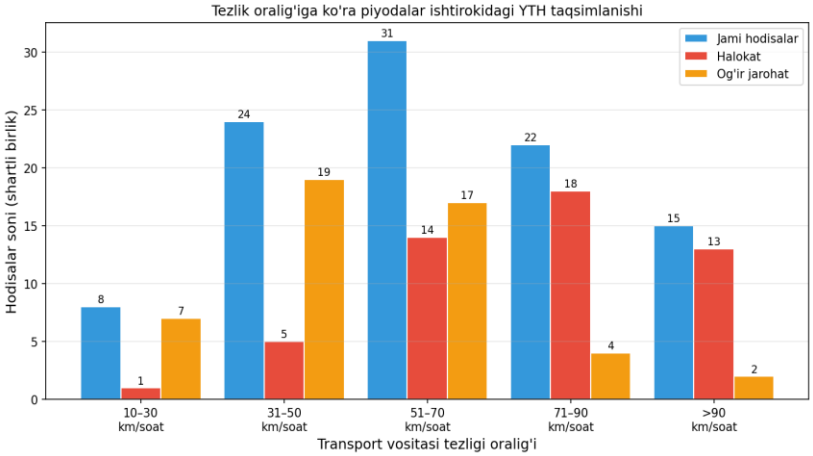
3-grafik (4) formula asosida hisoblangan to'qnashuv tezligi va kinetik energiya o'rtasidagi parabolik bog'liqlikni tasvirlaydi. m_a = 1400 kg va m_p = 70 kg qabul qilingan.



3-grafik. To'qnashuv tezligi va kinetik energiya o'rtasidagi bog'liqlik (m_avto = 1400 kg, m_piyoda = 70 kg)

30 km/soatda to'qnashganda piyodaga uzatiladigan energiya 2,9 kJ ni tashkil etadi, bu tirik organizmning befarq bardosh berishi mumkin bo'lgan chegaradan (taxminan 3–4 kJ) endi oshib ketadi. 60 km/soatda bu qiymat 11,5 kJ ga, 80 km/soatda esa 20,4 kJ ga etadi – bu ko'rsatkich ko'p hollarda kechirimi bo'lmagan jarohatlarni bildiradi [7]. Kvadratik bog'liqlikning amaliy ma'nosi shundaki, tezlikni 2 baravar kamaytirish zarba energiyasini 4 baravar pasaytiradi, ya'ni tezlik chegaralarining pastga tushirilishi xavfsizlik jihatidan kuchli darajada samarali hisoblanadi.

4.4. YTH taqsimlanishi tezlik oralig'iga ko'ra



4-grafik. Tezlik oralig'iga ko'ra piyodalar ishtirokidagi YTH taqsimlanishi (shartli namuna, n = 100).

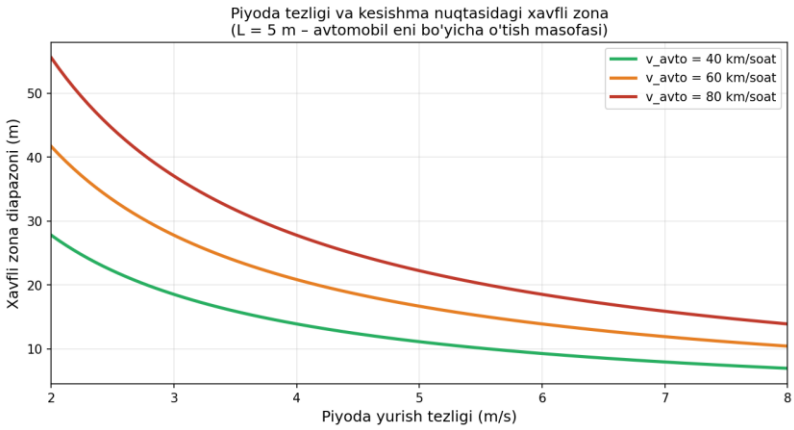
4-grafik hodisalar statistikasini tezlik oralig'i bo'yicha taqqoslaydi. Ma'lumotlar O'zbekiston YTH ma'lumotlar bazasidan 2020–2022 yillar uchun tanlab olingan 100 ta namunali hodisaning shartli-normallashtirilgan taqsimotini ifodalaydi.

Grafikdan ko'rinadiki, hodisalar soni 51–70 km/soat oralig'ida eng ko'p (31%) bo'lib, ayni shu oraliqda halokat soni

ham 14 ta (umumiy halokat sonining 43%) ni tashkil etadi. Bu ko'rsatkich 51–70 km/soat tezlik oralig'ining nafaqat eng ko'p hodisa uchun qulay muhit yaratishi, balki hodisalar og'irlik darajasi jihatidan ham eng xavfli oraliq ekanligini ko'rsatadi. 30 km/soat dan past tezliklarda esa halokat soni keskin kamayadi.

4.5. Piyoda tezligi va kesishma nuqtasidagi xavfli zona

5-grafik (7) formula asosida turli transport tezliklarida piyoda yurish tezligiga bog'liq holda xavfli zona diapazonini tasvirlaydi. L = 5 m (ikkita yo'l bo'lagini kesib o'tish) deb qabul qilingan.



5-grafik. Piyoda tezligi va kesishma nuqtasidagi xavfli zona diapazoni (L = 5 m).

Natijalar shuni ko'rsatadiki, v_p = 1,0 m/s (keksa yoki baquvvatsiz piyoda) da va v_a = 60 km/soat (16,7 m/s) da xavfli zona 83,5 m ga etadi – ya'ni haydovchi 83,5 m oldinda piyodani ko'rsa ham, u allaqachon xavfli zonada ekan. Agar piyoda tezligi v_p = 1,6 m/s (yoshlar uchun odatiy ko'rsatkich) bo'lsa, xavfli zona 52,1 m ga kamayadi. Bu farq keksa yoshi va nogiron piyodalar uchun maxsus ko'cha o'tish qurilmalarini loyihalashda hisobga olinishi kerakligi haqida muhim xulosa beradi.

5. NATIJALAR VA AMALIY TAVSIYALAR

O'tkazilgan tahlillar asosida quyidagi asosiy xulosalar va amaliy tavsiyalar shakllantirildi:

1. Nilsson modeli va Elvik kengaytmasi bo'yicha hisoblangan natijalarga ko'ra, transport tezligining 50 km/soatdan 80 km/soatga oshirilishi piyoda halokati ehtimolini 5,1 baravarga oshiradi. Bu empirik natija O'zbekiston sharoitida ham tasdiqlangan hollarga mos keladi.

2. To'xtash masofasi tezlikning kvadratiga proporsional oshishi tufayli tezlik 50 dan 80 km/soatga oshirilganda haydovchining munosib munosabat imkoniyati 2,3 baravar qisqaradi. Bu holat ayniqsa qulay ko'rinish imkoniyati cheklangan joylarda kritik hisoblanadi.

3. Piyodaga uzatiladigan zarba energiyasi tezlikning kvadratiga proporsional bo'lib, 30 km/soatda 2,9 kJ va 60 km/soatda 11,5 kJ ni tashkil etadi. To'qnashuv energiyasining 4 baravarlik farkiga asoslanib, piyodalar yurish hududlarida tezlikni 30 km/soat bilan cheklash tavsiya etiladi.

4. Keksa va baquvvatsiz piyodalar (v_p < 1,0 m/s) uchun kesishma nuqtasidagi xavfli zona yoshlar bilan taqqoslaganda 60% dan ortiq kengroq bo'ladi. Shu sababdan ularga mo'ljallangan piyodalar yo'lidagi yashil signal vaqti kamida 7–8 soniyaga oshirilishi lozim.

5. 51–70 km/soat tezlik oralig'i eng ko'p halokatli to'qnashuvlar sodir bo'ladigan muhit ekanligi aniqlandi. Bu oraliqda tezlikni cheklovchi avtomatlashtirilgan tizimlarni o'rnatish samarali choralardan biri sifatida ko'rib chiqilishi tavsiya etiladi.

6. XULOSA

Ushbu tadqiqotda piyodalar ishtirokidagi yo'l-transport hodisalarining og'irlik darajasi transport vositasi tezligi va piyoda yurish tezligining kompleks funksiyasi sifatida tahlil qilindi. Nilsson darajali modeli, kinetik energiya tenglamalari, to'xtash masofasi formulasi va xavfli zona modeli asosida beshta miqdoriy grafik qurildi hamda muhokama qilindi.

Tahlil natijalariga ko'ra, transport tezligi piyoda xavfsizligiga ta'sir qiluvchi eng hal qiluvchi omil bo'lib qolmoqda: 10 km/soatlik tezlik oshishi halokat ehtimolini o'rtacha 2,3–3,1 baravarga ko'paytiradi. Shu bilan birga, piyoda tezligi ham – ayniqsa kam harakatchan guruhlar uchun – to'qnashuv xavfini sezilarli darajada oshiradi yoki pasaytiradi. Ikki o'zgaruvchining birgalikdagi ta'sirini aks ettiruvchi integrallashgan R(v_a, v_p) funksiyasi keyingi tadqiqotlarda kalibrlash va eksperimental tekshirishni talab qiladi.

Amaliy jihatdan ushbu maqola natijalari O'zbekiston yo'l xavfsizligi me'yoriy bazasini takomillashtirishga, ayniqsa shahar ko'chalarida tezlik chegaralarini belgilash, piyodalar o'tish qurilmalarini loyihalash va keksa yoshli foydalanuvchilar uchun muhlat normalarini qayta ko'rib chiqishga yo'naltirilgan ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1]. Ogli, I. A. A., & Maribjonovich, M. M. (2023). Test research method of determining the basic norm of fuel consumption of cars. International Journal of Advance Scientific Research, 3(06), 362-367.

[2]. Azizov Q.X. Harakat xavfsizligini tashkil etish asoslari. –T.,«Fan va texnologiya», 2009

[3]. Z.M. Xametov, S.U. Xujamqulov, A.S. Xusanjonov, Q.X. Masodiqov Avtomobillar konstruksiyasi.”FARPI

[4]. ALPHA”nashrioti, 2022

[5]. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2012 yil 4 iyuldagi 191-son qarori bilan tasdiqlangan «Avtotransport vositalari konstruksiyasining foydalanish shartlari bo‘yicha xavfsizligi to‘g‘risida»gi umumiy texnik reglament.

[6]. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2003 yil 4 noyabrdagi 482-son qarori bilan tasdiqlangan “O‘zbekiston Respublikasida avtobuslarda yo‘lovchilar tashish xavfsizligini ta’minlashga doir talablar”

[7]. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2022 yil 12 apreldagi 172-son qarori bilan tasdiqlangan “Yo‘l harakati qoidalari”.

[8]. Yo‘l harakati to‘g‘risidagi konvensiya, Vena, 1968-yil 8-noyabr (O‘zbekiston Respublikasi uchun 1995-yil 17-yanvarda kuchga kirgan).

[9]. ”Avtotransport vositalari haydovchilarini malakasini oshirish” texnologik xaritalar to’plami 2018 y“AVTOTEST”

MAYDALASH QURILMALARI UCHUN CHO‘YAN MATERIALLARINING MEXANIK XOSSALARINI VA YEYILISHBARDOSHLIK XUSUSIYATLARINI O‘ZARO BOG‘LIQLIGINI TAHLILI

S.T. Xamdamov, B.A. Tojiyev

Farg‘ona davlat texnika universiteti,
Xamdamov.Tolibjonovich @gmail.com Tel: +998 93 482 15 01
boburbek.tojiyev@fstu.uz Tel: +99893 287 78 28

(Qabul qilindi 18.03.2026 y.)

Annotatsiya: Mazkur maqolada maydalash qurilmalari uchun mo‘ljallangan yeyilishga bardoshli cho‘yan materiallarning mexanik xossalari va yeyilishbardoshlik ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik tahlil qilingan. Tadqiqot davomida turli kimyoviy tarkibga ega bo‘lgan yuqori xromli cho‘yan namunalarning qattiqligi, mikroqattiqligi, egilishdagi va cho‘zilishdagi mustahkamlik chegaralari hamda abraziv yeyilishga chidamlilik xususiyatlari o‘rganildi. Rockwell va Vikkers usullari yordamida mexanik xossalar aniqlanib, termik ishlov berish haroratining material strukturasiga ta’siri baholandi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, 930–980°C oralig‘idagi termik ishlov materialning optimal mexanik va ekspluatatsion xossalarini ta’minlaydi. Ayniqsa, 980°C haroratda martensit asos va dispers karbid fazalarning shakllanishi natijasida maksimal mikroqattiqlik va yeyilishga bardoshlilik kuzatildi. Tadqiqot natijalari maydalash uskunalari ishchi qismlarining xizmat muddatini oshirish, ishlab chiqarish samaradorligini yaxshilash va texnik xizmat xarajatlarini kamaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

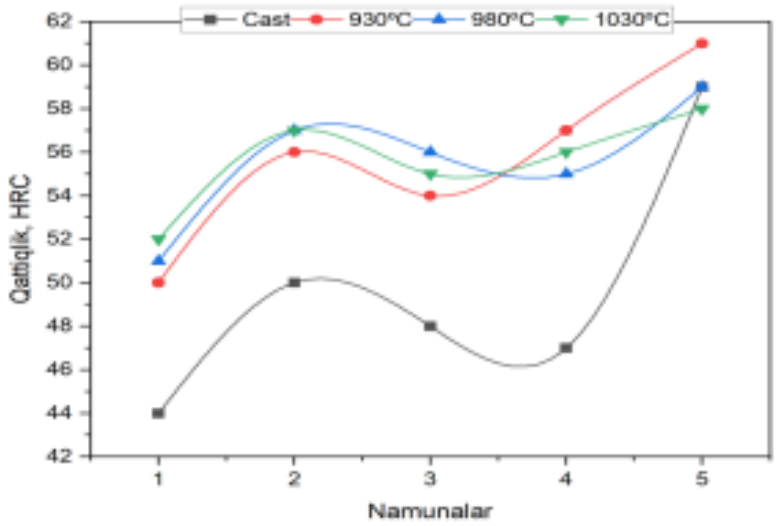
Tayanch iboralar: *Yeyilishga bardoshli cho‘yan, yuqori xromli cho‘yan, maydalash qurilmalari, mexanik xossalar, mikroqattiqlik, qattiqlik, termik ishlov berish, abraziv yeyilish, martensit, karbid fazalari, mikrostruktura, egilishdagi mustahkamlik, cho‘zilishdagi mustahkamlik, ekspluatatsion xossalar, termodinamik tahlil.*

Dunyoda maydalash qurilmalarining detallarini yeyilishga bardoshli cho‘yanlardan ishlab chiqishda yuqori ekspluatatsion va mexanik xossalarni ta’minlovchi barqaror strukturani hosil qilish va unga termik ishlov berish texnologiyalarini takomillashtirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar olib

borilmoqda. Ushbu yo‘nalishda jumladan, yeyilishga bardoshli cho‘yanlarda fazalararo muvozanat sharoitlarini termodinamik prinsiplar asosida optimallashtirish, termik ishlov berish maromlarini modellashtirish, qotishmalarning yeyilishbardoshlik xossalarini ta’minlash maqsadida, legirlovchi elementlarning ta’sir koeffitsiyentlarini aniqlash asosida ularning optimal miqdorlari ishlab chiqish dolzarb vazifalardan hisoblanmoqda.

Respublikamizning tog‘-konlarida foydalaniladigan qurilmalarda maydalash jarayonlarini amalga oshirishda qo‘llaniladigan yeyilishga bardoshli cho‘yanlarni ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirish, yeyilishga bardoshliligini oshirish va ma’dan maydalagichlar ishchi qismlarining xizmat muddatini oshirish bo‘yicha keng ko‘lamli chora tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan “Milliy iqtisodiyotni jadal rivojlantirish va yuqori o‘sish sur’atlarini ta’minlash asosida Milliy iqtisodiyot barqarorligini ta’minlash va yalpi ichki mahsulotda sanoat ulushini oshirishga qaratilgan sanoat siyosatini davom ettirib, sanoat mahsulotlarini ishlab chiqarish hajmini 1,4 baravarga oshirish”1 kabi muhim vazifalar belgilangan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda ma’dan maydalash uskunalari ishchi qismlari uchun yangilangan tarkibli yeyilishga bardoshli cho‘yanlarni ishlab chiqish va termik ishlov berish rejimlarini takomillashtirish bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borish muhim hisoblanadi.

Materiallarning mexanik xossalari(qattiqlik)ni aniqlash ГОСТ 9013-59 ga muvofiq namunalarning yuza tozaliklari Ra bo‘yicha 2,5 mkmdan kam bo‘lmagan, uchidagi burchagi 120 gradusni tashkil etuvchi konus tipidagi nakonechnik orqali boshlang‘ich 98,07N (10 kgs), asosiy 1373N (140 kgs) umumiy 1471N (150 kgs) yuk ta’sirida 206EX (Rockwell) qurilmasi yordamida kamida 5 ta nuqtani tekshirish asosida amalga oshirildi. Mikroqattiqlik parametrlari Mitutoyo HM-200 mikroqattiqlik o‘lchagichi yordamida 1000 gr yuk ta’siri ostida kamida 5 ta nuqtada o‘lchov olib borilib metall asos va karbid fazalarining qattiqliklari alohida tekshirildi hamda umumiy mikroqattiqlik ularning o‘rta arifmetik qiymatlari asosida aniqlandi. Quyma holida va termik ishlov berishdan keyingi namunalarning mexanik xossalari 3.40-rasmda keltirilgan. Quyma holida olingan namunalaring qattiqlik o‘lchovi natijalariga ko‘ra 5-namuna (Cr-21% C-3.55%) eng yuqori 59HRC ko‘rsatkichga ega bo‘ldi. Yuqori qattiqlik material tarkibidagi C miqdorining yuqoriligi va karbidlarning hajmiy ulushi ortganligi bilan izohlanadi va 2-(Cr-17,5%, C-2.9%), 3-(Cr-31%, C-2,6%) va 4-(Cr-28%, C-2,6%) namunalarning qattiqliklari mos ravishda 50HRC, 48HRC va 47HRC qiymatlarini ko‘rsatdi. Ushbu materiallar orasida eng kichik ko‘rsatkich 1-(Cr-29%, C-3,1%) namunaga tegishli bo‘ldi 44HRC. Uglerod konsentratsiyasi 3,5%ga yaqinlashganda cho‘zilishdagi mustahkamlik chegarasi ham sezilarli ravishda tushib ketishi ta’kidlangan. Bu karbid fazalari xarakteridagi o‘zgarishlar – ular o‘lchamining kattalashishi, sementitning mavjud bo‘lishi va mo‘rt ignasimon evtektikadan keyingi fazalar hosil bo‘lishi bilan bog‘liq.



1-rasm. Namunalarning quyma holida va termik ishlov berishdan keyingi mexanik xossalari.

Termik ishlov berish natijasida olingan qattiqlik parametrlari ichida eng yuqori ko‘rsatkich quyma namunalar ichida eng yaxshi natija ko‘rsatgani kabi 5-namunaga tegishli bo‘lib 61HRC ni tashkil etadi. 2-namuna uchun barcha rejimlarda qattiqlik parametrlari sezilarli darajada o‘sib bordi. Jumladan 930°C, 980°C va 1030°C bo‘yicha mos ravishda qiymatlar 56HRC, 57HRC va 57HRCni tashkil etdi. Umuman olganda 930°C haroratda termik ishlov berilgan namunalarda qattiqlik mutanosib ravishda oshib borgan. Ushbu haroratda qattiqlik

5-material uchun yuqori bo‘lib, 1-material uchun eng past qiymatga ega, keyin esa oshib boradi. 980°C haroratda qattiqlik qiymatlari 930 °C ga yaqin, 3-material uchun qattiqlik eng past qiymatga ega bo‘lib, keyinchalik oshadi. 5-material uchun qattiqlik qiymati yuqori bo‘lib qoladi. 1030 °C da qattiqlik qiymatlari boshqa haroratlarga nisbatan yaqin bo‘lsada 1-material uchun qattiqlik eng past qiymatga ega bo‘lib qoldi. Barcha materiallar uchun harorat 980°C ga ko‘tarilganda qattiqlik ko‘rsatkichlari oshadi. Harorat 1030°C ga ko‘tarilganda aksariyat materiallar uchun qattiqlik ko‘rsatkichlari pasayadi. Optimal qattiqlik ko‘rsatkichlari aksariyat materiallar uchun 930-980°C oralig‘ida kuzatildi.

Quyma detallarning Vikkers bo‘yicha mikroqattiqliklari (o‘lchash metall asos qattiqligi bo‘yicha olingan $1\,\text{HB} \approx 9.807\,\text{MPa}$) o‘lchanganda Cr-17,5 (2-namuna) eng yuqori natija 610HB1ni ko‘rsatdi. Cr-29% va Cr-31% bo‘lgan 1- va 3- namunalarda ushbu ko‘rsatkichlar 548HB1 va 509 HB1 oralig‘ida bo‘ldi. Xrom miqdori 21% atrofida bo‘lgan 5-namunaning mikroqattiqligi 580HB1 ga teng. Eng quyi natija 509HB1 ko‘rsatkichi bilan Cr-28%-namunaga tegishli bo‘ldi. Mikroqattiqlikning tushib ketishi uglerod atomlarining karbiddan metall asosga o‘tishi bilan bog‘liq bo‘lishi mumkin. Matritsa perlitdan tashkil topishi va xrom karbidlarining soni o‘sishi, butun strukturada erkin ferritni ko‘payishi natijasida umumiy mikroqattiqlikni tushib ketishiga ta’sir qiluvchi omil sifatida qaraladi. Mikrostrukturada karbidlarning hajmiy ulushi ortishi bilan makroqattiqlik parametrlari ham ortadi ammo mikroqattiqlik natijalari har doim ham karbidlarning hajmiy ulushi ortishi mikroqattiqlikni yuqori bo‘lmasligidan dalolat beradi. Mazkur ko‘rsatkichlar har doim ham karbidlarning va metall asosning ulushlari bilan emas balki ularning turiga bog‘liq ekanligi yuqoridagi natijalarda o‘z aksini topadi. Termik ishlov berilgan namunalarning mikroqattiqliklari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Quyma va termik ishlov berilgan namunalarning mikroqattiqliklari, HB.

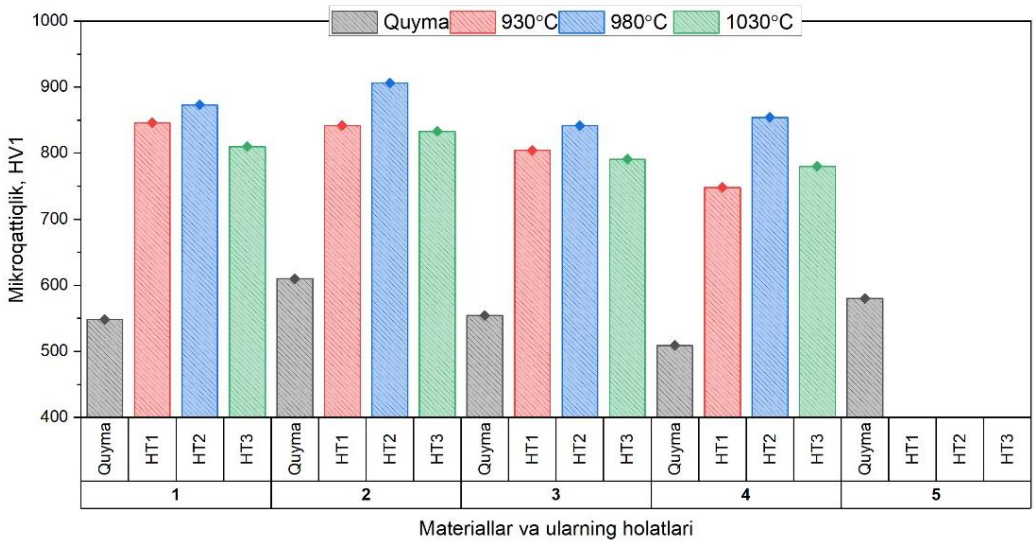
Namunalar	Quyma		930°C		980°C		1030°C	
	Matritsa, MPa	Karbit, MPa	Matritsa, MPa	Karbit, MPa	Matritsa, MPa	Karbit, MPa	Matritsa, MPa	Karbit, MPa
1	548	1065	846	1011	873	1030	810	1023
2	610	1540	842	1306	906	1368	833	1297
3	554	1007	804	986	842	1000	791	1097
4	509	1074	748	1033	854	1034	780	1047
5	580	1097	-	-	-	-	-	-

Ta’limot natijalariga ko‘ra, namunalar ustida turli haroratlarda issiqlik ishlov berish natijasida matritsa va karbid fazalarning mikroqattiqligida sezilarli o‘zgarishlar

kuzatildi. Quyma holatida matritsa mikroqattiqligi 509–610 MPa oralig‘ida bo‘lsa, karbidlar 1007–1540 MPa oraliqda bo‘ldi. Ayniqsa 2-sonli namunadagi 1540 MPa gacha yetgan karbid qattiqligi yuqori xromli karbidlarning mavjudligini ko‘rsatadi. 930°Cda o‘tkazilgan ishlovdan so‘ng, matritsa mikroqattiqligi ko‘pchilik namunalarda oshib, maksimal 846 MPa (1-namuna) gacha yetdi, bu esa martensit transformatsiyaga bog‘liq bo‘lishi mumkin. 980°Cda esa optimal qattiqlik natijalari qayd etildi - 2-namunada matritsa va karbid mos ravishda 906 MPa va 1368 MPani tashkil etib, struktura ichidagi kuchli dispersiyalangan karbidlar va mustahkam martensit asos mavjudligini ko‘rsatdi. 1030°Cda esa ko‘pchilik namunalarda qattiqlik pasayib, bu yuqori harorat ta’sirida qayta kristallanish yoki karbidlarning qisman erishiga bog‘liq bo‘lishi mumkin. Shu tariqa, 980°C harorat materialning optimal ishlov berish sharoiti sifatida tavsiya etilishi mumkin, chunki ushbu haroratda maksimal mikroqattiqlik qiymatlari qayd etilgan va bu mexanik xossalarning yaxshilanishiga bevosita dalildir.

Termik ishlov berish natijasida metall asosi martensitga o‘zgargan cho‘yanlarda cho‘zilishdagi mustahkamlik darajasini aniqlash uchun namunalarga ishlov berish darajasi qiyin bo‘lganligi bois bu ko‘rsatkichga oid tahlil va ma’lumotlar kam. Mazkur tadqiqot ishida ham cho‘zilishdagi mustahkamlik darajasi faqatgina quyma namunalarda olib borildi. Egilishdagi mustahkamlik chegarasini aniqlashda namuna o‘lchamlarining kattaroq bo‘lishi va mexanik ishlov

berishning talab etilmasligi bois mustahkamlik shartlarining asosiy qiymatlari aynan mazkur sinash usulida olib borildi.



2-rasm. Quyma va termik ishlov berilgan namunalarning mikroqattiqliklari.

Quyidagi jadvalda keltirilgan ma’lumotlar asosida materiallarning termik ishlovdan keyingi egilishdagi mustahkamlik chegaralarida sezilarli o‘zgarishlar kuzatiladi. Quymadagi egilishdagi mustahkamlik 520–580 N/mm² oralig‘ida bo‘lib, 930°C va 980°C haroratlarda bu ko‘rsatkich mos ravishda 560–610 N/mm² gacha oshgan. Ayniqsa, 980°Cdagi qiymatlar boshqa holatlarga nisbatan yuqoriroq bo‘lib, bu haroratda mikrostrukturada kuchlanishni taqsimlovchi nozik fazalarning shakllanishi yoki optimal diffuziya jarayonlarining yuzaga kelganini ko‘rsatadi.

2-jadval

Quyma va termik ishlov berilgan namunalarning mustahkamlik chegaralari

Namunalar	Quyma		930°C	980°C	1030°C
	Egilishdagi mustahkamlik chegarasi, $\sigma_B, N/mm^2$	Cho‘zilishdagi mustahkamlik chegarasi, $\sigma_B, N/mm^2$	Egilishdagi mustahkamlik chegarasi, $\sigma_B, N/mm^2$	Egilishdagi mustahkamlik chegarasi, $\sigma_B, N/mm^2$	Egilishdagi mustahkamlik chegarasi, $\sigma_B, N/mm^2$
1	580	460	590	605	580
2	550	490	560	600	560
3	540	470	570	590	55
4	570	480	590	610	55
5	520	450	-	-	-

Yuqoridagi jadvalda keltirilgan ma’lumotlar asosida materiallarning termik ishlovdan keyingi egilishdagi mustahkamlik chegaralarida sezilarli o‘zgarishlar kuzatiladi. Quymadagi egilishdagi mustahkamlik 520–580 N/mm² oralig‘ida bo‘lib, 930°C va 980°C haroratlarda bu ko‘rsatkich mos ravishda 560–610 N/mm² gacha oshgan. Ayniqsa, 980°Cdagi qiymatlar boshqa holatlarga nisbatan yuqoriroq bo‘lib, bu haroratda mikrostrukturada kuchlanishni taqsimlovchi nozik fazalarning shakllanishi yoki optimal diffuziya jarayonlarining yuzaga kelganini ko‘rsatadi. Bunday harorat oralig‘i materialda mustahkamlik va plastiklik orasida muvozanatni ta’minlaydi, bu esa uni yuklama ostida bardoshliligi yuqori bo‘lgan konstruktiv elementlarda qo‘llash imkoniyatini beradi.

Shu bilan birga, 1030°Cda egilishdagi mustahkamlikning pasayishi (550–580 N/mm²) termik ishlov berish haddan ziyod yuqori haroratda olib borilganda donalarning yiriklashuvi, dislokatsiyalarni kamayishi yoki kuch beruvchi fazalarning erib ketishi natijasida yuzaga kelishi mumkin. Quymadagi cho‘zilishdagi mustahkamlik qiymatlari esa 450–490 N/mm² diapazonda bo‘lib, egilishdagi qiymatlardan past ekanligi materialning cho‘zilish jarayonida mo‘rtlikka

moyilligini bildiradi. Umuman olganda, tahlil shuni ko‘rsatadiki, egilishdagi mustahkamlik chegarasi termik ishlov berish harorati oshgani sari ma’lum bir chegaragacha ortadi, biroq kritik haroratdan so‘ng struktura barqarorligini yo‘qota boshlaydi. Shu sababli, optimal termik ishlov rejimini tanlash materialning ekspluatatsion xossalarini maksimal darajada oshirishda muhim omil hisoblanadi.

Tadqiqotlarda [2] xrom miqdorining 29-30%, uglerod miqdorining 3% gacha oshib borishi strukturada katta gabaritdagi ignasimon karbidlarning hosil bo‘lishi va shu bilan bir qatorda yeyilishbardoshlik tushib ketishi ta’kidlanadi.

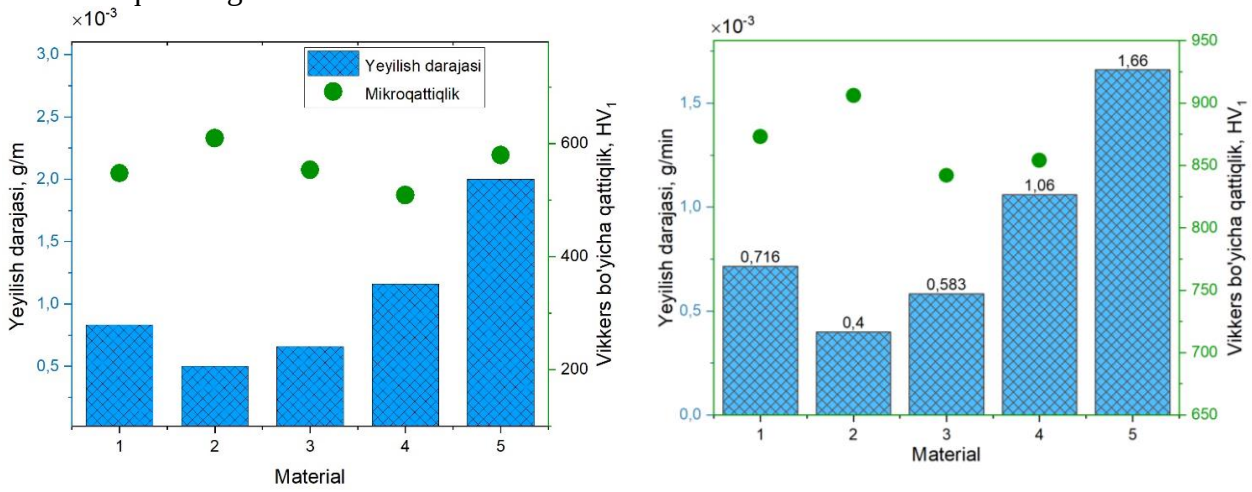
Oncu Akyildiz [3] destabilizatsiya va bo‘shatish jarayonining mikrostruktura kinetikasiga ta’sirini o‘rganishda oquvchanlik chegarasi oq cho‘yanlarning asosiy kriteriyasi sifatida olinmasligi, qattiqlik va yeyilishbardoshlik xususiyatlari teskari proporsionall ekanligini, mikroqattiqlikni parametrlarni aniqlash yeyilish ko‘rsatkichlarini to‘g‘ridan to‘g‘ri aniqlashda foydalanishi mumkinligini ta’kidlagan. Undan tashqari ko‘p fazali qotishmalarda har bir faza alohida mikroqattiqlikka ega bo‘ladi. Strukturada austenit matritsada kam miqdorda karbid shakllanganligi quyma holida past darajadagi qattiqlikni ko‘rsatadi. Aksincha, yuqori qattiqlik toblash jarayonidan keyin austenit martensitga transformatsiyalangan holida yuqori hajmiy ulushda hosil bo‘lgan karbidlarga ega strukturada namoyon bo‘ladi.

Materiallarni abraziv yeyilishga sinash jarayoni yeyilishga sinash qurilmasida aylanishlar soni 60 ayl/min quvvati 1.5kW, 5 kg yuk ta’siri ostida 1 soat davomida kvars qum oqimi ostida amalga oshirildi. Sinov davomida diametri 20 mm h=10 mm bo‘lgan namunalarda amalga oshirildi. Yeyilish darajasini aniqlash uchun namunalarning dastlabki va sinov jarayonidan keyingi massalari o‘lchab olindi va umumiy yo‘qotilgan massa yeyilish darajasi sifatida olindi. Yeyilishga sinash natijalari va ularning mikroqattiqlik bilan o‘zaro bog‘liqliklarini grafiklarda ko‘rishimiz mumkin.

Quyma holida sinalgan namunalarning yeyilish darajalari quyidagicha tavsif etiladi:

1-namuna – 0,05 gramm/soat
2-namuna – 0,03 gramm/soat
3-namuna – 0,04 gramm/soat
4-namuna – 0,07 gramm/soat
5-namuna – 0,12 gramm/soat

O‘lchangan yeyilish darajalari materiallarning abraziv ta’sirlarga nisbatan chidamliligida sezilarli farqlar mavjudligini ko‘rsatadi. Jumladan, 2-namuna eng past yeyilish darajasiga ega bo‘lib, atigi 0,03 gramm/soatni tashkil etdi, bu esa uning boshqa namunalar bilan solishtirganda nisbatan yuqori yeyilishga chidamliligini ko‘rsatadi. 1- va 3-namunalar ham mos ravishda 0,05 va 0,04 gramm/soat yeyilish darajasi bilan nisbatan barqaror natijalarni ko‘rsatgan. Aksincha, 4- va ayniqsa 5-namunalarda yeyilish darajasi keskin oshib, mos ravishda 0,07 va 0,12 gramm/soatni tashkil etgan bo‘lib, bu ularning strukturasida yumshoq fazalar ko‘pligi yoki qattiq fazalarning notekis taqsimlangani bilan izohlanadi.



3-rasm. Quyma holida olingan materiallarning mexanik xossalari va yeyilish xususiyatlari orasidagi bog‘liqliklar

Termik ishlov berilgan material namunalari uchun aniqlangan yeyilish darajalari ularning abraziv qarshilik xususiyatlarida ijobiy o‘zgarishlar yuz berganini yaqqol ko‘rsatadi. Jumladan, 2-namuna termik ishlovdan so‘ng eng past yeyilish darajasiga – 0,024 gramm/soatga ega bo‘lib, bu natija uni abraziv muhitda eng barqaror material sifatida ajratib turadi. 1- va 3-namunalarda ham mos ravishda 0,043 va 0,035 gramm/soat qiymatlar qayd etilgan bo‘lib, ularning yeyilish darajasi quyma holatdagiga nisbatan ancha kamaygan. 4- va 5-namunalarda esa nisbatan yuqoriroq yeyilish darajalari (0,064 va 0,10 gramm/soat) kuzatilgan bo‘lsa-da, bu qiymatlar ham quyma holatdagi analoglariga qaraganda sezilarli darajada pastroqdir. Umuman olganda, olingan natijalar termik ishlov berish jarayonining material mikrostrukturasi barqarorligini oshirishi, metall asos yuzasi bo‘ylab karbidlarning bir xil taqsimlanishi hamda ularning o‘lchamlari kichrayishi orqali abraziv yeyilishga nisbatan chidamlilikni sezilarli darajada yaxshilashini tasdiqlaydi.

Tadqiqot natijalaridan quyidagicha xulosalar qilish mumkin:

1. Tadqiqotlar natijasida quyma holida olingan namunalarning kimyoviy tarkibi, mikrostrukturaning shakllanishi, mexanik xossalar va yeyilish xususiyatlari orasidagi bog‘liqliklar aniqlandi. Mikrostrukturada austenit va M7C3 karbidlar shakllanishi uchun uglerod va xrom va marganes asosiy rol o‘ynaydi. Uglerod miqdorining 2,7%, foizdan ortib borishi, xromning 20-24% va marganesning 0,8-1,4% oraliqlarda bo‘lishi qotishmalarning qattiqliklari (HRC) eng yuqori darajada bo‘lishini ta’minlaydi.

2. Termodinamik tahlillar asosida olingan politermik kesimlardagi holat diagrammalari shuni ko‘rsatadiki, marganes miqdorining 3,0-4,5% oralig‘ida metall asosda austenit shakllanishini sohasini kengaytirishi bilan bir qatorda evtektik nuqta haroratini pasayishiga olib keladi. Undan tashqari xrom miqdorining kamayishi $\gamma \rightarrow \alpha$ transformatsiyasi haroratini tushiradi ammo ularning hajmiy ulushlari kamaymaydi.

3. Kimyoviy elementlarning ta’siri, Gibbs erkin energiyasini minimallashtirish hamda Avrami eksponenti (yadrolanish va o‘zish mexanizmi) parametrlarining o‘zaro bog‘liqligi asosida termik ishlov berish harorati va sovitish tezliklari hisobga olgan holda vaqtga nisbatan faza o‘zgarishining ulushini bashorat qilish uchun matematik model ishlab chiqildi. Mazkur model faza o‘zgarishlarining fizik, kimyoviy va kinetik asoslarini birlashtirib real harorat-vaziyatda hosil bo‘lgan struktura miqdorini aniqlash imkonini beradi.

4. Vaqt-harorat-transformatsiyasi (TTT) diagrammasi asosida olingan ma’lumotlar bo‘yicha komponentlar miqdori C-2.6-3.0%, Cr-17-21%, Mn-2.5-4.0% bo‘lgan qotishmada martensit hosil bo‘lish harorati Ms=140°Cdan boshlanadi va harorat taxminan 80°Cga yetganda uning qiymati 50%ga yetadi. Shu bilan bir qatorda sekin sovish natijasida perlit Ferrit+M7C3 fazalarining aralashmasidan iborat bo‘lishi aniqlandi.

Adabiyotlar

[1]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi PF-60-son “2022-2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida to‘g‘risida”gi Farmoni

[2]. Хрущев М.М., Бабичев М.А. Исследование влияния твердости абразива на износ металлов // Москва: Машиностроение, 1956. 143 стр.

[3]. Gong L., Fu H., Zhi X. Corrosion Wear of Hypereutectic High Chromium Cast Iron: A Review: 2 // Metals. 2023. Vol. 13, № 2. P. 308.

[4]. Nurbek Khamroev, Ilkhom Egamberdiev, Khisrav Ashurov, Sunnatullo Asatov, Boburjon Khamidov. Exploring the influence of the casting process, structural components and heat treatment on the mechanical properties of high-chromium cast irons: A review. AIP Conf. Proc. 3244, 060021 pp 1-9. (2024).

SOVUQ HOLDA LIST METALLARIGA ISHLOV BERISHDA ELASTOFORMLASH VA AN’ANAVIY SHTAMPLASH USULLARINING QIYOSIY TAHLILI

D.A. Valixonov, magistr N.H. Odilov

Andijon davlat texnika instituti

(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada sovuq holda listli metallariga shakl berishda qattiq matritsali*

an’anaviy shtamplash va elastomer yordamida elastoformlash usullarining fundamental fizik-mexanik qonuniyatlari, texnologik imkoniyatlari va iqtisodiy samaradorligi qiyosiy tahlil qilingan. Jarayonlar kuchlanish deformatsiya holati giperelastik modellar va iqtisodiy zararsizlik nuqtasi asosida baholandi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, elastoformlash qolip xarajatlarini 70-80% ga qisqartiradi va detal sirtini shikastlanishdan saqlaydi. Biroq, texnologiya o‘ta yuqori press kuchini talab etadi (masalan, 1.0 mm qalinlikdagi qattiq qotishma uchun 36.8 tonna). Tahlillar asosida, elastoformlash kichik seriyali detallar ishlab chiqarishda iqtisodiy jihatdan mutlaq ustun ekanligi, yirik seriyalarda esa an’anaviy shtamplash yetakchi bo‘lib qolishi aniqlandi.

***Kalit so‘zalar**: Matritsa, shtamplash, elastomer, elastoformlash deformatsiya giperplastik, press, puanson, rezina.*

***Аннотация.** В данной статье проведён сравнительный анализ фундаментальных физико-механических закономерностей, технологических возможностей и экономической эффективности традиционной штамповки с жёсткой матрицей и метода эластоформования с использованием эластомера при холодной обработке листовых металлов. Процессы оценивались на основе напряжённо-деформированного состояния, гиперэластических моделей и анализа точки экономической безубыточности. Результаты показали, что эластоформование позволяет сократить затраты на изготовление штампов на 70–80 % и предотвращает повреждение поверхности детали. Однако данная технология требует чрезвычайно высокого усилия пресса (например, 36,8 тонн для твёрдого сплава толщиной 1,0 мм). На основе проведённого анализа установлено, что эластоформование обладает абсолютным экономическим преимуществом при производстве мелкосерийных деталей, тогда как при крупносерийном производстве лидирующие позиции сохраняет традиционная штамповка.*

***Ключевые слова:** матрица, штамповка, эластомер, эластоформование, деформация, гиперпластичность, пресс, пуансон, резина.*

***Abstract.** This article presents a comparative analysis of the fundamental physical and mechanical principles, technological capabilities, and economic efficiency of conventional rigid-die stamping and elastomer-assisted elastforming methods in cold sheet metal forming. The processes were evaluated based on stress-strain conditions, hyperelastic models, and break-even economic analysis. The results show that elastforming reduces tooling costs by 70–80% and protects the surface of the part from damage. However, the technology requires extremely high press force (for example, 36.8 tons for a hard alloy sheet with a thickness of 1.0 mm). Based on the analysis, it was determined that elastforming is economically superior for small-batch production, whereas conventional stamping remains dominant in large-scale manufacturing.*

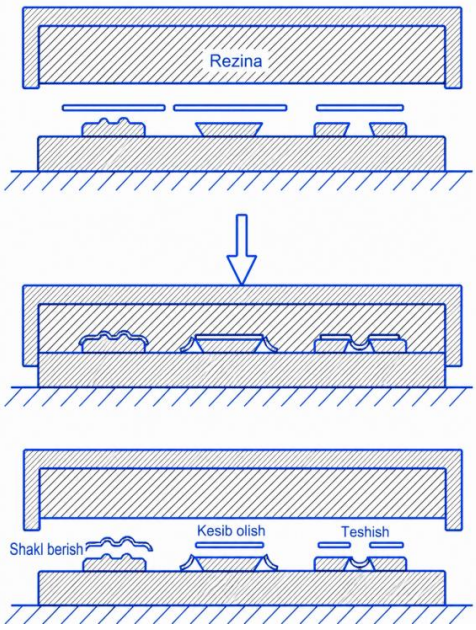
***Keywords:** die, stamping, elastomer, elastforming, deformation, hyperplasticity, press, punch, rubber.*

Kirish. Sanoat 4.0 konsepsiyasi sharoitida aviatsiya, avtomobilsozlik va maishiy texnika sanoatida ommaviy ishlab chiqarishdan moslanuvchan, kichik va o‘rta seriyali ishlab chiqarishga o‘tish tendensiyasi kuzatilmoqda. An’anaviy puanson-matritsa tizimiga asoslangan shtamplash texnologiyasi yuqori unumdorlikni ta’minlasada, qoliplarni loyihalash va tayyorlashning o‘ta qimmatligi hamda uzoq vaqt talab etishi sababli kichik seriyali ishlab chiqarishda iqtisodiy samaradorlikni pasaytiradi [4]. Bunga muqobil yechim sifatida universal moslanuvchan asboblar bitta qattiq qolip va uning shaklini takrorlovchi elastik muhit (rezina, poliuretan) yordamida list metallarni shakllantirish (elastoformlash) texnologiyasi keng qo‘llanilmoqda. Bu texnologiya dastlab 1930-yillarning oxirida Henry Guerin tomonidan aviatsiya konstruktiv qismlarini ishlab chiqarish uchun kashf etilgan. Hozirgi kunda aviatsiya sanoatida murakkab profilli list detallarining 60 foizdan ortig‘i aynan ushbu texnologiya yordamida olinadi [1-3].

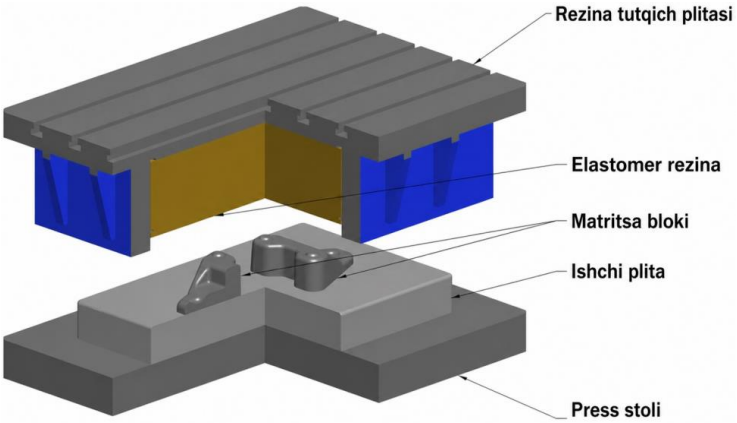
Biroq, mavjud adabiyotlarda elastik muhitning giperelastik xossalari ta’sirida zonadagi murakkab kuchlanish-deformatsiya holati (KDH) yetarlicha yoritilmagan. Xususan, an’anaviy qattiq qolipli shtamplashdan farqli o‘laroq, elastoformlashda material qalinligining yupqalashish qonuniyatlari, ishchi suyuqlik yoki elastik yostiqchaning zaruriy kontakt bosimini aniqlash hamda jarayonning texnik-iqtisodiy chegaralari bo‘yicha qiyosiy ma’lumotlar mavjud emas. Yuqoridagilarga asoslanib, ushbu maqolaning asosiy maqsadi murakkab sirtli detallarni tayyorlashda an’anaviy shtamplash va elastoformlash jarayonlarini plastik deformatsiya mexanikasi, zaruriy press bosimi va texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlar (qolip tayyorlash vaqti va tannarxi) bo‘yicha qiyosiy tahlil qilishdan iborat [4].

Eksperimental tadqiqotlar. Ushbu tadqiqotda zagotovka sifatida aviatsiya va

avtomobilsozlikda keng qo‘llaniladigan AMg6 va D16 alyuminiy qotishmalari listlaridan foydalanildi. An’anaviy shtamplash tajribalari uchun puanson va matritsa yuqori uglerodli asbobsozlik po‘latidan (U10A va X12M) tayyorlandi. Elastoformlash jarayoni uchun matritsa vazifasini bajaruvchi elastik muhit sifatida Shore qattiqligi 60A dan 90A gacha bo‘lgan, siqilmaydigan giperelastik poliuretan tanlab olindi. Poliuretan uchun Puasson koeffitsienti $\nu \approx 0{,}499$ deb qabul qilindi. Barcha jarayonlar Chekli Elementlar Usuli (FEA) orqali yopiq muhitda modellashtirildi va universal gidravlik press uskunasida amaliy verifikatsiya qilindi.



1-rasm. Elastoformingda bajarilishi mumkin bo‘lgan turli operatsiyalar.



2-rasm. Elastoforming uchun asbob va o‘rnatish sxemasining kesimi.

Kuchlanish-deformatsiya holatini hisoblash modellari

Ikkala texnologiyada ham materialning plastik holatga o‘tish sharti Von Mises energetik kriteriysi asosida modellashtirildi: [1]

$$\sigma_i = \frac{1}{\sqrt{2}} \bullet \sqrt{\left[(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2\right]} = \sigma_S$$

σ_1, σ_2, σ_3 -bosh kuchlanishlar;

σ_i - ekvivalent kuchlanish;

σ_S -materialning oquvchanlik chegarasi.

An’anaviy shtamplash jarayonini tahlil qilishda qattiq matritsa va zagotovka o‘rtasidagi Coulomb ishqalanish koeffitsienti $\mu = 0{,}10–0{,}15$ oralig‘ida qabul qilindi. Deformatsiya kuchi, ya’ni pressning talab etiladigan tonnaji, quyidagi ifoda orqali aniqlandi:

$$P_{an} = L \bullet S \bullet \sigma^B \bullet K$$

P_{an} -an’anaviy shtamplash uchun talab etiladigan press kuchi;

L-deformatsiyalanadigan kontur perimetri;

S-list qalinligi

σ^B -materialning mustahkamlik chegarasi;

K-o‘tish koeffitsienti, odatda 1,2–1,3 oralig‘ida qabul qilinadi.

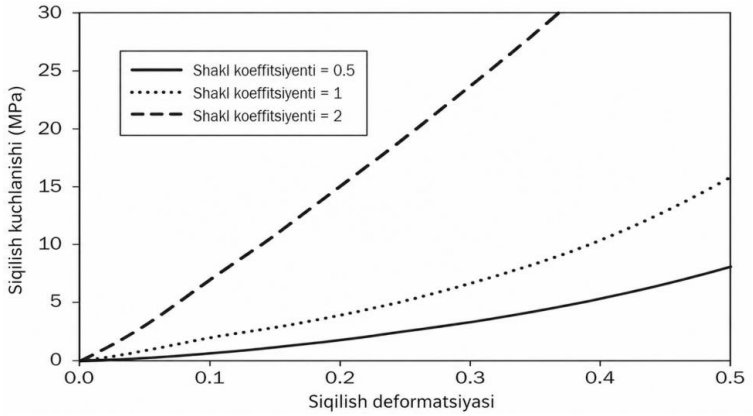
Elastoformlash jarayonida poliuretanning deformatsiya energiyasini tavsiflash uchun ikki parametrli Mooney–Rivlin modelidan foydalanildi:

$$W = C_{10}(I_1 - 3) + C_{01}(I_1 - 3)$$

W-solishtirma deformatsiya energiyasi;

I_1, I_2 -deformatsiya tenzorining invariantlari;

C_{10} , C_{01} -elastomer qattiqligiga bog‘liq tajribaviy konstantalar.



3-rasm. Poliuretanning turli shakl omillarida kuchlanish–deformatsiya bog‘lanishi.

Ushbu usulda suyuqlikka xos gidrostatik bosim taqsimoti, ya’ni Paskal qonuniga yaqin yondashuv, hisobga olindi. Talab qilinadigan umumiy press kuchi zagotovkaning proyeksiyalanuvchi yuzasi bo‘yicha quyidagicha hisoblandi:

$$P_{elast} = p \bullet F_{total}$$

P_{elast} -elastoformlash uchun talab etiladigan umumiy press kuchi;

p-elastik muhit orqali uzatiladigan bosim;

F_{total} -zagotovkaning proyeksiyalanuvchi umumiy yuzasi.

Jarayonlar natijasida olingan detallarning sirt g‘adir-budurligi Ra optik profilometr yordamida o‘lchandi. Qaytar deformatsiya (springback) va burmalanish (wrinkling) darajasi 3D skanerlash orqali dastlabki SAPR (CAD) modeli bilan taqqoslanib aniqlandi.

Texnologiyalarning iqtisodiy chegaralarini, ya’ni zararsizlik nuqtasini (break-even point) aniqlash metodikasi ishlab chiqarishning umumiy tannarxi algebrasiga asoslandi:

$$C_{total} = C_{tool} / N + C_{mat} + C_{oper}$$

C_{total} -bitta detalga to‘g‘ri keladigan umumiy tannarx;

C_{tool} -asbob yoki qolip narxi

N-seriyadagi detallar soni;

C_{mat} -material xarajati;

C_{oper} -bitta detalni tayyorlashdagi operatsion xarajat.

Simulyatsiyada parametrlar mos ravishda an’anaviy va elastoformlash qoliplari tannarxlari (25 000 USD va 5 000 USD) hamda unumdorlik vaqtlari asosida taqqoslandi.

Shakll bersih kuchlari parametrlari. Chekli elementlar usuli (FEA) simulyatsiyasi va amaliy tajribalar natijasida alyuminiy (AMg6, D16), po‘lat hamda titan qotishmalari uchun talab etiladigan bosim va deformatsiya kuchlari aniqlandi. An’anaviy shtamplashda deformatsiya kuchi nisbatan past tonnajda amalga oshsa, elastoformlashda poliuretan yostiqchaning gidrostatik bosimi hisobiga alyuminiy qotishmalari uchun nominal bosim p = 20-50 MPa ni tashkil qildi. Mustahkam po‘latlar va titan qotishmalarini shakllantirish uchun esa bu ko'rsatkich p = 70-150 MPa gacha yetishi qayd etildi.

Optik profilometr yordamida olingan o‘lchov natijalari shuni ko‘rsatdiki, elastoformlash jarayonida nisbiy siljish minimal bo'lganligi sababli listlarning boshlang‘ich sirt sifati deyarli o‘zgarmasdan saqlandi va sirt g‘adir-budurligi Ra ≈ 0.1-0.2 μm oralig'ida bo‘ldi. An'anaviy shtamplashda esa qattiq metallar orasidagi sirpanish ishqalanishi natijasida sirtda mikro-tirnalishlar hosil

4-rasm. Elastoforming uchun mo‘ljallangan 7700 tonnalik ko‘p ramali press.

bo‘lishi kuzatildi.

Diametri 200 mm bo‘lgan murakkab profilli qobiq detalni ishlab chiqarish bo‘yicha har ikki texnologiyaning texnik-iqtisodiy parametrlari modellashtirildi. Asosiy ishlab chiqarish xarajatlari va unumdorlik ko'rsatkichlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval.

An’anaviy shtamplash va elastoformlashning operatsion ko‘rsatkichlari.

Parametrlar	An’anaviy shtamplash	Elastoformlash (PU yostiqcha)
Asbob (qolip) narxi, C_{tool}	25 000 USD	5 000 USD
Unumdorlik tezligi	30 dona/daqiqa	1-2 dona/daqiqa
Bitta detal operatsiya narxi, C_{oper}	0.05 USD	0.80 USD

Zararsizlik nuqtasini (N_{be}) aniqlash maqsadida har ikki usulning umumiy tannarxi (C_{total}) tenglashadigan algoritmik nuqta hisoblandi:

25000 / N + 0.05 = 5000 / N + 0.80

(25000 - 5000) / N = 0.80 - 0.05

20000 / N = 0.75

N = 20000 / 0.75 ≈ 26 666 dona

Matematik yechim natijasiga ko'ra, ishlab chiqarish seriyasining zararsizlik nuqtasi $N_{be} \approx 26\ 666$ dona ekanligi aniqlandi.

N - ishlab chiqarish seriyasi miqdori; C_{tool} - asbob/qolip xarajati; C_{oper} - bitta detal uchun operatsion xarajat; N_{be} - zararsizlik nuqtasi.

5-rasm. Elastoforming jarayoni uchun namunaviy list metall detal.

Deformatsiya mexanikasi va energetik sarflarning tahlili. Tadqiqot natijalari elastoformlash jarayonida nominal bosimning (*20–150 MPa*) an’anaviy shtamplashga nisbatan sezilarli darajada yuqori ekanligini ko‘rsatdi. Buning asosiy mexanik sababi shundaki, pressdan uzatilayotgan energiyaning katta qismi avvalo giperelastik poliuretan yostiqchaning o‘zini deformatsiyalashga (Mooney–Rivlin modeli bo‘yicha) sarflanadi va shundan so‘nggina Paskal qonuni bo‘yicha metall zagotovkaga uzatiladi. An’anaviy qattiq qolipli shtamplashda esa energiya to‘g‘ridan-to‘g‘ri va faqat plastik deformatsiya hududiga yo‘naltiriladi. Garchi elastoformlash ko‘proq energiya talab qilsa-da, bu uning moslanuvchanlik xususiyati uchun to‘lanadigan maqbul texnologik kompensatsiya hisoblanadi.

Sirt sifati va defektlar. Kutilganidek, elastoformlashda sirt sifatining o‘ta yuqori bo‘lishi ($Ra \approx 0.1–0.2\ \mu m$) asbob va material o‘rtasidagi nisbiy siljishning deyarli yo‘qligi hamda kontakt kuchlanishining bir tekis taqsimlanishi bilan izohlanadi. Bu aerokosmik sanoatda plakirovka qilingan yoki bo‘yalgan listlar uchun o‘ta muhim afzallikdir.

Biroq, natijalarda aniqlangan flanets qismidagi burmalanish (wrinkling) va yuqori qaytar deformatsiya (springback) muammosi mazkur texnologiyaning asosiy cheklovi bo‘lib qolmoqda. Buning sababi jarayonda qattiq qistirib turuvchi (blankholder) elementning yo‘qligidir. Natijada list hududida radial cho‘zuvchi kuchlanishlarga nisbatan tangensial siquvchi kuchlanishlar ($\sigma\theta$) ustunlik qiladi va material qovurg‘alanishni boshlaydi. Bundan tashqari, elastoformlashda chuqur plastik cho‘zilishdan (stretching) ko‘ra ko‘proq egilish (bending) xarakteridagi deformatsiya yuz beradi, bu esa neytral o‘q atrofida qoldiq kuchlanishlarni saqlab qolib, springback effektini kuchaytiradi. Kelgusi tadqiqotlarda burmalanishni kamaytirish uchun yordamchi elastik halqalardan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

Texnik-iqtisodiy xulosalar va texnologiyani qo‘llash chegaralari. Matematik modellashtirish natijasida aniqlangan zararsizlik nuqtasi ($N \approx 26\ 666$ *dona*) har ikki texnologiyani qo‘llashning qat’iy iqtisodiy chegarasini belgilab beradi. Ya’ni, avtomobilsozlik kabi yirik ommaviy ishlab chiqarishda (millionlab nusxalar) elastoformlashning past unumdorligi (*1–2 dona/daqiqa*) uning

qolip tayyorlashdagi iqtisodiy foydasini mutlaqo yo‘qqa chiqaradi. Ammo Sanoat 4.0 doirasidagi moslanuvchan, qisqa siklli va murakkab profilli aviatsiya qismlarini (*26 000 donagacha*) tayyorlashda elastoformlash asbob xarajatlarini 5 barobargacha tejab, ustuvor texnologik yechimga aylanadi.

Xulosa

An’anaviy qattiq qolipli shtamplash va poliuretan yostiqchali elastoformlash texnologiyalarining qiyosiy tadqiqoti natijasida quyidagi asosiy xulosalar olindi:

Elastoformlash jarayonida giperelastik muhitning (poliuretan) qo‘llanilishi list sirtining sifatini saqlab qolish imkonini beradi ($Ra \approx 0.1–0.2\ \mu m$), biroq deformatsiya jarayoni an’anaviy shtamplashga nisbatan ancha yuqori nominal gidrostatik bosimni (alyuminiy qotishmalari uchun *20–50 MPa*, po‘lat va titan uchun *70–150 MPa* gacha) talab etadi.

Qistiruvchi (blankholder) mexanizmning yo‘qligi va tangensial siquvchi kuchlanishlarning ($\sigma\theta$) ortishi hisobiga elastoformlashda list chetlarining burmalanishi (wrinkling) va yuqori qaytar deformatsiya (springback) holatlari jarayonning asosiy texnologik cheklovlari ekanligi tasdiqlandi.

Iqtisodiy matematik modellashtirish natijalariga ko‘ra, ishlab chiqarish seriyasining zararsizlik nuqtasi $N \approx 26\ 666$ *dona* etib belgilandi. Demak, detal soni ushbu ko‘rsatkichdan kam bo‘lgan aviatsiya va moslanuvchan ishlab chiqarish korxonalarida elastoformlash iqtisodiy jihatdan eng maqbul texnologiya hisoblanadi.

Adabiyotlar

[1]. Altan, T., & Tekkaya, A. E. (2012). Sheet Metal Forming: Processes and Applications. ASM International.

[2]. Thiruvarudchelvan, S. (2002). "Elastomers in metal forming – A review." Journal of Materials Processing Technology, 122(1), 30-37.

[3]. Sala, G. (2001). "A numerical and experimental approach to optimise sheet stamping technologies: Part II—Aluminium alloys rubber-forming." Materials & Design, 22(4), 299-315.

[4]. Ali, M. A., Hosseini, M., & Sahari, B. B. (2010). "A review of constitutive models for rubber-like materials." American J. of Engineering and Applied Sciences, 3(1), 232-239.

[5]. Zang, Y., et al. (2020). "Wrinkling and springback behavior in flexible forming of aerospace aluminum alloys." Journal of Manufacturing Processes, 56, 1024-1035.

[6]. Ramezani, M., Ripin, Z. M., & Ahmad, R. (2009). "Computer aided modelling of friction in rubber-pad forming process." Journal of Materials Processing Technology, 209(10), 4925-4934.

UDK 677.21.021

PAXTANI TOZALASH MASHINALARINI TAKOMILLASHTIRISH MAQSADIDA O‘TKAZILGAN TADQIQOTLAR TAHLILI

S.O. Qozoqov

Namangan davlat texnika unversiteti
qozoqovsaidmuxtor@gmail.com , Tel.: +998993090241

(Qabul qilindi 21.10.2025 y.)

Annotatsiya: *Ushbu maqolada paxtani mayda ifloslikdardan tozalash bo‘yicha yangi taklif etilayotgan qurilma keltirilgan bo‘lib, bu qurilmani ishlash jarayonida burchak tezligining oniy qiymati hamda tebranishlarning oniy qiymatlarini otsilografdan foydalanib grafiklarini topilgan hamda natijalarni tahlil qilingan.*

Kalit so‘zlar: *Mayda ifloslik, qoziqli baraban, tenzodatchik, deformatsiya, otsilograf, induksiya, grafik, aylanuvchi rotor.*

Аннотация: *В этой статье приведена новая предполагаемая конструкция устройства по очистке хлопка от мелких примесей, а величина углов раскрытия и величина вибраций в процессе работы устройства находятся по осциллографу, находятся по графикам, а также дополнительно анализированы и приведены по результатам.*

Ключевые слова: *Мелкие примеси, колковый барабан, тензодатчик, деформация, осциллограф, индукция, график, вращающийся ротор.*

Annotation: *This article presents a new proposed design of a device for cleaning cotton from small impurities, and the magnitude of the opening angles and the magnitude of vibrations during the operation of the device are found on an oscilloscope, are found on graphs, and are also additionally analyzed and given according to the results.*

Key words: *Small impurities, peg drum, load cell, deformation, oscilloscope, induction, graph, rotating rotor.*

Kirish. Jahonda paxta tolasidan sifatli mahsulot olish, inson salomatligiga salbiy ta'sir ko'rsatmaydigan va ekogolik toza to'qimachilik mahsulotlarini ishlab chiqaradigan texnika va texnologiyalarni takomillashtirish masalalariga alohida ahamiyat berilmoqda. Xozirgi vaqtda paxta yetishtirish bo'yicha AQSh, Hindiston, Braziliya davlatlari ytakchi o'rinlarda turadi. Dunyo statistikasi va paxta bo'yicha Xalqaro konsultativ qumita (ICAC) ning so'ngi ma'lumotlariga ko'ra paxta tolasini eksportyorlari to'rttaligiga AQSh, Hindiston, Avstraliya va Braziliya hamda importyorlar Bangladesh, Vetnam, Xitoy, Turkiya va Indoneziya mamlakatlari kiradi. Paxta tozalash sanoatini izchil va barqaror rivojlantirish, tarmoq korxonalarida zamonaviy asbob-uskunalarni joriy etish, ishlab chiqarish quvvatlaridan samarali va oqilona foydalanish darajasini oshirish, jahon paxta bozorida raqobatbardosh mahsulotlar ishlab chiqarishning asosi hisoblanadi. Bu borada, jahon paxta tozalash sanoatida yuqori samaradorlikka ega bo'lgan paxtani tozalash uskunalarini takomillashtirish va resurstejamkor texnologiyalarni yaratishga alohida e'tibor berilmoqda. Shu jumladan Respublikamizda paxtachilik tarmog'ini rivojlantirish, paxta tozalash korxonalarini modernizatsiyalash va texnik qayta jihozlash, ishlab chiqarish bo'yicha mamlakatimiz olimlari tomonidan salmog'li ishlar olib borilmoqda. [1]

Respublikamiz paxtachilik sanoatida paxtani dastlabki ishlash texnika va texnologiyasi, ishlab chiqarilayotgan tolaning sifatini oshirishga qaratilgan tadqiqotlarni o'tkazish va ularni korxonalarga qo'llash bo'yicha keng ko'lamli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan «Iqtisodiyotni elektr energiyasi bilan uzluksiz ta'minlash hamda "Yashil iqtisodiyot" texnologiyalarini barcha sohalarga faol joriy etish, iqtisodiyotning energiya samaradorligini 20 foizga oshirish» bo'yicha vazifalari belgilangan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda, jumladan, sifatli to'qimachilik mahsulotlarini ishlab chiqarishda zamonaviy texnika va texnologiyalarni qo'llagan holda, sifatli paxta tolasini olish uchun ishlab chiqarish jarayonida qo'llanilayotgan jihozlarni modeonizatsiya qilish orqali sifatni oshirish borasida keng ko'lamda tadqiqotlar olib borish, shuningdek, paxtani tozalashda qiya joylashgan qoziqli barabanlarni konstruksiyasini takomillashtirish muhim masalalardan hisoblanadi.

O'lchami jihatidan 10 mm dan yuqori bo'lgan yirik iflosliklarni tozalash qurilmasini ishlab chiqish hamda kolosniklari konstruksiyasi takomillashgan qurilmada tajribalar o'tkazishdan ko'zda tutilgan maqsad, uning ishlab chiqarish optimal texnologik va konstruktiv kattaliklarini aniqlashdan iborat. Tajriba o'tkaziladigan qurilmaga qo'yilgan asosiy talab - unda tajriba o'tkazish imkoniyatining mavjudligidir.

Tajribalar yirik iflosliklardan tozalash qurilmalariga qo'yiladigan talablarga rioya qilgan holda olib borildi.

Tajriba o'tkazishda Buxoro – 102 (I nav 1 sinf, I nav 2 sinf, II nav 3 sinf) va Andijon – 35 (II nav 1 sinf, V nav 3 sinf) paxta navlarida tajribalar o'tkazilgan bo'lib, dastlab qurilma ta'minlovchi valiklaridan oldingi tozalanishi kerak bo'lgan paxtadan va qurilmada tozalashdan keying paxtalardan 300 grammdan namunalar olindi va LKM markali priborda paxtaning ifloslik miqdori aniqlandi. Ushbu priborda paxtaning ifloslik miqdorini aniqlash uchun O'zDST 592-2008 da keltirilgan qoidalarga binoan 300 g namunani 180 sekund mobaynida ikki qismda tozalanadi. Birinchi qismda 120 sekund mayda va ikkinchi qismda 45 sekund yirik iflosliklardan tozalanadi va paxta 15 sekund ichida toza paxta qutisiga o'tdi. Uskuna to'xtagandan keyin ichki devorlardagi changlarni artib idishdagi mayda va yirik iflos qo'shilmalarni tarozida tortildi.

LKM markali priborda ifloslik miqdorini aniqlagandan so'ng, paxtani yirik iflosliklardan tozalovchi qurilmada tozalashdan oldin olingan namuna bilan tozalashdan keying namunalarni

quyidagi formuladan foydalanib taklif qilingan kolosniklarda tozalangandagi paxta xomashyosining tozalash samaradorligi aniqlandi[2].

$$K = \frac{C_1 - C_2}{C_1} * 100$$

Bu yerda: K – tozalash samaradorligi, %; C_1 – paxtani tozalashgacha bo‘lgandagi ifloslik miqdori, %; C_2 – paxtani tozalashdan keyingi iflosligi, %.

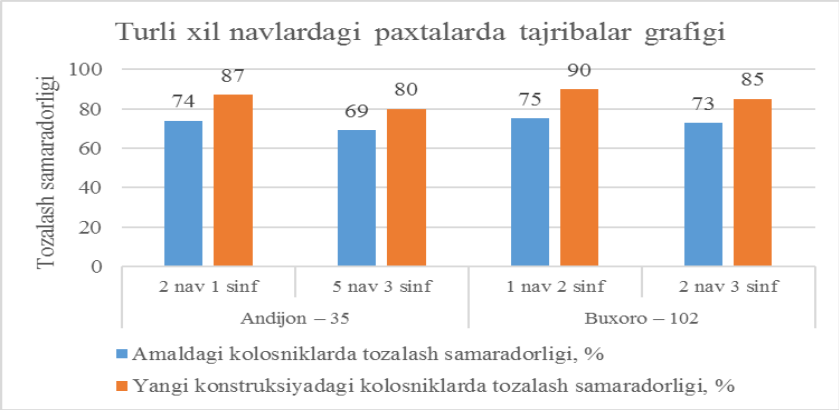
Paxtani yirik iflosliklardan tozalash qurilmasidagi tajribalardan K - tozalash samaradorligini aniqlab olgandan so‘ng, hozirda yirik iflosliklardan tozalashda qo‘llanilayotgan kolosniklardan olingan natijalar bilan taqqoslangan hamda tozalash samaradorligi 15 % ga oshganini aniqlangan.

Amaldagi kolosniklar hamda yangi konstruksiyadagi kolosniklarda turli xil navlar, turli xil iflosliklardagi paxtalarda tajribalar olindi. Olingan natijalar asosida jadval shakllantirildi (1-jadval).

1-jadval

Paxtaning seleksion navi	Paxta navi va sinfi	Amaldagi kolosniklarda tozalash samaradorligi, %	Yangi konstruksiyadagi kolosniklarda tozalash samaradorligi, %
Andijon – 35	II nav 1 sinf	74	87
	V nav 3 sinf	69	80
Buxoro – 102	I nav 2 sinf	75	90
	II nav 3 sinf	73	85

Seleksion navi Andijon – 35 bo‘lgan II nav 1 sinfdagi paxtani amaldagi kolosniklar yordamida tozalanganda tozalash samaradorligi 74 foizni tashkil qilgan bo‘lsa, yangi konstruksiyadagi kolosniklarda tozalangan paxta mashinaning tozalash samaradorligi 87 foizni tashkil qilganini 3.4-jadvalda ko‘rishimiz mumkin[55]. Seleksion navi Buxoro – 102, I nav 2 sinfdagi paxtani tozalash mashinasida amaldagi kolosniklarda tozalanganda 75 foizni tashkil qilgan bo‘lsa, yangi turdagi kolosniklar yordamida tozalangan paxtaning tozalash samaradorligi 90 foizga oshganini aniqlandi. Ushbu yuqoridagi 1 – jadvaldan foydalangan holda grafik tuzildi va amaldagi bilan taklif qilingan kolosniklardagi tozalash samaradorligini yaqqol ko‘rishimiz mumkin (1-rasm).



1-rasm. Turli xil navlardagi paxtalarni amaldagi hamda taklif qilingan kolosniklarda tozalashda tozalash samaradorligiga bog‘liqlik grafik.

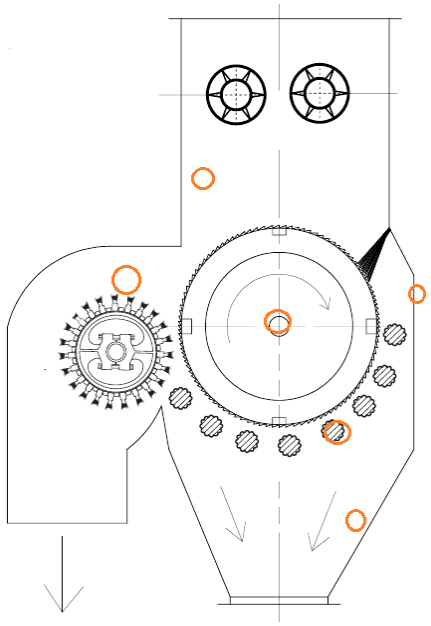
Taklif qilingan kolosniklardan tashkil qilingan qurilmada paxtani iflosliklardan tozalsh jarayonida ajralib chiqqan iflosliklar tarkibidagi paxta bo‘lakchalarini miqdori aniqlandi hamda UXK agregatining bitta seksiyasidagi yirik iflosliklardan tozalash

a b

2-rasm. a – kolosniklarning konstruksiyasi takomillashgan qurilmadan chiqayotgan yirik ifloslik; b – UXK agregatidan chiqayotgan yirik ifloslik.

bo‘limidan chiqayotgan iflosliklarning tarkibidagi paxta bo‘lakchalarining miqdori aniqlanib bir-biriga moslagan holda taqqoslandi (2-rasm).

Taqqolash natijasida UXK agregatining bitta seksiyasidagi yirik iflosliklardan chiqayotgan paxta bo‘lakchalari miqdori 18.6 - 20.5 % oralig‘ida ekanligi tashkil qilgan bo‘lsa, taklif qilingan optimal variantdagi diametri 25 mm li kolosniklarni qurilmaga o‘rnatish orqali ifloslik tarkibidgi paxta bo‘lakchalarining miqdori 12,2 % ga kamayganligi aniqlandi [3].



3-rasm. Vibrometr o‘rnatilgan joylarning ko‘rsatilishi.

O‘lchov kuzatuv ishlarini amalga oshirishda UNI-T UT315A markali vibrometrda qurilmada hosil bo‘luvchi titrash darajasi aniqlangan.

Foydalanilgan elektron qurilmada titrash darajasini to‘g‘ri aniqlash uchun kattaliklari aniq bo‘lgan kuchlar va ularning natijasida paydo bo‘luvchi titrashlar aniqlanib, etalon sifatida foydalaniladi. Ushbu elektron texnologiyalardan foydalangan holda titrash darajasini o‘lchash uchun umumiy talablar quyidagicha:

-to‘g‘ridan-to‘g‘ri aylanadigan vallarda;

-qurilmaning titrash holatini baholashda;

-qurilma harakatining o‘zgarishini kuzatishda;

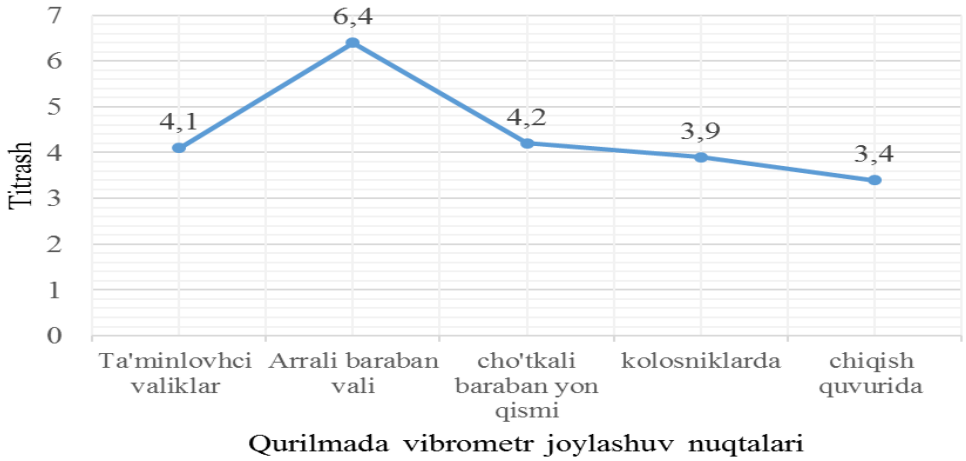
-meyordan tashqari dinamik yuklarning mavjudligida;

-podshipniklardagi radial bo‘shliqlarni nazorat qilib borishda.

Yuqoridagi talablardan foydalanib titrashlar hosil qiluvchi qurilma sifatida vibrometrdan foydalanishda konstruksiyasi takomillashtirilgan qurilmaning arrali baraban valiga paralel qismiga, qurilmaning yon tomonlariga hamda qurilmadagi kolosniklaridagi joylashtirish ishlari bajarildi (3-rasm).

Qurilmaning ishlash jarayonida turli qismlarida hosil bo‘lgan titrashlarni vibrometr yordamida aniqlanganda turli xil qiymatlar hosil bo‘lgan va o‘rtacha qiymatini aniqlab olindi[4].

Qurilmaning turli qismlarida vibrometr yordamida titrashlarni aniqlab quyidagi 4-rasmda grafik keltirildi.



4-rasm. Yirik iflosliklardan tozalash qurilmasining turli joylaridagi titrashlar.

4-rasmda keltirlgan grafikdan ko‘rinib turibdiki, qurilma ishlash vaqtida eng yuqori titrash arrali baraban valida bo‘lar ekan. Eng past titrash esa tozalangan paxta xomashyosi chiqish quvurida hosil bo‘ldi.

Amaldagi UXK agregatining yirik iflosliklardan tozalash bo‘limida hosil bo‘lgan titrashlarni ham vibrometr yordamida aniqlandi. UXK agregatida ta’minlovchi valik, arrali baraban, ishchi kamerasi, kirish quvuri atrofida hosil bo‘lgan titrashni aniqlandi hamda taklif qilingan qurilmaning

arrali barabanni valida, cho‘tkali baraban yon qismida, amaldagi kolosniklarda hamda chiqish quvurida hosil bo‘lgan titrashlarni vibromert yordamida aniqlandi (5-rasm).

5-rasm. Takomillashgan kolosniklar o‘rnatilgan qurilmaning titrashlarini vibrometrda o‘lchash jarayonlari.

6-rasm. Amaldagi kolosniklardan hosil bo‘ladigan titrashlarni vibromert yordamida aniqlash jarayoni.

Vibrometr yordamida aniqlangan amaldagi va taklif qilingan qurilmalarda titrash natijalar farqini taqqoslandi [5].

5-rasmda amaldagi va yangi taklif qilingan kolosniklarni qurilmaga o‘rnatish orqali hosil bo‘lgan titrashlarni qo‘rilmaning turli joylarida aniqlangan natijalarni taqqoslash orqali ma’lum bo‘ldiki amaldagi qurilmaning ta’minlovchi valiklarida titrash 4 konstruksiyasi takomillashtirilgan kolosniklardan foydalanilganda amaldaginga qaraganda katta farq qilmaganini ko‘rishimiz mumkin.

Adabiyotlar

[1]. O‘zbekiston Pespublikasi Ppezidentining 2022 yil 28 yanvardagi “2022-2026-yillarga mo‘ljallangan yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi” to‘g‘pisidagi PF-60-sonli fapmoni.

[2]. S.Qozoqov, R.Muradov. Paxta xomashyosini iflosliklardan tozalash tahlili // Jizzax politexnika instituti. Respublika miqyosidagi ilmiy-texnik anjumani materiallari. Jizzax, 2022.

[3]. S.Qozoqov, X. Isaxanov, A.Yusupov,M. Yusupova. Paxtani yirik iflosliklarni tozalab oluvchi mashinalar konstruksiyalarini takomillashtirish bo’yicha olib borilgan ilmiy izlanishlar tahlili // Namangan muhandislik-texnologiya instituti, xalqaro anjuman, Namangan 2022.

[4]. S.Qozoqov, R.Muradov. Paxta tarkibidagi yirik iflosliklarni ajratib oluvchi mashinalar konstruksiyasini takomillashtirish bo’yicha olib borilgan ilmiy tadqiqot ishlarining tahlili // Namangan muhandislik-texnologiya instituti. xalqaro ilmiy-amaliy anjuman. 5-6 may, 2022 yil, Namangan.

[5]. S.Qozoqov, R. Muradov, A. Jamolov, T. Abdukarimov. Theoretical Analysis of the Process of Cleaning Cotton from Small Contaminants on a Drum With an Inclined Splitter // Problems in the Textile and Light Industry in the Context of Integration of Science and Industry and Ways to Solve Them. AIP Conf. Proc. 2789, 040046-1-040046-8; https://doi.org/10.1063/5.0149589 Namangan, Uzbekistan • 5–6 May 2022.
[6]. S.Kozokov, R.Muradov, A.Jamolov, T.Abdukarimov. Theoretical Analysis of the Process of Cleaning Cotton from Small Contaminants on a Drum With an Inclined Splitter // Problems in the Textile and Light Industry in the Context of Integration of Science and Industry and Ways to Solve Them. AIP Conf. Proc. 2789, 040046-1-040046-8; https://doi.org/10.1063/5.0149589 Namangan, Uzbekistan • 5–6 May 2022.

UDK 697.9.628.8

MAHALLIY HAVO ALMASHTIRISH QURULMALARINING FOYDALI ISH KOEFITSENTI VA ISH SAMARADORLIGINI ANIQLASH HISOBI

N.Z. Mamatov

Qarshi davlat texnika universiteti,
E-mail: nurbek.mamatov.1989@mail.ru;
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada mahalliy havo almashtirish qurilmalarining foydali ish koeffitsenti va ish samaradorligini aniqlash usullari o‘stida ish olib borilgan. Ishlab chiqarish binolarida zararli gazlar, chang, bug‘ va ortiqcha issiqlikni bartaraf etishda mahalliy ventilyatsiya tizimlarining ahamiyati yoritilgan. Tadqiqot davomida havo almashtirish qurilmalarining texnik ko‘rsatkichlari, havo sarfi, energiya iste’moli hamda sanitariya-gigiyena talablariga mosligi tahlil qilingan shuningdek boshqa mualliflarning tadqiqot ma’lumotlari o‘rganilib qayta ishlangan. Olingan natijalar mahalliy ventilyatsiya tizimlarining ishlab chiqarish xavfsizligini ta’minlash, mehnat sharoitlarini yaxshilash va energiya tejamkorligini oshirishdagi muhim o‘rnini ko‘rsatadi.*
Kalit so‘zlar: *mahalliy ventilyatsiya, havo almashtirish, foydali ish koeffitsenti, ish samaradorligi, havo sarfi, sanoat xavfsizligi, mehnat muhofazasi, energiya tejamkorligi.*
Аннотация. *В статье рассматриваются методы определения коэффициента полезной работы и рабочей эффективности местных воздухообменных устройств. Подчеркивается важность местных систем вентиляции в удалении вредных газов, пыли, пара и избыточного тепла в промышленных зданиях. В ходе исследования были проанализированы технические показатели воздухообменных устройств, расход воздуха, энергопотребление и соответствие санитарно-гигиеническим требованиям, а также изучены и обработаны данные исследований других авторов. Полученные результаты указывают на важную роль местных систем вентиляции в обеспечении безопасности производства, улучшении условий труда и повышении энергоэффективности.*
Ключевые слова: *местная вентиляция, воздухообмен, коэффициент полезной работы, рабочая эффективность, расход воздуха, промышленная безопасность, охрана труда, энергоэффективность.*
Abstract. *This article discusses methods for determining the useful working coefficient and work efficiency of local air exchange devices. The importance of local ventilation systems in eliminating harmful gases, dust, steam and excess heat in industrial buildings is highlighted. During the study, the technical indicators of air exchange devices, air consumption, energy consumption and compliance with sanitary and hygienic requirements were analyzed, and research data from other authors were studied and processed. The results obtained indicate the important role of local ventilation systems in ensuring production safety, improving working conditions and increasing energy efficiency.*
Keywords: *local ventilation, air exchange, useful work coefficient, work efficiency, air consumption, industrial safety, labor protection, energy efficiency.*

Kirish. Sanoat korxonalarida ishlab chiqarish jarayonlarining jadallashuvi natijasida ish muhitiga zararli gazlar, chang, tutun, bug‘ va ortiqcha issiqlik ajralib chiqishi ortib bormoqda. Bunday omillar inson salomatligiga salbiy ta’sir ko‘rsatib, mehnat unumdorligining pasayishiga, kasb kasalliklarining kelib chiqishiga hamda ishlab chiqarishdagi xavfsizlik darajasining

kamayishiga sabab bo‘ladi. Shu bois ishlab chiqarish binolarida samarali shamollatish tizimlarini tashkil etish mehnat muhofazasi va sanoat xavfsizligining muhim talablaridan biri hisoblanadi.

Energiyaga ehtiyoj yuqori bo‘lgan davrda energiya resurslaridan oqilona foydalanish va ekologik xavfsizlikni ta’minlash masalalari dolzarb bo‘lib, mahalliy havo almashtirish qurilmalarining foydali ish koeffitsenti hamda ish samaradorligini aniqlash va bunda suniy entelektni integratsiya qilish orqali muhim ilmiy-amaliy ychimga erishish muhim ahamiyat kasb etadi.

Mazkur maqolaning maqsadi mahalliy havo almashtirish qurilmalarining foydali ish koeffitsenti va ish samaradorligini suniy entelektga integratsiya qilish usullarini o‘rganish, hisoblash tartibini tahlil qilish hamda olingan natijalar asosida ularning ishlab chiqarishdagi samaradorligini baholashdan iborat.

Masalaning quyilishi va tadqiqot usuli

Sanoat korxonalarida qo‘llanilayotgan mahalliy havo almashtirish qurilmalari ishchi hududdagi zararli chang, gaz, aerozol va issiqlik ajralmalarini kamaytirishda asosiy texnologik vositalardan biri hisoblanadi. Biroq amaliyotda ushbu qurilmalarning texnik holatini baholash va ish samaradorligini nazorat qilish jarayonlari ko‘p hollarda eskirgan usullar asosida olib borilmoqda. Natijada qurilmalarning haqiqiy foydali ish koeffitsenti (FIK) pasayib ketishi, energiya sarfining ortishi hamda zararli moddalarning me’yoriy chegaradan yuqori miqdorda ish hududiga tarqalishi kuzatilmoqda.

Mavjud tizimlarning asosiy muammolaridan biri ventilyatsiya qurilmalarining real vaqt rejimida monitoring qilinmasligi hisoblanadi. Ko‘plab korxonalarda havo oqimi tezligi, bosim yo‘qotilishi, filtrlarning ifloslanish darajasi va elektr energiyasi sarfi muntazam nazorat qilinmaydi. Bu esa quyidagi salbiy holatlarga olib keladi:

- → qurilmalar samaradorligining pasayishi;
- → elektr energiyasining ortiqcha sarflanishi;
- → zararli moddalarning ishchi hududda to‘planishi;
- → kasb kasalliklari va ishlab chiqarishdagi xavf darajasining oshishi;
- → texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarining ortishi.

Shuningdek, mavjud baholash usullarida inson omiliga yuqori darajada bog‘liqlik mavjud bo‘lib, bu aniqlik va tezkorlikni pasaytiradi. Ventilyatsiya tizimlarining ishlash parametrlarini an’anaviy usulda qayta ishlash katta hajmdagi ma’lumotlarni tezkor tahlil qilish imkonini bermaydi. Natijada nosozliklar kech aniqlanadi va qurilma optimal bo‘lmagan rejimda ishlaydi.

Mazkur muammoni hal etish uchun mahalliy havo almashtirish qurilmalarini sun’iy intellekt texnologiyalari bilan integratsiyalash zarurati yuzaga kelmoqda. Sun’iy intellekt asosida ishlovchi aqlli monitoring tizimi yordamida ventilyatsiya qurilmalarining ish parametrlarini real vaqt rejimida kuzatish, samaradorlikning pasayish sabablarini aniqlash, energiya iste’molini optimallashtirish va nosozliklarni oldindan prognoz qilish mumkin bo‘ladi.

Tadqiqotning asosiy masalasi mahalliy havo almashtirish qurilmalarining foydali ish koeffitsenti va ish samaradorligini sun’iy intellekt algoritmlari asosida baholash hamda optimal boshqaruv modelini ishlab chiqishdan iborat.

Mazkur maqolada mahalliy havo almashtirish qurilmalarining samaradorligini aniqlash va ularni sun’iy intellekt asosida optimallashtirish uchun kompleks ilmiy-uslubiy yondashuv qo‘llaniladi. Tadqiqot nazariy tahlil, matematik modellashtirish, eksperimental o‘lchash va mashinaviy o‘qitish usullarini o‘z ichiga oladi.

Ma’lumotlarni yig‘ish va monitoring.

Tadqiqotning dastlabki bosqichida mahalliy ventilyatsiya qurilmalarining texnik parametrlari maxsus sensorlar yordamida o‘lchanadi. Bunda quyidagi parametrlar nazorat qilinadi:

- → havo oqimi tezligi (V);
- → havo sarfi (Q);
- → bosim yo‘qotilishi (Δ P);
- → elektr energiyasi sarfi (N);
- → chang va zararli gazlar konsentratsiyasi (C);

→ harorat va namlik ko‘rsatkichlari.

Olingan ma’lumotlar IoT texnologiyasi asosida yagona ma’lumotlar bazasiga uzatiladi va real vaqt rejimida saqlanadi.

Matematik hisoblash va samaradorlikni baholash.

Mahalliy ventilyatsiya qurilmalarining foydali ish koeffitsenti va ish samaradorligi matematik modellar orqali aniqlanadi.

Qurilmaning foydali ish koeffitsenti quyidagi formula orqali baholanadi:

$$\eta = \frac{Q_f}{Q_u} * 100\% \quad (1)$$

bu yerda:

η — foydali ish koeffitsenti;

Q_f — amalda foydali havo almashinuvi hajmi;

Q_u — umumiy sarflangan havo hajmi.

Energiya samaradorligi esa quyidagicha aniqlanadi:

$$E_s = \frac{Q}{N} \quad (2)$$

bu yerda:

E_s — energiya samaradorligi;

Q — uzatilayotgan havo miqdori;

N — elektr energiyasi sarfi.

Natijalar sanitariya-gigiyena me’yorlari va texnik reglamentlar bilan taqqoslanadi.

Sun’iy entelekt asosida tahlil qilish.

Tadqiqotning asosiy innovatsion qismi sifatida mashinaviy o‘qitish algoritmlari qo‘llaniladi. Jumladan:

→ Regression modellar FIK va energiya sarfini prognozlash uchun;

→ Neyron tarmoqlar murakkab bog‘lanishlarni aniqlash uchun;

→ Anomaliyani aniqlash algoritmlari nosozliklarni oldindan topish uchun;

→ Bashoratli texnik xizmat ko'rsatish modeli texnik xizmat ko‘rsatish muddatlarini bashorat qilish uchun ishlatiladi.

Sun’iy intellekt modeli sensorlardan kelayotgan katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlaydi va optimal ish rejimini avtomatik ravishda tavsiya qiladi.

Ekperimental sinov va qiyosiy tahlil.

Ishlab chiqilgan model sanoat korxonalaridagi real ventilyatsiya tizimlarida sinovdan o‘tkaziladi. Tajriba natijalari an’anaviy boshqaruv tizimlari bilan qiyoslanadi. Qiyoslash quyidagi mezonlar asosida amalga oshiriladi:

→ energiya tejamkorligi;

→ zararli moddalarning kamayish darajasi;

→ qurilma ishlash barqarorligi;

→ texnik nosozliklarni aniqlash tezligi;

→ umumiy ekspluatatsion xarajatlar.

Tadqiqot natijasida sun’iy intellekt integratsiyasi asosida mahalliy havo almashtirish qurilmalarining samaradorligini oshirish, energiya yo‘qotishlarini kamaytirish va mehnat xavfsizligini yaxshilashning ilmiy-amaliy modeli ishlab chiqiladi.

Tadqiqot natijalari va ularning muhokamasi.

Mahalliy havo almashtirish qurilmalarining samaradorligi pasayishi nafaqat texnologik jarayonlarga, balki ishchilar salomatligi, energiya sarfi va korxonaning iqtisodiy ko‘rsatkichlariga ham bevosita ta’sir qiladi. Ochiq ilmiy manbalar va xalqaro tadqiqotlar asosida quyidagi muammolar ilmiy jihatdan asoslandi.

Ventilyatsiya tizimlarining noto‘g‘ri loyihalanishi, filtrlarning ifloslanishi, havo oqimining nomutanosibligi va boshqaruv tizimlarining eskirishi qurilma samaradorligini keskin kamaytiradi.

Tadqiqotlarda ventilyatsiya diffuzorlari va chiqarish nuqtalarining noto‘g‘ri joylashuvi “stagnatsiya zonalari”ni hosil qilishi va havo almashinuvi samaradorligini pasaytirishi aniqlangan.

Cao va hammualliflar tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda vorteks ventilatsiya tizimlari optimallashtirilganda ventilyatsiya samaradorligi 91–351 % gacha oshishi mumkinligi ko‘rsatilgan. Bu esa mavjud tizimlarda samaradorlik zaxirasi juda katta ekanligini bildiradi.

Ventilyatsiya tizimlari sanoat korxonalaridagi eng katta energiya iste’molchilaridan biri hisoblanadi. Ilmiy manbalarga ko‘ra, sanoat binolarida ventilyatsiya tizimlari umumiy energiya iste’molining 50 % dan ortig‘ini tashkil qilishi mumkin.

An’anaviy tizimlarda ventilyatorlar doimiy maksimal rejimda ishlashi sababli ortiqcha energiya sarfi yuzaga keladi. Faramarzi va boshqa tadqiqotchilar demand-controlled ventilation (DCV) hamda intermittent ventilation strategiyalarini qo‘llash orqali energiya sarfini 72–97 % gacha kamaytirish mumkinligini aniqlagan.

Foydali ish koefitsentiga ta’sir qiluvchi asosiy omillar

Ochiq manbalarda ventilyator FIKi havo oqimiga berilgan quvvatning dvigateldan olingan quvvatga nisbati sifatida beriladi. Havo oqimi quvvati bosim va havo sarfi ko‘paytmasiga bog‘liq.

$$\eta = \frac{Q*\Delta P}{N_{in}} * 100\% \quad (3)$$

bu yerda:

Q - havo sarfi, m^3/s;

ΔP - ventilyator hosil qilayotgan bosim, Pa;

N_{in} - elektr dvigatelga berilgan quvvat, W;

η - foydali ish koeffitsenti, %.

FIKga bevosita ta’sir qiluvchi asosiy omillar:

1-jadval

Omil	FIKga ta’siri
Havo sarfi (Q)	Juda kam yoki ortiqcha bo‘lsa, ventilyator optimal nuqtadan chiqadi
Bosim yo‘qotilishi ΔP	Filtr, kanal, burilish va klapanlarda ortsa, energiya sarfi oshadi
Filtr ifloslanishi	Qarshilik oshadi, havo sarfi kamayadi
Ventilyator aylanish tezligi n	Tezlik ortsa, quvvat sarfi kubik qonun bo‘yicha oshadi
Dvigatel quvvati N_{in}	Ortiqcha quvvat sarfi FIKni kamaytiradi
Havo kanali qarshiligi	Tizim egri chizig‘ini o‘zgartirib, ish nuqtasini yomonlashtiradi

Havo harakati va nazorati xalqaro assotsiatsiyasi (Air Movement and Control Association International-AMCA) ma’lumotlariga ko‘ra, tizim egri chizig‘i havo oqimini haydash uchun qancha bosim kerakligini ko‘rsatadi; tizim tarkibiga kanal, filtr, klapan, issiqlik almashgich va boshqa elementlar kiradi.

Eleyr teglamasi orqali matematik model quydagicha.

Ventilyator turbomashina sifatida qaralganda uning nazariy bosim hosil qilishi Eyler turbomashina tenglamasi orqali ifodalanadi. MIT ochiq kurs materialida Eyler tenglamasi turbina yoki kompressorda bosim nisbati, aylanish tezligi va impuls momenti o‘zgarishi orasidagi bog‘lanishni ifodalashi ko‘rsatilgan.

Ventilyator uchun:

$$L_u = U_2V_{u2} - U_1V_{u1} \quad (4)$$

$$\Delta P_{th} = p(U_2V_{u2} - U_1V_{u1}) \quad (5)$$

bu yerda:

U_1, U_2 — kirish va chiqishdagi parrak aylanish tezligi, m/s;

V_{u1}, V_{u2} — havo tezligining tangensial komponentlari, m/s;

p — havo zichligi, kg/m³;
ΔP_{th} — nazariy bosim, Pa.
Real bosim:

$$\Delta P_{haq} = \Delta P_{th} - \Delta P_{yo'q} \quad (6)$$

$$\Delta P_{yo'q} = \Delta P_f + \Delta P_k + \Delta P_b + \Delta P_{filtr} \quad (7)$$

bu yerda:
ΔP_f - ishqalanish yo‘qotilishi;
ΔP_k - bosim yo‘qotilishi;
ΔP_b - burilish va mahalliy qarshiliklar;
ΔP_{filtr} - filtr qarshiligi.
Formulalaridan kelib chiqib quyidagi shartli ishlab chiqarish holati olinadi:
Q=1.2, m³/s]

p=1.2, kg/m³
U_2=30, m/s
V_{u2}=18, m/s
U_1=12, m/s
V_{u1}=4, m/s
N_{in}=1200, W

Bosimni nazariy ko‘rib chiqamiz.

$$\Delta P_{th} = 1{,}2[(30 \cdot 18) - (12 \cdot 4)]$$
$$\Delta P_{th} = 1{,}2(540 - 48) = 590{,}4\ Pa$$

Bunda yo‘qotishlar quydagicha

$$\Delta P_{yo'q} = 80 + 60 + 40 + 120 = 300Pa$$

Haqiqiy bosim quydagicha

$$\Delta P_{haq} = 590{,}4 - 300 = 290{,}4Pa$$

Foydali ish koyfitsenti quydagicha

$$\eta = \frac{Q \cdot \Delta P_{haq}}{N_{in}} \cdot 100$$
$$\eta = \frac{1{,}2 \cdot 290{,}4}{1200} \cdot 100 = 29{,}04\%$$

Demak, mavjud holatda ventilyator FIKi: η =29.04%
Yo‘qotishlarni kamaytirgandan kiyengi holat.
Sun’iy intellekt asosida filtr holati, bosim, havo sarfi va aylanish tezligi nazorat qilinsa, yo‘qotishlarni quydagi qiymatliklargacha kamaytirishga erishish mumkin.

$$\Delta P_{yo'q} = 50 + 35 + 25 + 60 = 170Pa$$
$$\Delta P_{haq} = 590{,}4 - 170 = 420{,}4\ Pa$$
$$\eta = \frac{1{,}2 \cdot 420{,}4}{1200} \cdot 100 = 42{,}04\%$$

Natija:

$$\eta_{esk} = 29{,}04\%$$
$$\eta_{yan} = 42{,}04\%$$
$$\Delta\eta = 42{,}04 - 29{,}04 = 13\%$$

Ya’ni texnik yo‘qotishlar kamaytirilganda FIK taxminan 13 foizga oshadi.
Lagranj tenglamasi asosida ortimallashtirish quydagi ko‘rinishda.
Bu tenglamadan maqsad minimal energiya sarfi bilan talab etilgan havo sarfini ta’minlash.
Maqsad funksiyasi:

$$F(Q,\Delta P) = N = \frac{Q \cdot \Delta P}{\eta} \quad (8)$$

Cheklov:

$$g(Q) = Q - Q_{min} = 0 \quad (9)$$

Lagranj funksiyasi:

$$L(Q,\Delta P,\lambda) = \frac{Q\cdot\Delta P}{\eta} + \lambda(Q - Q_{min}) \quad (10)$$

Hosilalar:

$$\frac{\partial L}{\partial Q} = \frac{\Delta P}{\eta} + \lambda = 0 \quad (11)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \Delta P} = \frac{Q}{\eta} = 0 \quad (12)$$

$$\frac{\partial L}{\partial \lambda} = Q - Q_{min} = 0 \quad (13)$$

Amaliy muhandislik talqinida bu shuni bildiradi: ventilyatsiya qurilmasi talab etilgan minimal havo sarfini ta’minlagan holda, ortiqcha bosim va ortiqcha aylanish tezligida ishlamasligi kerak. Chunki fan qonunlariga ko‘ra havo sarfi aylanish tezligiga, bosim tezlik kvadratiga, quvvat esa tezlik kubiga bog‘liq.

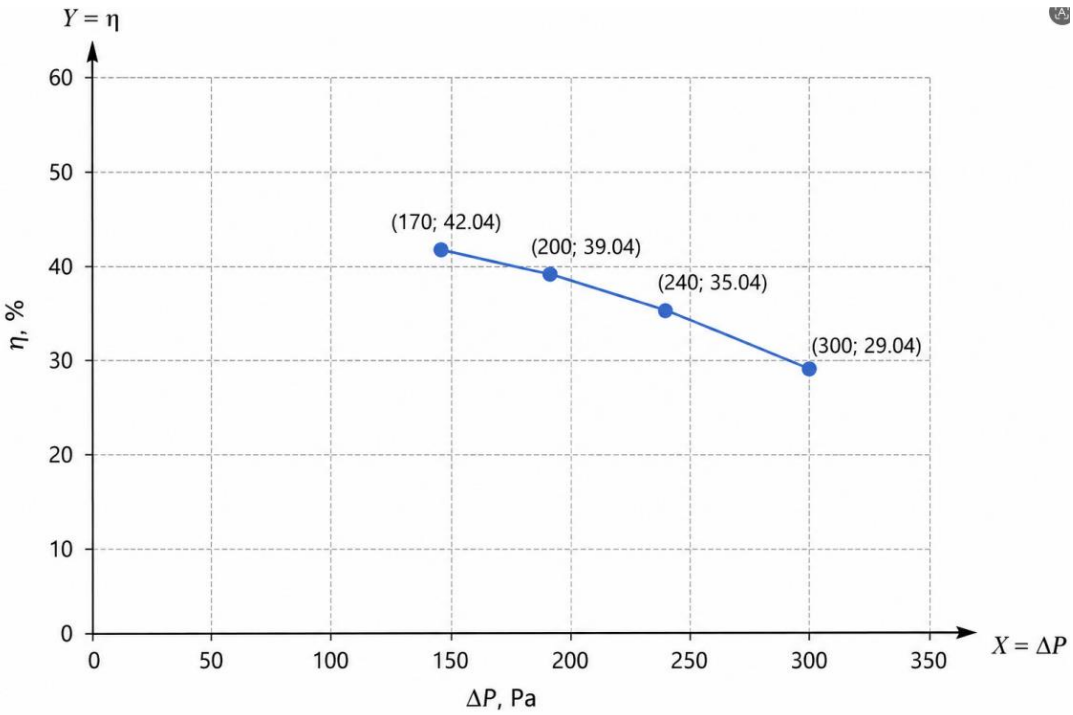
$$Q \sim n$$
$$\Delta P \sim n^2$$
$$N \sim n^3$$

Shu sababli aylanish tezligini ozgina oshirish ham elektr energiyasi sarfini keskin ko‘paytiradi.

Hisob natijalaridan olingan ma’lumotlar quydagicha

2-jadval

Holat	**(Q), m³/s**	**ΔP_{th}, Pa**	**Yo‘qotish Pa**	**ΔP_{haq}, Pa**	**N_{in}, W**	**FIK, %**
An’anaviy ishlash	1.2	590.4	300	290.4	1200	29.04
Filtr tozalangan	1.2	590.4	240	350.4	1200	35.04
Kanal qarshiligi kamaygan	1.2	590.4	200	390.4	1200	39.04
SI optimallashtirilgan	1.2	590.4	170	420.4	1200	42.04



1-rasim. Kordinata o‘qi tahlili

Bog‘lanish:

$$\eta = \frac{Q(\Delta P_{th} - \Delta P_{yo'q}}{N_{in}} \cdot 100 \quad (14)$$

Berilgan qiymatlar uchun:

$$\eta = \frac{1{,}2(590{,}4 - X)}{1200} \cdot 100 = 59{,}04 - 0{,}1X$$

Demak, bosim yo‘qotilishi har 100 Pa ga oshganda FIK taxminan 10 foiz punktga kamayadi.

Ilmiy xulosa

Eyler tenglamasi asosida tahlil shuni ko‘rsatadiki, ventilyatorning nazariy bosim hosil qilishi parrak aylanish tezligi va havo oqimining tangensial tezlik komponentlariga bog‘liq. Ammo real tizimda filtr ifloslanishi, ventilatsiya quviri qarshiligi, burilishlar, klapanlar va texnik nosozliklar bosim yo‘qotilishini oshiradi. Natijada real bosim kamayadi, elektr energiyasi sarfi ortadi va qurilmaning foydali ish koeffitsenti pasayadi.

Lagranj optimallashtirish modeli esa ventilyatsiya tizimini minimal energiya sarfi bilan zarur havo sarfini ta’minlaydigan rejimda boshqarish zarurligini asoslaydi. Sun’iy intellekt integratsiyasi orqali (Q), (ΔP), (N), filtr holati va havo sifati real vaqt rejimida kuzatilsa, qurilma optimal ish nuqtasiga yaqinlashtiriladi va FIK oshiriladi.

Adabiyotlar

[1]. ASHRAE Handbook – Fundamentals — Atlanta: American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, 2021.
[2]. AMCA International Standards and Publications — Air Movement and Control Association International Inc., fan tizimlari va ventilyatsiya samaradorligi bo‘yicha standartlar.
[3]. MIT Unified Engineering Notes – Euler Turbine Equation — Massachusetts Institute of Technology, turbomashinalar va Eyler tenglamasi bo‘yicha ilmiy materiallar.
[4]. NREL Fan System Performance Guide — National Renewable Energy Laboratory, ventilyator tizimlari samaradorligini baholash bo‘yicha qo‘llanma.
[5]. Cao G., Awbi H., Yao R. Ventilation performance optimization using intelligent airflow systems // Building and Environment. – 2023.
[6]. ScienceDirect – Building Ventilation and Energy Efficiency Research — ventilyatsiya tizimlarining energiya samaradorligi bo‘yicha ilmiy tadqiqotlar.
[7]. ASHRAE Filtration and Disinfection Guidance — filtratsiya tizimlari va bosim yo‘qotilishi bo‘yicha texnik tavsiyalar.
[8]. WHO Indoor Air Quality Guidelines — Jahon sog‘liqni saqlash tashkiloti, ichki havo sifati bo‘yicha tavsiyalar.
[9]. CDC Ventilation in Buildings — AQSh Kasalliklarni nazorat qilish markazi, ventilyatsiya va ishchi hudud havosi xavfsizligi bo‘yicha ma’lumotlar.
[10]. Better Buildings Solution Center – Fan System Cheat Sheet — fan qonunlari va energiya sarfi bo‘yicha texnik tavsiyalar.
[11]. Seppänen O., Fisk W.J. Ventilation and performance in office work // Indoor Air Journal. – 2006.
[12]. HealthVent Project Final Report — Yevropa Ittifoqi ichki havo sifati va ventilyatsiya bo‘yicha ilmiy hisobot.
[13]. Каримов И.А., Рахимов Б.Б. Саноат вентиляцияси ва ҳаво алмашинув тизимлари. – Тошкент: “Fan va texnologiya”, 2020.
[14]. Абдурахмонов А.А. Меҳнат муҳофазаси ва саноат хавфсизлиги. – Тошкент: Ўқитувчи, 2021.
[15]. Wikipedia – Ventilation (Architecture) — ventilyatsiya tizimlarining ishlash prinsiplari va texnik ko‘rsatkichlari haqida umumiy ma’lumotlar.

UO‘K 677.051

TEXNOLOGIK MASHINALAR QAYISHUVCHAN TAXLAMLI ISHCHI ORGANLARINING BURALISH TEBRANISHLARI

M.M. Abduvaxidov, doktorant Mirjalolzoda Bobirmirzo, A.A. Umarov

Namangan davlat texnika universiteti,
**Mas’ul muallif, e-mail: mutahhir_74@mail.ru*
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu ishda texnologik mashinalarning taxlamli ishchi organlarining buralish tebranishlari uchun matematik model ishlab chiqilgan. Turli konstruktiv holatlar ko‘rib chiqilgan: faqat valning buralishda ishlashi, val va diskli elementlar taxlamning birgalikdagi ishlashi, ko‘ndalang kesimlarning deplansiyasi ta’siri, shuningdek konstruksiya elementlarining bo‘ylama bikrliklari nisbatining ta’siri. Gamilton prinsipi hamda ikkinchi tur Lagranj tenglamalari asosida buralish tebranishlarining differensial tenglamalari olingan. Deplansiya va bo‘ylama montaj kuchlari tizimning dinamik xususiyatlarini sezilarli darajada o‘zgartirishi ko‘rsatib berilgan.*

Kalit so‘zlar: *taxlamli ishchi organ, buralish tebranishlari, deplansiya, mashinalar dinamikasi, xususiy chastotalar.*

Аннотация. *В работе разработана математическая модель крутильных колебаний пакетных рабочих органов технологических машин. Рассмотрены различные конструктивные случаи: работа на кручение только вала, совместная работа вала и пакета дисковых элементов, влияние депланации поперечных сечений, а также влияние соотношения продольных жёсткостей элементов конструкции. Получены дифференциальные уравнения крутильных колебаний на основе принципа Гамильтона и уравнений Лагранжа второго рода. Показано, что депланация и продольные монтажные усилия существенно изменяют динамические характеристики системы.*

Ключевые слова: *пакетный рабочий орган, крутильные колебания, депланация, динамика машин, собственные частоты.*

Abstract. *In the present study, a mathematical model of torsional vibrations of packet-type working organs of technological machines has been developed. Various structural configurations are considered, including the case of torsion of the shaft only, the combined operation of the shaft and a packet of disk elements, the influence of cross-sectional warping, as well as the effect of the ratio of longitudinal stiffnesses of structural elements.Differential equations describing torsional vibrations are obtained based on Hamilton’s principle and Lagrange equations of the second kind. It is demonstrated that cross-sectional warping and longitudinal assembly forces significantly affect the dynamic characteristics of the system.*

Keywords: *packet-type working organ, torsional vibrations, warping, machine dynamics, natural frequencies.*

1. Kirish. To‘qimachilik va qayta ishlash sanoatining zamonaviy texnologik mashinalari qayishuvchan taxlamli ishchi organlar bilan jihozlanadi. Ularning konstruksiyasi valga oldindan montaj kuchlanishlari bilan o‘rnatilgan diskli elementlar majmuasining mavjudligi bilan tavsiflanadi.

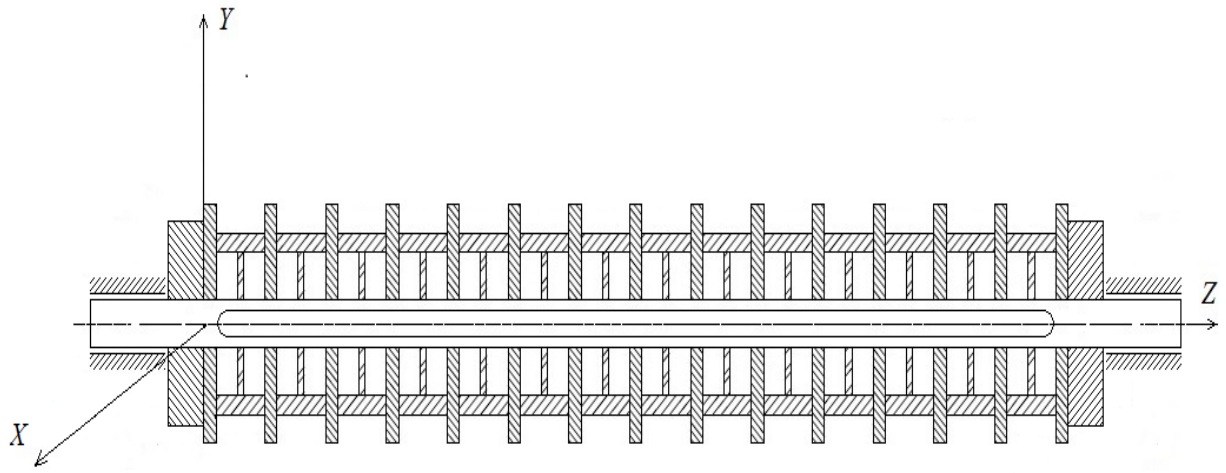
Yuqori aylanish chastotalarida bunday tizimlar kuchli buralish tebranishlariga duchor bo‘ladi, bu esa rezonans rejimlarining yuzaga kelishiga hamda uskunaning ishonchliligi pasayishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli, bunday konstruksiyalar dinamikasining matematik modellarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy masala hisoblanadi.

2. Metodika.

1. Faqat val buralishda ishlaganda taxlamli ishchi organning buralish tebranishlari

Buralish deformatsiyasi faqat valda yuzaga keladigan eng sodda hisoblash sxemasini ko‘rib chiqamiz.

Taxlamli ishchi organning buralish tebranishlari masalasini eng sodda qo‘yilishda ko‘rib chiqamiz, ya’ni bunda buralish deformatsiyani qabul qiluvchi asosiy element sifatida faqat asosiy valning ishlashi nazarda tutiladi. Bunday yondashuv tizimning dinamik xususiyatlarini anglashda dastlabki va muhim bosqich bo‘lib xizmat qiladi. Endi taxlamli ishchi organning buralish tebranishlari jarayonida yuzaga keluvchi potensial hamda kinetik energiyalar uchun matematik ifodalarni shakllantiramiz. Ushbu energiyalar tizimning dinamik holatini tavsiflovchi asosiy fizik kattaliklar bo‘lib, ular quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi [1]:



1-rasm. Val buralganda taxlamli ishchi organning hisoblash sxemasi

Tizimning potensial energiyasi quyidagi ifoda orqali aniqlanadi.

$$U = \frac{1}{2}\int_0^L G_b J_{kb}\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)^2 dz \tag{1}$$

Kinetik energiya

$$T = \frac{1}{2}\int_0^L \rho_b J_{0b}\left(\frac{\partial\theta}{\partial t}\right)^2 dz + \frac{1}{2}\int_0^L \left(\frac{l_p\rho_p J_{0p} + l_n\rho_n J_{0n}}{l_p + l_n}\right)\left(\frac{\partial\theta}{\partial t}\right)^2 dz \tag{2}$$

Gamilton prinsipini qo‘llab, buralish tebranishlarining differensial tenglamasini hosil qilamiz

$$\frac{\partial}{\partial z}\left(G_b J_{kb}\frac{\partial\theta}{\partial z}\right) - \rho_b J_{0b}\frac{\partial^2\theta}{\partial t^2} - \left(\frac{l_p\rho_p J_{0p} + l_n\rho_n J_{0n}}{l_p + l_n}\right)\frac{\partial^2\theta}{\partial t^2} = 0 \tag{3}$$

2. Val va taxlamning birgalikdagi ishlashida buralish tebranishlari

Diskli elementlarning buralish deformatsiyasi hisobga olinganda tizim energiyasi quyidagi ko‘rinishni oladi [2-4]

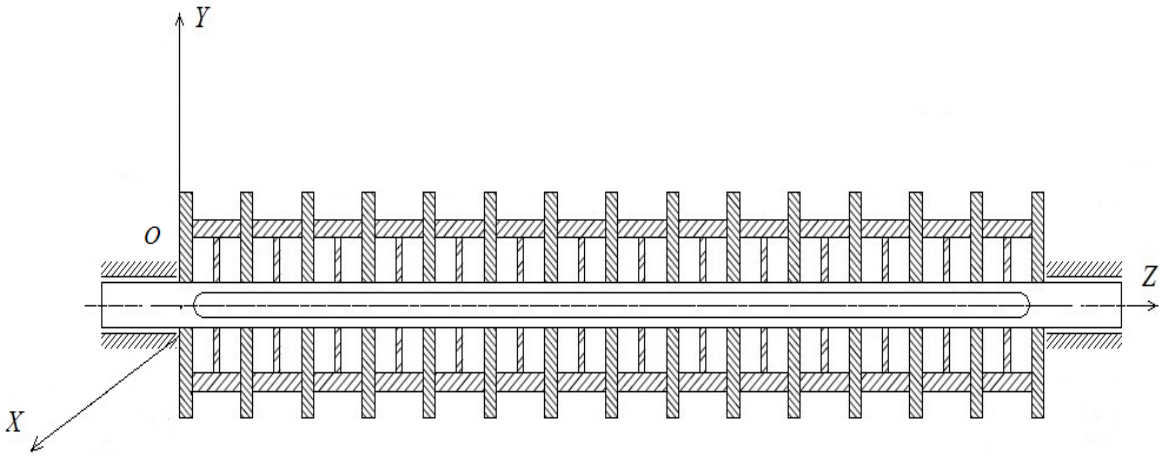
$$U = \frac{1}{2}\int_0^L E_b J_{kb}\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)^2 dz + \frac{1}{2}\int_0^L G_k\left(1 - e^{-z/N_0}\right)\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)^2 dz \tag{4}$$

$$T = \frac{1}{2}\int_0^L \left(\rho_b J_{0b} + \rho_k J_k\right)\left(\frac{\partial\theta}{\partial t}\right)^2 dz \tag{5}$$

Mos keluvchi harakat tenglamasi

$$\frac{\partial}{\partial z}\left(\left(G_b J_{kb} + G_k\right)\frac{\partial \theta}{\partial z}\right) - \rho_\Sigma J_\Sigma \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = 0 \tag{6}$$

3. Ko‘ndalang kesimlar deplansiyasining ta’siri
Qisqa vallarda deplansiyani hisobga olish zarur.



2-rasm. Qisqa valli taxlamli ishchi organning sxemasi

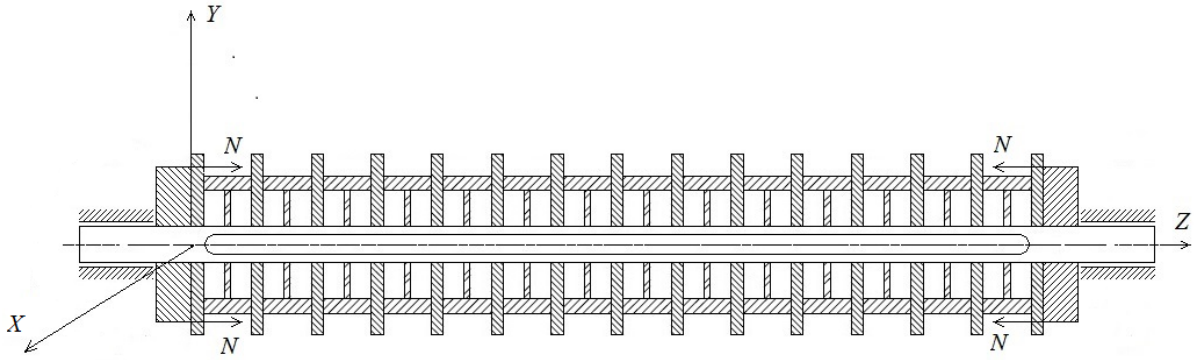
Deplansiyaning potensial energiyasi

$$U_\varphi = \frac{1}{2}\int_0^L E_b J_\varphi \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2}\right)^2 dz \tag{7}$$

Kinetik energiyasi

$$T_\varphi = \frac{1}{2}\int_0^L \rho_b J_\varphi \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial z \partial t}\right)^2 dz \tag{8}$$

Umumlashtirilgan tenglama
4. Disklar taxlami qisqa bo‘lganda buralish tebranishlari



3-rasm. Disklar taxlami qisqa bo’lgan taxlamli ishchi organni hisoblash sxemasi

Bu holda tizimning jami potensial energiyasi

$$U = U_b + U_\varphi + U_\psi \tag{10}$$

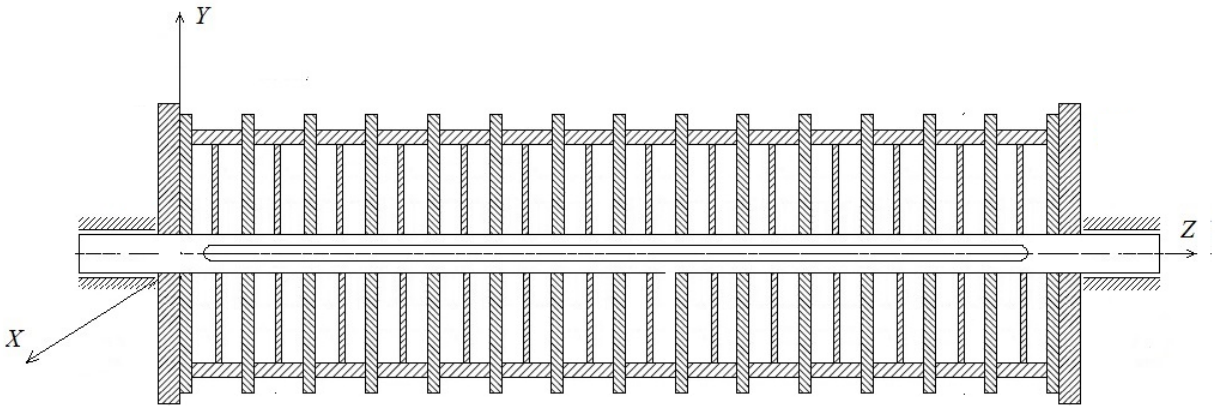
Kinetik energiya

$$T = T_b + T_\varphi + T_\psi \tag{11}$$

Natijada differensial tenglama olinadi

$$E_\Sigma \frac{\partial^4 \theta}{\partial z^4} + G_\Sigma \frac{\partial^2 \theta}{\partial z^2} - \rho_\Sigma J_\Sigma \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = 0 \tag{12}$$

5. Val va taxlam deplansiyasini birgalikda hisobga olish

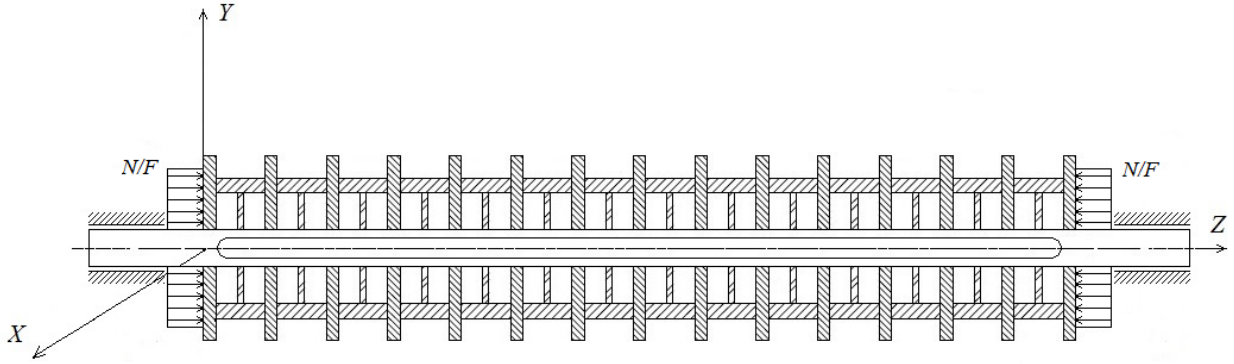


4-rasm. Qisqa val va qisqa taxlamga ega taxlamli ishchi organning sxemasi

Tebranishlarning umumlashtirilgan tenglamasi

$$E_b J_\varphi \frac{\partial^4 \theta}{\partial z^4} + E_k J_{\varphi k} \frac{\partial^4 \theta}{\partial z^4} + G_b J_{kb} \frac{\partial^4 \theta}{\partial z^2} - \rho_\Sigma J_\Sigma \frac{\partial^2 \theta}{\partial t^2} = 0 \tag{13}$$

6. Bo‘ylama bikrliklar nisbatining ta’siri



5-rasm. Taxlamli ishchi organdagi kuchlarning yopiq konturi sxemasi

Silindr hosil qiluvchi chizig‘ining bo‘ylama deformatsiyasi

$$\varepsilon \approx \frac{1}{2}\left(\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)^2 \tag{14}$$

Buralish burchagi

$$\eta = \frac{R}{L}\theta \tag{15}$$

Potensial energiyaning umumiy o‘zgarishi

$$\Delta U = \frac{1}{2}\int_0^L \left(E_p F_p - E_n F_n\right)\left(\frac{R}{L}\frac{\partial\theta}{\partial z}\right)^2 dz \tag{16}$$

Bo‘ylama bikrliklar teng bo‘lganda montaj kuchlarining tebranish jarayoniga ta’siri mavjud emasligi ko‘rsatib berilgan.

3. Olingan natijalar tahlili. Olingan tenglamalar tahlili quyidagilarni ko‘rsatdi:
– deplansiya tizimning bikrlik darajasini sezilarli oshiradi;
– val uzunligining kamayishi xususiy chastotalarning ortishiga olib keladi;
– bo‘ylama bikrliklar nisbati potensial energiyaning o‘zgarishini belgilaydi;
– eng xavfli holat birinchi xususiy tebranish rejimi hisoblanadi.

Natijalarning amaliy ahamiyati quyidagi imkoniyatlar bilan izohlanadi:
– rezonans rejimlarini oldindan prognoz qilish;
– ishchi organlarning geometrik parametrlarini optimallashtirish;
– texnologik mashinalarning ishonchliligini oshirish.

4. Xulosa:

1. Taxlamli ishchi organlarning buralish tebranishlari uchun matematik model ishlab chiqildi.
2. Deplansiya va bo‘ylama kuchlar hisobga olingan holda differensial tenglamalar olindi.
3. Konstruktiv parametrlarning tizimning dinamik xususiyatlariga ta’siri aniqlandi.
4. Olingan natijalar yuqori tezlikda ishlovchi texnologik mashinalarni loyihalashda qo‘llanishi mumkin.

Adabiyotlar

[1]. Абдувахидов М. Динамика пакетных роторов текстильных машин. Монография. – Ташкент: Фан, 2011 г., 165 с.
[2]. Тимошенко С.П. Колебания в инженерном деле. – М.: Физматгиз, 1959, 472с.Журавский Д.И. Сопротивление материалов.
[3]. Вибрация в технике. Под ред. В.Н. Челомея. Справочник в 6 томах. Том 1. – М.: Машиностроение, 1978, 352с.
[4]. М.М.Абдувахидов, Д.М.Акрамжанов, Р.С.Усманов,А.М. Отакузиев Исследование теоретических основ определения изгибной жесткости пакетных конструкций. UNIVERSUM: технические науки. Выпуск: 5(74) Май 2020, 23-29 стр.

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ПРОЕКТИРОВАНИЕ БАРАБАННЫХ ДЕТАЛЕЙ ТОРМОЗНОЙ СИСТЕМЫ

Б.З. Хайдаров

Ферганский государственный технический университет
e-mail bunyodbek.haydarov.com@gmail.com tel:+99891666911
(Получена 04.04.2026 г.)

Аннотация. *Сущностью технологии машиностроения является учение о способах и процессах промышленного производства продукции заданного качества и в требуемом количестве. Современное развитие технологии машиностроения представляет собой совокупность взаимосвязанных процессов совершенствования, прежде всего методов обработки материалов, технологического оборудования, обрабатывающего и измерительного инструментов, а также теоретических и практических основ процессов обработки.*

Ключевые слова. *Машиностроении, обработка металлов, изготовлении деталей, Корпус втулки, зубчатое колесо, деформация заготовки.*

Annotation. *The essence of mechanical engineering technology is the study of methods and processes for industrial production of products of a given quality and in the required quantity. The modern development of mechanical engineering technology is a set of interrelated improvement processes, primarily methods of processing materials, technological equipment, processing and measuring instruments, as well as the theoretical and practical foundations of processing processes.*

Keywords. *Mechanical engineering, metal processing, parts manufacturing, Bushing housing, gear wheel, workpiece deformation*

Annotatsiya. *Mashinasozlik texnologiyasining mohiyati ma'lum sifatdagi va kerakli miqdorda sanoatda mahsulot ishlab chiqarish usullari va jarayonlarini o'rganishdir. Mashinasozlik texnologiyasining zamonaviy rivojlanishi - bu o'zaro bog'liq bo'lgan takomillashtirish jarayonlari, birinchi navbatda, materiallarni qayta ishlash usullari, texnologik uskunalar, ishlov berish va o'lchash asboblari, shuningdek, qayta ishlash jarayonlarining nazariy va amaliy asoslari.*

Kalit so'zlar. *Mashinasozlik, metallni qayta ishlash, ehtiyot qismlar ishlab chiqarish, vtulka korpusi, tishli g'ildirak, ishlov beriladigan qismning deformatsiyasi.*

В машиностроении под заготовкой, согласно ГОСТ 3.1109-82, принято понимать полуфабрикат, поступающий на механическую обработку, в результате которой он превращается в годную для сборки деталь. Перед заготовительным производством стоит задача получения заготовок с максимальным приближением к форме и размерам готовой детали, максимально увеличить коэффициент использования металла, т.е. оставить на обработку резанием минимально необходимые припуски и уменьшить количество металла, обращаемого в стружку. Основное назначение заготовительного производства состоит в обеспечении механических цехов высококачественными заготовками. В машиностроении используют заготовки, получаемые литьем, обработкой давлением, сваркой, а также из пластмасс и порошковых материалов. Основными методами получения заготовок являются: литьё; обработка металлов давлением (пластическое деформирование); получение заготовок из проката; получение заготовок методом сварки. Современное заготовительное производство располагает возможностью формировать заготовки самой сложной конфигурации и самых различных размеров и точности. Различают три основных вида заготовок: машиностроительные профили, штучные и комбинированные. Машиностроительные профили изготавливают постоянного сечения или периодического. В крупносерийном и массовом производстве применяют также специальный прокат. Штучные заготовки получают литьем, ковкой, штамповкой или сваркой. Комбинированные заготовки - это сложные заготовки, получаемые соединением (например, сваркой) отдельных более простых элементов. В этом случае можно снизить массу заготовки, а для более нагруженных элементов использовать наиболее подходящие материалы. В настоящее время средняя трудоемкость заготовительных работ в машиностроении составляет 40...45% общей трудоемкости производства машин. Главная тенденция в развитии заготовительного

производства состоит в снижении трудоемкости механической обработки при изготовлении деталей машин за счет повышения точности их формы и размеров. Цель - узнать о современных способах проектирования и производства заготовок и применить эти знания в работе для своей детали.

Задачи:

- по чертежу нашей детали необходимо изготовить заготовку;
- выбрать метод получения заготовки;
- подобрать станки, инструменты и оснастку.

Исходные данные

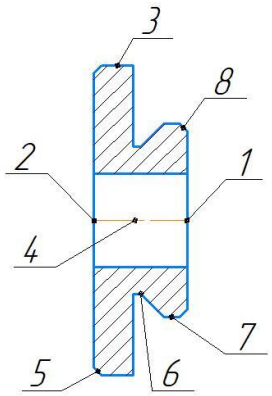
1.1 Чертеж "Втулка упорная"
1.2 Материал детали Сталь 45 ГОСТ 1050-88
1.3 Годовая программа выпуска N=4500 шт.
1.4 Тип производства – серийный

Втулка — это элемент механизма либо машины имеющий коническую или цилиндрическую форму. В ней имеется цилиндрическое отверстие, в которое и входит деталь, которую требуется сочленить. Служит втулка для уменьшения трения.

Корпус втулки бывает точечным, штампованным или литым. Для изготовления этой детали используют сталь или алюминиевые сплавы. По прочности лучшими считаются точечные и штампованные втулки.

Изготовление втулки, не смотря на всю её видимую простоту, – технологически сложный процесс. Он имеет целый ряд обязательных этапов — от обточки заготовки на станке, до процесса закаливания и нанесения защитного покрытия. Ошибка на любом из них приведёт к потере качества изделия.

Размер втулки Ø40 и ширина 12. Имеет отверстие 4 Ø12, с допуском по H7. Шероховатость отверстия 4 по Ra 1,6 мкм, а внешние части втулки имеют Ra 3,2 мкм.



1-Рис. Описание конструкции детали.

Зубчатое колесо изготовлено из Сталь 45 ГОСТ 1050-88. Химический состав стали 45 представлен в таблице 1, механические свойства стали 45 в таблице 2.

Таблица 1

C	Si	Mn	Ni	S	P	Cr	Cu
0.41 - 0.49	0.17 - 0.37	0.5 - 0.8	до 0.3	до 0.035	до 0.035	0.8 - 1.1	до 0.3

Химический состав в % материала стали 45

Сортамент	Размер	Напр.	$П_в$	$П_т$	$П_5$	П	KCU	Термообр.
-	мм	-	МПа	МПа	%	%	кДж / м^2	-
Пруток, ГОСТ 4543-71	Ø 25		1030	835	9	45	490	Закалка 840^{o}C, масло, Отпуск 520^{o}C, вода,

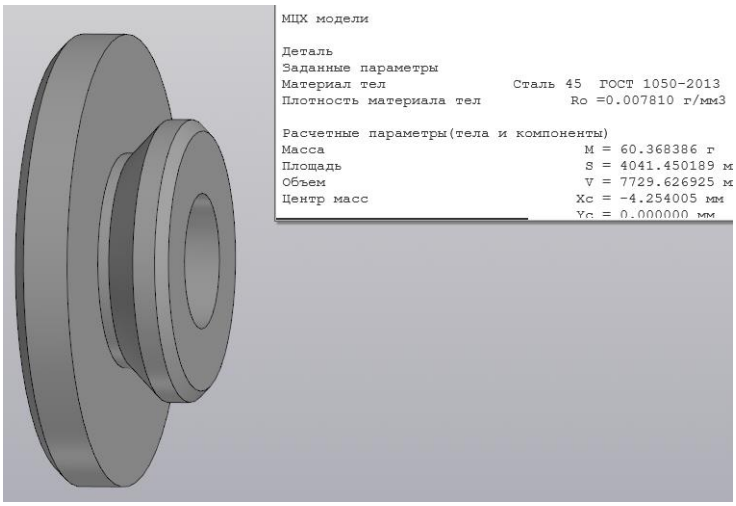
Таблица 2

Механические свойства при Т=20оС материала 45

Твердость 45Х после отжига, ГОСТ 4543-71	**НВ 10^{-1} = 229 МПа**
Твердость 45Х, Пруток горячекатан. ГОСТ 10702-78	**НВ 10^{-1} = 179 МПа**

Обоснование выбора вариантов заготовоки

Втулка упорная выполнена из Стали 45 ГОСТ 1050-88. Это сталь углеродистая, конструкционная, качественная.



2-Рис. Определение припусков на механическую обработку, размеров и отклонений заготовки.

Масса втулки упорной составляет 0,06 кг, из расчетов МЦХ в компасе(рис.2). Ориентируясь на свойства материала детали сталь, принимаем метод обработки металлов давлением. С учетом того, что производство серийное, целесообразно получить заготовку горячей объемной штамповкой, т.к. она характеризуется более высокой производительностью и меньшей трудоемкостью, чем свободная ковка. Кроме того, горячей объемной штамповкой можно получить поковки более сложной формы.

Таблица 3

№	Тех. переходы	Элементы припуска, мкм				Расчетый припус $2Z_{min}$ мкм	Расчетнй разм d_p, мм	Доп. δ, мкм	Предельны йразмер, мм		Предельные значения припусков, мк	
		R_z	h	ρ	ε				d_{min}	d_{max}	$2z^{np}_{min}$	$2z^{np}_{max}$
0	Заготовка	320	500	800	-	-	41,3	1,0	40,8	41,8	-	-
1	Черновое точение	160	200	220	30	2219	40,62	0,55	40,45	41,1	1,02	2
2	Получистовое точение	63	120	83	30	850	40,3	0,2	40,2	40,4	0,63	1
3	Чистовое точение	12,5	30	2,91	30	366,725	40	0.045	39,96	40	0,44	0,5

Расчет припусков и предельных размеров обработки поверхности

Для изготовления заготовки детали «втулка упорная» можно применить штамповку на кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП). Они применяются в условиях серийного производства для штамповки поковок близких по форме и размерам к готовым деталям. КГШП отличаются высокой производительностью, небольшими значениями припусков на механическую обработку. Деформация заготовки производится за один удар.

Также можно рассмотреть получение поковки на штамповочных молотах (ШМ), т.к. использовать это оборудование в условиях серийного и крупносерийного производства весьма рационально. Штамповка на ШМ характеризуется высокой производительностью, возможностью автоматизации процесса и получения заготовок с глубокими полостями и отверстиями, а также имеет сравнительно низкие значения припусков, напусков и штамповочных уклонов.

Определим расчетно-аналитическим методом общий и промежуточные припуски, необходимые для механической обработки Ø40h9 детали «втулка упорная»

В соответствии с тех. маршрутом выделяем 4 перехода обработки поверхности: заготовка, черновое точение, получистовое точение и чистовое точение. Затем определяем значения составляющих элементов припусков, предельные значения размеров и припусков для каждого тех. Перехода

Расчет припусков и предельных размеров обработки поверхности

Суммарное значение пространственных отклонений заготовок определим по табл.3

ρ = 800

Для дальнейших операция величину пространственных отклонений определим по формуле:

$$\rho = \rho i{-}1 * ki$$

Где:

$\rho i{-}1$ – величина пространственных отклонений на предыдущем переходе;

ki – коэффициент уточнения (0,06)

Подставив значения в формулу, найдем ρ и запишем в таблицу полученные значения.

Рассчитаем величину минимальных припусков по формуле:

$$2z_{min} = 2 \cdot (R_{zi-1} + h_{i-1} + \sqrt{\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_{i-1}^2}),$$

где R_{zi-1} - высота неровностей на предшествующем переходе, мкм;

h_{i-1} - высота дефектного слоя на предшествующем переходе, мкм;

ρ_{i-1} - суммарное значение пространственных отклонений на предшествующем переходе, мкм;

ε_{i-1} - погрешность установки на данном переходе.

Найденные значения запишем в таблицу.

Найдем значения максимальных припусков:

$$2z_{max} = 2Z_{min} + TD_{i-1} - TD_i,$$

где $2Z_{imin}$-минимальный припуск;

TD_{i-1} - допуск размера на предшествующем переходе;

TD_i - допуск размера на выполняемом переходе.

Список литературы

[1]. Технологии и оборудование заготовительных производств. Методические указания к выполнению индивидуального домашнего задания для студентов направления 15.03.01- Машиностроение. В. Г. Голдобина. - Белгород, БГТУ 2016

[2]. Проектирование заготовок деталей машин: учебное пособие В. Г. Голдобина. - Белгород: Изд-во БГТУ, 2017

[3]. Справочник технолога - машиностроителя Т. 1. Под ред. А. Г. Косиловой и Р. К. Мещерякова. - 4-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1985

[4]. Справочник конструктора - машиностроителя В. И. Анурьев Т.1.- 5-е изд., перераб. и доп. - М.: Машиностроение, 1979

[5]. ГОСТ 7505-89. Поковки стальные штамповочные. Допуски, припуски и напуски.

УДК 621.86.065

КРУГЛОПРЯДНЫЕ СТРОПЫ НА СИНТЕТИЧЕСКОЙ ОСНОВЕ

Б.К. Рахманов

Ферганский государственный технический университет
(Получена 18.03.2026 г.)

Аннотация. *В статье приведены положительные качества синтетических круглопрядных стропов, которые используются в такелажных работах, классификация грузозахватных устройств, дана характеристика материалов, из которых изготавливают синтетические стропы, а также деформационные и механические характеристики.*

Благодаря развитию производства высокопрочных синтетических волокон, использование текстильных строп стало доступным и для крупных заводов, и для малых предприятий. В настоящее время текстильные стропы становятся все более популярными грузозахватными приспособлениями. Легкость, гибкость и высокая грузоподъемность данного вида строп позволяет решить множество задач в сфере подъема и перемещения грузов, которые до недавних пор считались невыполнимыми. В некоторых случаях они являются единственно возможным приспособлением для обвязки и строповки груза. В большей степени это касается грузов, нуждающихся в бережном обращении.

Круглопрядные стропы являются совершенно новой концепцией грузозахватных приспособлений, используемых при такелажных работах. Они имеют форму кольца, состоящего из несущего сердечника и защитного кожуха (рукава), которые выполнены из тканого материала. Сердечник представляет собой множество бесконечных, кольцевых полимерных волокон и изготавливается из того же материала, что и кожух. Рукав предохраняет внутренние волокна сердечника от повреждения и сохраняет их в постоянном параллельном положении. Защитный рукав, высокоустойчивый к истиранию и с хорошими теплоизоляционными свойствами, также устраняет тепловой эффект трения, возникающий в месте затяжки петли стропа при «сдавливающем» подъеме тяжелых грузов.

Ключевые слова: *такелажные работы, грузозахватные приспособления, текстильный строп, синтетические волокна, свойства канатов, канатные системы, удлинения каната, эмпирические параметры, крученые канаты.*

Abstract. *The article presents the positive qualities of synthetic round slings that are used in rigging, the classification of load-gripping devices, the characteristics of the materials from which synthetic slings are made, as well as deformation and mechanical characteristics.*

Thanks to the development of the production of high-strength synthetic fibers, the use of textile slings has become available for both large factories and small businesses. Nowadays, textile slings are becoming more and more popular load handling devices. The lightness, flexibility and high carrying capacity of this type of sling allows you to solve many problems in the field of lifting and moving loads, which until recently were considered impracticable. In some cases, they are the only possible device for strapping and slinging cargo. To a greater extent, this applies to goods that need careful handling.

Round slings are a completely new concept for lifting devices used in rigging. They are in the form of a ring, consisting of a support core and a protective casing (sleeve), which are made of woven material. The core is a plurality of endless, annular polymer fibers and is made from the same material as the casing. The sleeve protects the inner fibers of the core from damage and keeps them in a constant parallel position.

The protective sleeve, highly resistant to abrasion and with good thermal insulation properties, also eliminates the thermal effect of friction that occurs at the point where the sling loop is tightened when lifting heavy loads under pressure.

Key words: *rigging, lifting devices, textile sling, synthetic fibers, rope properties, rope systems, rope elongations, empirical parameters, twisted ropes.*

Введение. К такелажным работам относятся такие операции, как строповка оборудования, конструкций, трубопроводов; вязка узлов; крепление и сращивание стальных и синтетических канатов; подъем, перемещение и опускание грузов вручную и с помощью механизмов и др. Грузозахватное приспособление (ГЗП) – вспомогательное устройство

грузоподъемной машины, предназначенное для захвата грузов, их удержания при перемещении и последующей разгрузки [1].

Опираясь на Общероссийский классификатор продукции (ОКП), можно выделить следующие подгруппы:

− 522521 Стропы грузоподъемные строительные;

− 522522 Захваты строительные и др. Исходя из ОКП следует, что основное направление применения ГЗП – отрасль строительства [2, 3].

В отечественной нормативно-технической документации (НТД) классификация ГЗП встречается в следующих документах: ГОСТ 25032–81 «Средства грузозахватные. Классификация и общие технические требования» [4]; РД 11-07–2007 «Инструкция по проектированию, изготовлению и безопасной эксплуатации стропов грузовых» [5], ГОСТ 25573–82 «Стропы грузовые канатные для строительства. Технические условия» [6].

Все ГЗП можно разделить по следующим признакам:

– по функциональному назначению (захваты, соединительные элементы);

– по принципу взаимодействия захвата с грузом (зацепные, фрикционные, анкерные, опорные);

– по конструкции соединительных элементов (гибкие, жесткие).

Данная классификация разбивает ГЗП на две составляющие: захваты и соединительные элементы. К захватам можно отнести комплектующие для строп (крюки, монтажные скобы) и захваты различной конфигурации (фрикционные, анкерные, магнитные). К соединительным элементам можно отнести траверсы [7] (жесткая конструкция) и стропы различной конфигурации (гибкая конструкция), а также и механические захваты, выполненные в корпусе, навешиваемом на крюк грузоподъемной машины.

Рассмотрим пример строповки груза ветвью стропа «удавкой». В данном случае строп выполняет функции и соединительного элемента, и захвата. Принцип взаимодействия захвата с грузом – обхватывающий. Таким образом, один строп попадает под всю классификацию одновременно и является самодостаточным элементом.

Согласно классификации по ГОСТ, соединительные элементы могут быть двух типов: мягкие и жесткие. К первым отнесят стропы, ко вторым – траверсы. Кроме того, иногда применяются комбинации из траверс со стропами. Предлагается ввести третий тип – комбинированные соединительные элементы.

Каждое ГЗП обладает определенным назначением, в зависимости от конструкции и технических характеристик. Некоторые ГЗП, такие как стропы, могут быть применены практически в любой отрасли для подъема 90 % грузов. Такие ГЗП можно назвать универсальными. ГЗП, применяемые в различных отраслях и условиях для подъема однотипных грузов, входят в группу специализированных. ГЗП, которые могут быть применены для подъема одного конкретного груза в конкретной отрасли и условиях, относятся к группе узкоспециализированных.

Обилие производимой продукции требует подъемно-транспортных операций с различными типами грузов. Грузы могут быть штучными, упакованными в пакеты и штабели, сыпучие, жидкие и т.д. Штучные, штабелированные и пакетированные грузы могут быть подняты непосредственно ГЗП [8].

Универсальные ГЗП – стропы, по материалу изготовления, которые могут быть стальными или на синтетической основе.

Благодаря развитию производства высокопрочных синтетических волокон, использование текстильных строп стало доступным и для крупных заводов, и для малых предприятий. В настоящее время текстильные стропы становятся все более популярными грузозахватными приспособлениями. Легкость, гибкость и высокая грузоподъемность данного вида строп позволяет решить множество задач в сфере подъема и перемещения грузов, которые до недавних пор считались невыполнимыми [9].

В некоторых случаях они являются единственно возможным приспособлением для обвязки и строповки груза. В большей степени это касается грузов, нуждающихся в бережном обращении.

Текстильные стропы – это стропы, изготовленные из текстильной тканой ленты в различных исполнениях и материалов. Текстильные ленточные стропы изготавливаются в соответствии с требованиями РД 24-СЗК-01-01 «Стропы грузовые общего назначения на текстильной основе».

Стропы изготовляют из разных полимеров: полиамида (капрона), полипропилена, но чаще применяют стропы из полиэстерных волокон, в первую очередь из полиэфира (polyester), поскольку кроме высокой устойчивости к истиранию и прочности ему присущ целый комплекс уникальных свойств.

Стандартная грузоподъемность одноветвевого стропа – 0,5...25,0 т, четырехветвевого – 1,25...60 т. В отдельных случаях такие стропы изготавливаюти и значительно большей грузоподъемности. Например, кругло- прядные стропы на текстильной основе до 100 т [10].

Круглопрядные стропы являются совершенно новой концепцией грузозахватных приспособлений, используемых при такелажных работах. Они имеют форму кольца, состоящего из несущего сердечника и защитного кожуха (рукава), которые выполнены из тканого материала. Сердечник представляет собой множество бесконечных, кольцевых полимерных волокон и изготавливается из того же материала, что и кожух. Рукав предохраняет внутренние волокна сердечника от повреждения и сохраняет их в постоянном параллельном положении. Защитный рукав, высокоустойчивый к истиранию и с хорошими теплоизоляционными свойствами, также устраняет тепловой эффект трения, возникающий в месте затяжки петли стропа при «сдавливающем» подъеме тяжелых грузов.

Ведущие компании, производящие данные стропы, особое внимание уделяют конструкции рукава. Например, компания SpanSet выпускает круглопрядные стропы в защитных рукавах с вплетенной металлической проволокой (марка MagnumPLUS) и стропы с гофрированным каркасом (SupraPLUS). Круглопрядные стропы с успехом применяют при самых сложных подъемах, поскольку их легко завести под конструкцию любой конфигурации и реализовать практически любой способ строповки [10].

Для изготовления круглых кольцевых строп требуется специальное оборудование, поэтому спрос на них пока удовлетворяется исключительно за счет импортных поставок. Среди немногих производителей текстильных строп большой грузоподъемности, использующих волокна и ленты собственного изготовления, отметим московское ООО НПП «Полипрон». Фирма выпускает все виды этой продукции грузоподъемностью до 10 т и длиной до 20 м, из полиэстра и полиамида, в том числе круглопрядные стропы. Синтетические канаты широко используются в самых разных отраслях промышленности и на транспорте.

Методы исследования. При решении многих прикладных задач необходимо учитывать упругие свойства канатов. Практиков, в первую очередь, интересуют инженерные методы определения натяжения и формы канатных систем. Ф.И Баранов [11], на основе анализа проведенных опытов, предложил зависимость для удлинения испытанного сухого образца пенькового каната:

$$\varepsilon = 0{,}005 \cdot \sqrt{T}, \quad (1)$$

где Т – сила натяжения в кгс (килограмм силы – техническая единица измерения усилия). Формула (1) использована в для расчета равновесия канатной части орудий рыболовства, причем не только из растительных материалов. Разумеется, зависимость (1) не является универсальной, справедлива только для условий проведения опытов.

В [12] была выдвинута гипотеза, что зависимость удлинения синтетических канатов от относительной нагрузки является степенной:

$$\varepsilon = A_i \cdot \theta^{ni} = A_i \cdot (T/P_i)^{ni} \quad , \quad (2)$$

где – отношение усилия в канате Т к разрывному усилию *P;*

A_i, *ni* – эмпирические параметры зависимости для i-го типа канатов.

Из формулы (2) следует, что предварительно необходимо исследовать разрывное усилие синтетических канатов P, так как в многочисленных экспериментальных исследованиях именно к нему относят усилие в канате T. В данной статье проанализированы опубликованные данные по разрывному усилию синтетических канатов [12–14] и подобраны эмпирические константы в зависимости (2) для некоторых из них.

В [15] предпринята попытка сравнения прочностных характеристик канатов из различных полимерных материалов без учета их конструкции. Далее остановимся на прочностных характеристиках, широко используемых в промышленности синтетических 3-прядных крученых кантов.

Все крупные производители синтетических канатов, как российские, так и зарубежные, имеют стенды (разрывные машины) для испытания прочности и эластичности своих изделий. Последние несколько лет для привлечения потенциальных покупателей они публикуют результаты испытаний прочности канатов [15–17]. В этих испытаниях увеличение силы натяжения происходит достаточно медленно, чтобы разрывное усилие можно было считать статическим.

Была выдвинута гипотеза [12, 13], что зависимость P(d) является степенной:

$$P_i\,(D) = B_i \cdot D^{m_i} \qquad (3)$$

где Pi – статическое разрывное усилие i-го типа канатов, кН; d – диаметр каната, мм; B, mi – эмпирические коэффициенты.

Результаты исследований. Были проанализированы результаты испытаний изготовленных канатов, ООО «Севзапканат» [17]. Методом наименьших квадратов были найдены значения эмпирических коэффициентов в формуле (3) для 3-х прядных канатов (табл. 1).

Таблица 1.

Параметры характеристик разрывная нагрузка-диаметр каната

Параметр	Материал канатов			
	1	2	3	4
	Полипропилен	Полистил	“Силвер”полистил+силвер	Полиамид
B	0,211	0,250	0,223	0,272
m	1,865	1,860	1,911	1,902
с.к.о.,%	0,8	0,9	0,8	1,2

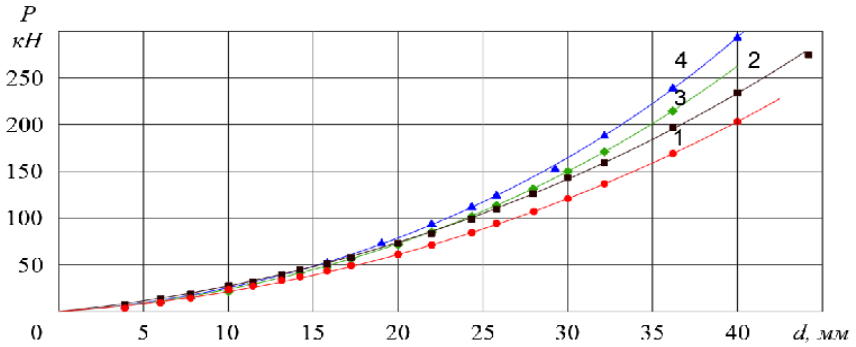


Рис. 1. Зависимость разрывного усилия 3-х прядных канатов от диаметра: 1 – полипропиленовые; 2 – полистиловые; 3 – «Силвер» (полистил+полиэстер); 4 – полиамидные.

На рис. 1 представлено сравнение результатов расчетов с данными испытаний. Среднеквадратическое отклонение опытных данных от зависимости (3) не превышает 1,2 %.

Зависимость (3) остается справедливой и при стремлении диаметра к нулю, так как величина P тоже будет стремиться к нулю. Наименьшее разрывное усилие получилось у канатов, изготовленных ООО «Севзапканат» из полипропилена, наибольшее – из полиамида. Показатели степени для всех материалов меньше двух. Значит, разрывное напряжение в материале канатов будет уменьшаться с увеличением их диаметра.

Точки – опытные данные [17]; линии – расчет по формуле (3).

Для сравнения характеристик канатов из различных материалов используют коэффициент относительной прочности K [15, 17]:

$$K = P_g / \eta, \qquad (4)$$

Где, P_g – разрывное усилие, кгс (килограмм силы), P_g =1000 · P / 9,8; η – линейная плотность каната, кг/км (г/м).

На рис. 2 представлена зависимость коэффициента относительной прочности 3-прядных канатов от их диаметра. Видно, что коэффициент относительной прочности канатов монотонно уменьшается с увеличением их диаметра.

В [15] приведены в безразмерной форме графики нагрузка-удлинение синтетических канатов, полученные опытным путем. Удлинение отнесено к первоначальному (перед опытом) размеру образца, а усилие – к разрывному усилию каната. Опубликованные графики обобщенные (скорее всего, осредненные, но это не указано в [15]), справедливые для всех размеров канатов, но различаются в зависимости от материала. Отдельно представлены графики по новым канатам и по бывшим в употреблении. Также не различаются прочностные и упругие характеристики 3- прядных крученых канатов и 4-прядных плетеных, что подтверждается и нашими исследованиями.

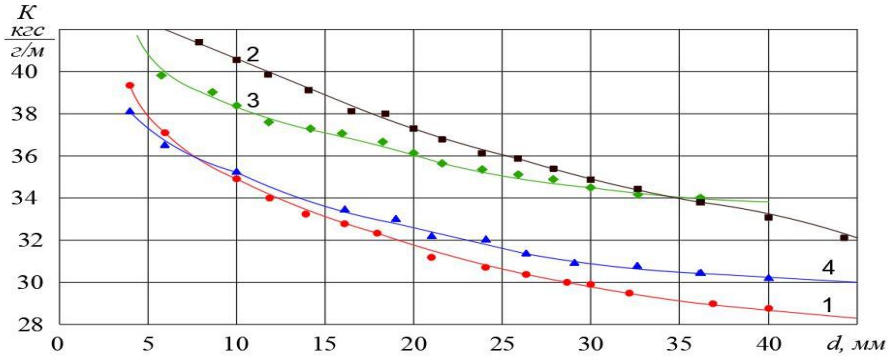


Рис. 2. Коэффициент относительной прочности 3-прядных канатов. Точки – данные [15]; линии – расчет по формуле (4). Обозначения, как на рис. 1.

Методом наименьших квадратов по опытным данным [15] были подобраны параметры степенной эмпирической зависимости (2). Они показаны в табл. 2.

Таблица 2.

Параметры характеристик нагрузка-удлинение

Параметр	Материал канатов				
	1	2	3	4	5
	Полипропилен	“Мальтитекс”	Нейлон	Полистил	“Мастер”
	Новые канаты				
A	0,155	0,184	0,255	0,118	0,156
n	0,487	0,551	0,582	0,618	0,438
с.к.о. ,%	7,2	5,2	7,9	4,9	18,2
	Проработавшие канаты				
A	0,115	0,184	0,255	0,118	0,156
n	0,534	0,544	0,601	0,613	0,475
с.к.о. ,%	7,8	3,7	5,7	5,3	15,1

Сравнение результатов расчетов с опытными данными представлено на рис. 3, 4. Среднеквадратическое отклонение опытных данных от кривых не превышает 8 %, только в одном случае выше (табл. 2). По рис. 5 видно, что наибольшей эластичностью обладают канаты из нейлона; упругие характеристики канатов из полистила и из полипропилена мало различаются.

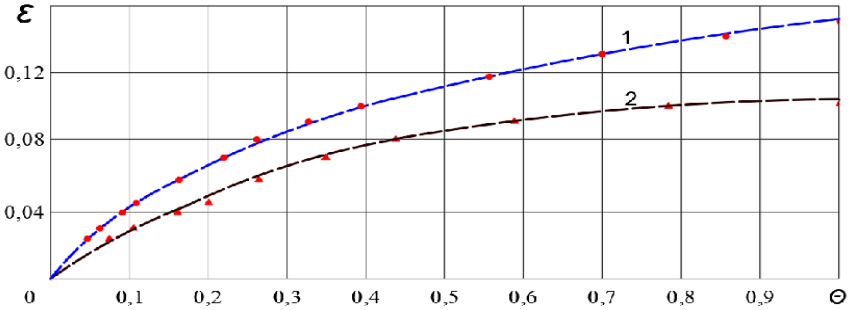


Рис. 3. Зависимость относительного удлинения каната из полипропилена от безразмерной нагрузки: 1 – новые канаты, 2 – поработавшие. Точки – опытные данные [15], линии – результаты расчета по формуле (2).

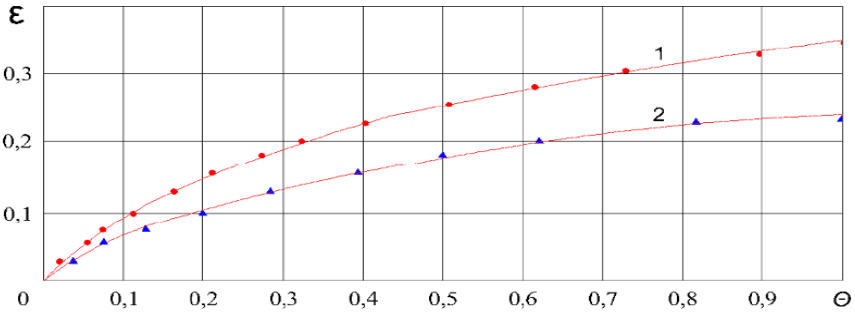


Рис. 4. Зависимость относительного удлинения каната из нейлона от безразмерной нагрузки (обозначения, как на рис. 3).

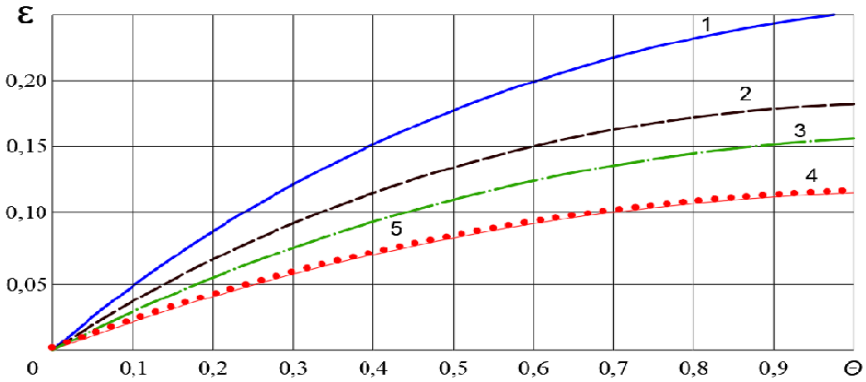


Рис. 5. Зависимость относительного удлинения поработавших канатов от безразмерной нагрузки: 1 – нейлон; 2 – «малтитекс»; 3 –«мастер»; 4 – полистил; 5 – полипропилен.

Заключение. Синтетические тросы могут успешно применяться на погрузочно-разгрузочных работах с требуемым коэффициентом запаса прочности при производстве такелажных работ, при этом необходимо учитывать диапазон весовых характеристик перемещаемых грузов.

При обхвате перемещаемого груза синтетическим канатом с защитным кожухом (в случае отсутствия монтажных петель) он не царапает поверхность, как это происходит при использовании стального троса. Данное свойство актуально при перемещении объектов из мягких материалов или с наличием отделочного слоя.

Очевидно, что направление дальнейших исследований технологии такелажных работ с использованием стропов на текстильной основе заключается в детальной разработке и исследовании универсальных стропов.

Список литературы

[1]. Н.И Иванов, В.С. Демин, Такелажные работы. Москва: Стройиздат, 1983. 158 с.

[2]. А.С. Константинов, А.Ю. Прусов. Показатели качества грузозахватных приспособлений // Модернизация и научные исследования в транспортном комплексе. Пермь, 2013. С. 158–165.

[3]. Л.А. Сулейманова, А.Г. Козлюк, Е.С. Глаголев, М.В. Марушко. К вопросу обследования технического состояния гражданских зданий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. №7. С. 32–36.
[4]. ГОСТ 25032-81 Средства грузозахватные. Классификация и общие технические требования. М.: Изд-во стандартов, 1992. 4 с.
[5]. РД 11-07-2007. Инструкция по проектированию, изготовлению и безопасной эксплуатации стропов грузовых [Электронный ресурс]. URL: http://docs.cntd.ru.
[6]. ГОСТ 25573-82 Стропы грузовые канатные для строительства. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1989. 52 с.
[7]. М.И. Жуков, М.А. Бурнашов. Систематизация траверс для подъема и перемещения крупногабаритных грузов // Мир транспорта и технологических машин. Орел, 2012. № 2. С. 96–99.
[8]. S.J.Razzakov, B.K.Rakhmanov, J.D.Akhmedov. Study Of The Influence Of Light Weather On The Mechanical Properties Of Para-Aramid Filaments // The American Journal of Engineering and Technology. 2021. № 04. P.35-41.
[9]. Л.А. Сулейманова, Б.К. Рахманов, В.В. Кочерженко, Н.В. Солодов. “Перспективные направления развития технологии такелажных работ с использованием стропов на текстильной основе”. Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова, №7. 2018 г. БГТУ, Россия, ФерПИ, Узбекистан.
[10]. Б.К.Рахманов, С.Ж.Раззаков, И.Н.Абдуллаев. Составные компоненты деформирования и разрушения синтетических тканых лент // Научно-технический журнал ФерПИ. 2021. Том 25, № 2. С. 74.
[11]. И.М. Ахмедов, Эмпирическая формула для расчета удлинения синтетических канатов // Вестник науки и образования Северо-Запада России 2016. Т. 2. № 1. С. 105–110.
[12]. В.А. Наумов, И.М, Ахмедов. Упругие свойства синтетических канатов / Сборник статей Международной научно-практической конференции «Наука в современном мире» // Стерлитамак: РИЦ АМИ, 2015. С. 180–182.
[13]. И.М. Ахмедов, В.А. Наумов. Зависимость разрывного усилия синтетических канатов от их диаметра // Водопользование и задачи гидромеханики: Сборник научных трудов. Калининград: Изд-во ФГБОУ ВПО «КГТУ». 2015. С.15–20.
[14]. В.А. Наумов, Н.Р. Ахмедова, И.М. Ахмедов. Анализ результатов испытания прочности трехпрядных канатов из полимерных материалов // Известия КГТУ. 2015. № 36. С.43–51.
[15]. В.А. Наумов, И.М. Ахмедов. Статистический анализ результатов испытаний прочности синтетических канатов // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Инновационное развитие современной науки». Уфа: РИОМЦИИ «Омега сайнс». 2015. С. 51–53.
[16]. С.С. Евсеева. Сравнительный анализ технических характеристик синтетических канатов // Вестник АГТУ. Промышленное рыболовство. 2008. № 3. С. 90–92.
[17]. Текстильные канаты, Севзапканат. [Электронный ресурс]. URL: http://www.sevzapkanat.com (дата обращения 04.11.2015).

TURBULENT OQIMLARNI MODELLASHTIRISHNING ZAMONAVIY USULLARI VA ULARNING TAHLILI

M.A. Shoyev, S.A. Rakhmankulov, B. Mirzamaxmudov

Fargo‘na davlat texnika universiteti
shoyevmardonbek1@gmail.com
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada turbulent oqimlarning fizik mohiyati hamda ularni sonli modellashtirishning zamonaviy usullari tahlil qilingan. Turbulent oqimlarning hosil bo‘lish mexanizmi, uyurmalar energetikasi va Reynolds kuchlanishlarining fizik mazmuni ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, turbulent oqimlarni modellashtirishda qo‘llaniladigan DNS (Direct Numerical Simulation), LES (Large Eddy Simulation), DES (Detached Eddy Simulation) va RANS (Reynolds-Averaged Navier–Stokes) usullarining asosiy tamoyillari, afzalliklari va kamchiliklari yoritilgan*

Kalit so‘zlar: *turbulent oqim, DNS, LES, DES, RANS, Reynolds kuchlanishi, Bussinesk gipotezasi, Navye–Stoks tenglamalari*

Аннотация. *В данной статье проанализированы физическая сущность турбулентных потоков и современные методы их численного моделирования. Рассмотрены механизм образования турбулентных потоков, энергетика вихрей и физический смысл напряжений Рейнольдса. Также освещены основные принципы, преимущества и недостатки методов DNS (Direct Numerical Simulation), LES (Large Eddy Simulation), DES (Detached Eddy Simulation) и RANS (Reynolds-Averaged Navier–Stokes), применяемых при моделировании турбулентных течений.*

Ключевые слова: *турбулентный поток, DNS, LES, DES, RANS, напряжения Рейнольдса, гипотеза Буссинеска, уравнения Навье–Стокса.*

Abstract *This article analyzes the physical nature of turbulent flows and modern methods for their numerical simulation. The mechanisms of turbulent flow formation, vortex energetics, and the physical meaning of Reynolds stresses are considered. In addition, the main principles, advantages, and disadvantages of DNS (Direct Numerical Simulation), LES (Large Eddy Simulation), DES (Detached Eddy Simulation), and RANS (Reynolds-Averaged Navier–Stokes) methods used in turbulent flow modeling are discussed.*

Keywords: *turbulent flow, DNS, LES, DES, RANS, Reynolds stresses, Boussinesq hypothesis, Navier–Stokes equations.*

Kirish

Turbulent oqimni turli yo‘nalishlarda va turli tekisliklarda aylanadigan ko‘p sonli uyurmalar deb ta’riflash mumkin. Katta uyurmalar kichik uyurmalarga aylanadi, o‘lchamlari molekulalarning yo‘l uzunligidan bir oz kattaroq bo‘lgan kichik uyurmalar molekulyar yopishqoqlik orqali energiyani issiqlikka tarqatadi. Bu jarayon birinchi marta matematik jihatdan A.N.Kolmogorov tomonidan tasvirlangan va energiya so‘nishi deb nomlangan[1]. Kichik uyurmalardan teskari parchalanish deb ataladigan katta uyurmalar hosil bo‘lishining teskari jarayoni bo‘lishi ham mumkin λ to‘lqin uzunligini l uyurmaning o‘lchamiga teskari proporsional bo‘lishini aniqlash

$$\lambda = \frac{2\pi}{l}.$$

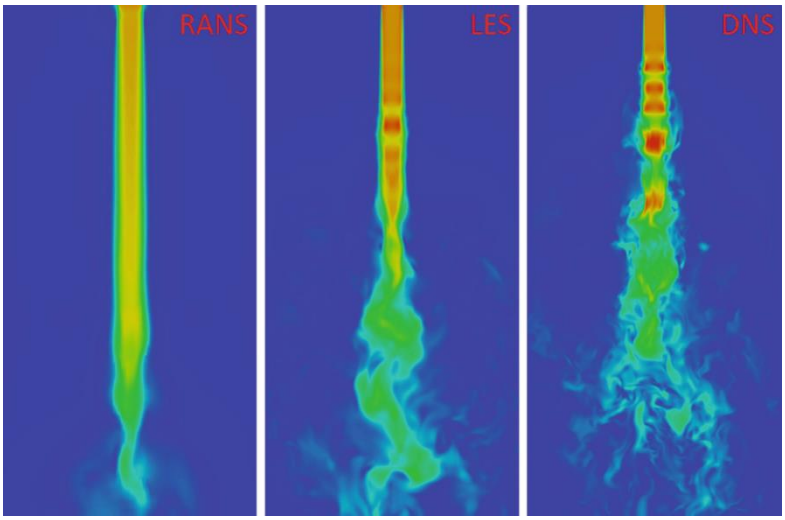
Turbulentlikni to‘g‘ridan-to‘g‘ri sonli modellashtirish (DNS)

To‘g‘ridan-to‘g‘ri sonli modellashtirish (Direct Numerical Simulation) to‘liq statsionar bo‘lmagan Navye-Stoks tenglamalarining yechimini uzluksizlik tenglamasi bilan hisoblab chiqadi. Bu shuni anglatadiki, qo‘shimcha modellashtirish talab qilinmaydi va suyuqlik oqimiga xos bo‘lgan barcha ta’sirlar hisobga olinadi. DNS da barcha fizik va kimyoviy uzunlik va vaqt shkalalari raqamli tarmoq va vaqt bosqichlarida hal qilinishi kerak. DNS bilan bog‘liq qiyinchilik bu asrning oxirigacha kompyuter resurslarining cheklanganligidadir

DNS Reynoldsning 10^3 dan kichik bo‘lgan sonlarida kompyuter texnologiyalarining zamonaviy rivojlanishi bilan natijalarni olish imkonini beradi. Bundan tashqari, boshlang‘ich va chegaraviy shartlarni o‘rnatish bilan bog‘liq muammolar mavjud. Turbulent oqimning tasodifiy tabiatini tavsiflash uchun beqaror kirish va chiqish shartlarini yetarli darajada ko‘rsatish kerak. Amaliy nuqtai nazardan, DNS dan olingan statistik ma’lumotlardan o‘rtalashtirilgan Navye-Stoks tenglamalari asosida modellarni sinash va kalibrlash uchun foydalanish mumkin

Katta uyurmani modellashtirish (LES)

LES modelini modellashtirishda katta uyurmalar to‘g‘ridan-to‘g‘ri sonli to‘r bo‘yicha va o‘z vaqtida hal qilinadi, kichik uyurmalar esa kichik to‘r shkalasida modellashtiriladi. Ushbu LES (Large Eddy Simulation) yondashuvining asosiy sharti shundaki, eng katta uyurmalar maksimal Reynolds kuchlanishini olib yuradi va ularni hisoblash kerak. Kichik uyurmalar Reynolds kuchlanishining past qiymatlarini o‘z ichiga oladi, bundan tashqari, kichik miqyosdagi turbulentlik izotropga yaqin va universalga yaqin xususiyatlarga ega. Ular modellashtirishga ko‘proq mos keladi[2,3]



1.7-rasm. LES, DNS va RANS o‘rtasidagi farqlarning sxematik tasviri.

LES va DNS o‘rtasidagi asosiy farq shundaki, LES usuli uyurmalarni filtrlaydi, ya’ni kichik

uyurmalar tashlab yuboriladi va kattaroqlari saqlanadi [4].

Ajratilgan uyurmani modellashtirish usuli (DES)

Ushbu muammoning yechimlaridan biri DES usullari deb ataladigan LES va RANS (Reynolds-Averaged Navier-Stoks) usullarini gibridlashtirishdir DES usulining asosiy g‘oyasi shundaki, RANS modeli devor yaqinida, LES modeli esa devordan uzoqda qo‘llaniladi. Bu esa hisoblash tezligini sezilarli darajada tezlashishiga olib keladi. DES haqida batafsil ma’lumot Spalart ishida keltirilgan. Biroq, gibrid modellarda hali ham to‘liq hal qilinmagan muammolar mavjud. Masalan, zonalarni biriktirish, va zonalar o‘rtasida ma’lumot uzatish muammolari mavjud.

Yuqorida aytib o‘tilganidek, DES usullariga alternativ sifatida keng ajratilgan zonalar bilan devorga yaqin oqimlarni hisoblashda taklif qilingan.Ular uchun RANS modellari maqbul aniqlikni ta’minlay olmaydi va LES haddan tashqari katta hisoblash resurslarini talab qiladi. Bu asrning o‘rtalariga qadar keng tarqalgan amaliy foydalanish imkoniyatini kechiktiradi. RANS yordamida bunday oqimlarni hisoblash ishonchli va tejamkor.

Aynan 1997 yilda taklif qilingan RANS va LES kombinatsiyasi ,,Detached Eddy Simulation’’ usuli deb nomlandi. Bu nom DES va LES o‘rtasidagi asosiy farqni ta’kidlaydi. Bu shundan iboratki, LES doirasida barcha energiya tashuvchi uyurmalar aniq hisoblanmaydi, faqat ajratish zonalarida ajratilgan uyurmalar va biriktirilgan chegara qatlamlari hududlarida joylashgan uyurmalar an’anaviy yarim empirik usullar bilan tavsiflanadi.

O‘rtalashtirilgan Navye-Stoks tenglamalari asosidagi model (RANS)[5]

Reynolds bo‘yicha o‘rtalashtirilgan masalalarini sonli ko‘rinishi gidrodinamikada asos sifatida qo‘llaniladi. Bunday holda, gidrodinamik parametrlarning $U\left(x_i,t\right)$ oniy qiymatlari o‘rtacha qiymati $\bar{u}\left(x_i,t\right)$ va uning pulsatsiya $u'\left(x_i,t\right)$ komponentining yig‘indisi sifatida taqdim etiladi:

$$U\left(x_i,t\right)=\bar{u}\left(x_i,t\right)+u'\left(x_i,t\right). \tag{1}$$

Integral shaklda vaqt bo‘yicha o‘rtalashni quyidagicha yozish mumkin

$$\bar{u}\left(x_i\right)=\lim_{t\to\infty}\frac{1}{t}\int_0^t u'\left(x_i,t\right)dt \quad . \tag{2}$$

Reynolds usulidan foydalanib, massa, impuls va skalyar (energiya, harorat, massa ulushi) saqlanishlari o‘rtalashtirilgan tenglamalarini olish mumkin. Siqilmaydigan suyuqlik uchun bu quyidagi shaklda yoziladi:

$$\begin{aligned}&\frac{\partial\overline{U}_i}{\partial x_i}=0,\\&\frac{\partial\overline{U}_i}{\partial t}+\frac{\partial\left(\overline{U}_i\overline{U}_j\right)}{\partial x_j}=-\frac{\partial\overline{p}}{\rho\partial x_i}+\frac{\partial}{\partial x_j}\left(\left(\nu+\nu_t\right)\frac{\partial\overline{U}_i}{\partial x_j}\right)+g_i\ ,\end{aligned} \tag{3}$$

(3) tenglamalarda ν_t noma’lum Reynolds kuchlanishlaridir. Shuning uchun bu tenglamalar tizimi yopiq emas. Reynolds kuchlanishlarini aniqlashning ikkita yondashuvi mavjud: birinchi yondashuv chiziqli yondashuv bo‘lib, bunda Bussinesk gipotezasi qo‘llaniladi, ikkinchi yondashuv esa nochiziqli yondashuv bo‘lib, Reynolds kuchlanishlari differensial tenglamalar tizimi yordamida topiladi.

Bussinesk gipotezasi. 1877 yilda Reynolds kuchlanishlarini topish uchun J. Bussinesk yopishqoq suyuqlikning laminar harakati va uning turbulent o‘rtacha harakati o‘rtasidagi o‘xshashlikka tayangan holda, o‘rtacha harakat qatlamlari orasidagi tangensial kuchlanish τ_t uchun keyinchalik keng tarqalgan formulani taklif qildi:

$$\tau_t=A\frac{d\overline{U}}{dy}. \tag{4}$$

Tashqi ko‘rinishidan bu tenglik Nyutonning yopishqoqlik formulasiga o‘xshaydi. Yagona farqi shundaki, oddiy (molekulyar) yopishqoqlikning dinamik koeffitsienti μ o‘rniga (4) formulada turbulent (molyar) yopishqoqlik A ning sezilarli darajada katta dinamik koeffitsiyenti qatnashmoqda, dastlab turbulent aralashish koeffitsienti deb atalgan va $\overline{U}$ orqali biz turbulent suyuqlik harakatining o‘rtacha tezligini tushunamiz. Dinamik yopishqoqlik koeffitsiyenti suyuqlik yoki gazning berilgan termodinamik holatlaridagi fizik konstantasini ifodalaganidek, mutanosiblik koeffitsiyenti A ham dastlab μ o‘lchamiga ega bo‘lgan o‘zgarmas koeffitsiyent sifatida qaraldi.

Bu g‘oya 1915-1925 yillarda yanada rivojlandi. Teylor, Richardson va Shmidt asarlarida, ular Lyudvig Prandtlning ishidan oldin turbulent aralashish modelini yaratgan va aralashish yo‘li nazariyasi rolini $\mu\overline{U}$ orqali ko‘rsatgan:

Turbulent harakatda turbulent yopishqoqlik oddiy yopishqoqlikdan farq qilishi ko‘rsatildi. Harakat miqdori va qatlamlar o‘rtasidagi almashinuvni quyidagicha olishimiz mumkin:

$$\tau_t = -\rho\overline{u'v'} = \rho\overline{v'l'}\frac{d\overline{U}}{dy}. \tag{5}$$

Tenglik (4) ni (5) bilan taqqoslab, turbulent aralashish koeffitsienti A (ρ – doimiy) ifodasini olamiz:

$$A = \rho\overline{v'l'}. \tag{6}$$

Quyida biz umumiy qabul qilingan belgilashlarga e’tibor qaratamiz

$$A = \mu_t, \qquad \frac{A}{\rho} = \nu_{t,}$$

bunda μ_t va ν_t – mos ravishda turbulent yopishqoqlikning dinamik va kinematik koeffitsiyentlari.

Bussinesk gipotezasidan foydalangandan so‘ng Reynolds tenglamalari quyidagi shaklda yoziladi:

$$\begin{cases} \dfrac{\partial\overline{U}_i}{\partial x_i} = 0, \\ \dfrac{\partial\overline{U}_i}{\partial t} + \dfrac{\partial\left(\overline{U}_i\overline{U}_j\right)}{\partial x_j} = -\dfrac{\partial\overline{p}}{\rho\partial x_i} + \dfrac{\partial}{\partial x_j}\left(\left(\nu+\nu_t\right)\dfrac{\partial\overline{U}_i}{\partial x_j}\right) + g_{i,} \end{cases} \tag{7}$$

Skalyar turbulent yopishqoqlikni joriy etishning asosiy kamchiligi shundaki, Bussinesk gipotezasi turbulent oqimning izotropiyasini nazarda tutadi. Binobarin, Bussinesk gipotezasi anizotrop turbulent oqimlar uchun ishlamaydi. Anizotrop turbulent oqimlar yuqori aylanma oqimlarda, turli kanallardagi ikkilamchi oqimlarda va hokazolarda paydo bo‘ladi. Bunday hollarda Reynolds kuchlanish tenzori bilan bir qatorda kuchlanishning anizotropi tenzori ham qo‘llaniladi:

$$a_{ij} = \frac{u_i'u_j'}{k} - \frac{2}{3}\delta_{ij}.$$

Bussinesk gipotezasidan kelib chiqqan holda, Reynolds kuchlanish tenzori o‘rtalashtirilgan oqimning deformatsiya tezligi tenzoriga proporsionaldir:

$$a_{ij} = -\frac{\nu_t}{k}\left(\frac{\partial\overline{U}_i}{\partial x_j} + \frac{\partial\overline{U}_j}{\partial x_i}\right).$$

Reynolds tenglamalari tizimlarini yopiq holga olib kelish va turbulentlik anizotropiyasini hisobga olishning yana bir usuli anizotropiya tenzori a_{ij}, deformatsiya tezligi tenzori S_{ij} va uyurma tenzorining komponentlari Ω_{ij} o‘rtasidagi turli nochiziqli munosabatlardan foydalanishdir.

Xulosa

Maqolada turbulent oqimlarni modellashtirishning asosiy yondashuvlari — DNS, LES, DES va RANS usullari tahlil qilindi. To‘g‘ridan-to‘g‘ri sonli modellashtirish (DNS) eng yuqori aniqlikni ta’minlasa-da, juda katta hisoblash resurslarini talab qilishi sababli amaliy masalalarda cheklangan holda qo‘llaniladi. Katta uyurmani modellashtirish (LES) usuli katta miqyosdagi uyurmalarni aniq hisoblash imkonini beradi va DNS ga nisbatan kamroq hisoblash xarajatlarini talab qiladi. DES usuli esa RANS va LES modellarining afzalliklarini birlashtirgan gibrid yondashuv sifatida qaraladi.

Adabiyotlar

[1]. Anderson, W., Li, Q., and Bou-Zeid, E., 2015, “Numerical Simulation of Flow Over Urban-Like Topographies and Evaluation of Turbulence Temporal Attributes,” J. Turbul., 16(9), pp. 809–831.

[2]. Tominaga, Y., and Stathopoulos, T., 2010, “Numerical Simulation of Dispersion Around an Isolated Cubic Building: Model Evaluation of RANS and LES,” Build. Environ., 45(10), pp. 2231–2239

[3]. Yang, X. I. A., and Meneveau, C., 2016, “Large Eddy Simulations and Parameterisation of Roughness Element Orientation and Flow Direction Effects in Rough Wall Boundary Layers,” J. Turbul., 17(11), pp. 1072–1085.

[4]. Lim, H., Thomas, T., and Castro, I., 2009, “Flow Around a Cube in a Turbulent Boundary Layer: LES and Experiment,” J. Wind Eng. Ind. Aerodyn., 97(2), pp. 96–109

[5]. Altland, S., Xu, H. H., Yang, X. I., & Kunz, R. (2022). Modeling of cube array roughness: RANS, large eddy simulation, and direct numerical simulation. *Journal of Fluids Engineering*, *144*(6), 061106.

SUV UZATISH TARMOQLARINI TANLASH VA GIDRAVLIK HISOBLASH

N.A. Usmonova, magistr R R Abdumalikov

Farg‘ona davlat texnika universiteti,
unodira0211@gmail.com
ravshanbekabdumalikov8@gmail.com

(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu maqolada suv uzatish tarmoqlarini loyihalash, tanlash va gidravlik hisoblash usullari ko‘rib chiqiladi. Tarmoqlarni loyihalashda suv sarfi, quvur diametri, bosim yo‘qotishlari va iqtisodiy samaradorlik asosiy omillar sifatida tahlil qilinadi. Hisoblashlar amalda keng qo‘llaniladigan Darcy–Weisbach tenglamasi hamda Hazen–Williams formulasi asosida olib boriladi.*

Kalit so‘zlar: *Suv ta’minoti, gidravlik hisob, quvur diametri, bosim yo‘qotishlari, suv sarfi, ventilyatsiya tarmoqlari, gidravlik qarshilik.*

Аннотация: *В данной статье рассматриваются методы проектирования, выбора и гидравлического расчета сетей водоснабжения. При проектировании сетей анализируются основные факторы: расход воды, диаметр труб, потери напора и экономическая эффективность. Расчеты проводятся на основе широко применяемых в практике уравнений Дарси–Вейсбаха и формулы Хазена–Уильямса.*

Ключевые слова: *Водоснабжение, гидравлический расчет, диаметр труб, потери напора, расход воды, вентиляционные сети, гидравлическое сопротивление.*

Abstract: *This article examines methods for designing, selecting, and hydraulically calculating water transmission networks. Key factors analyzed in network design include water consumption, pipe diameter, pressure losses, and economic efficiency. Calculations are performed based on the widely used Darcy–Weisbach equation and Hazen–Williams formula.*

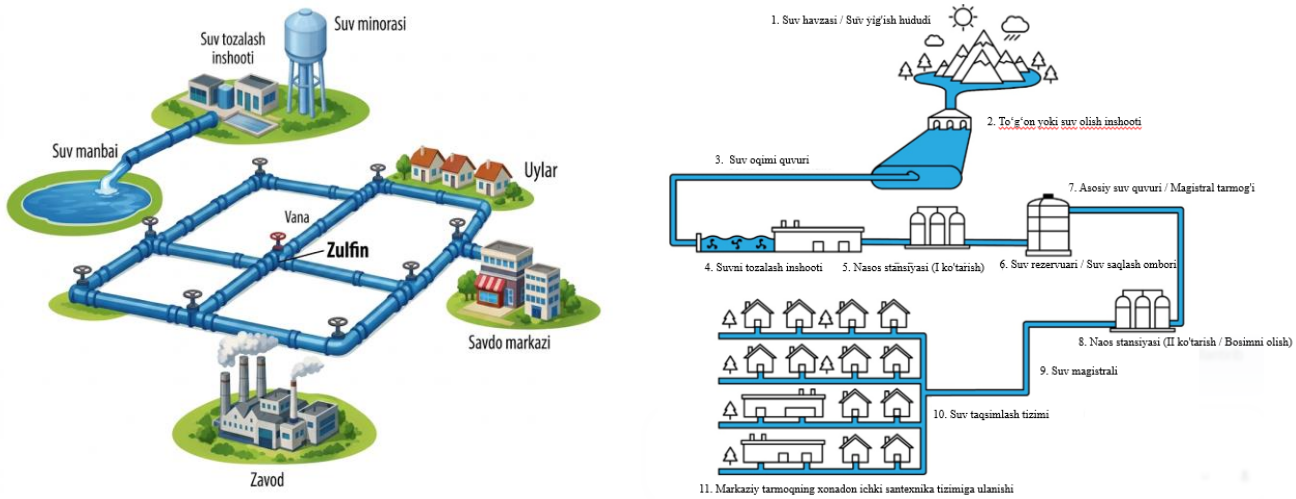
Keywords: *Water supply, hydraulic calculation, pipe diameter, pressure losses, water consumption, ventilation networks, hydraulic resistance.*

Kirish. Suv uzatish tarmoqlari zamonaviy infratuzilmaning ajralmas qismi bo‘lib, aholi punktlari, sanoat korxonalari, qishloq xo‘jaligi va ijtimoiy obyektlarni uzluksiz hamda sifatli

ichimlik va texnik suv bilan ta’minlashda hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Suv ta’minoti tizimining samaradorligi bevosita tarmoqning to‘g‘ri loyihalanishi, ya’ni quvurlar diametri, materiallari, sxemasi va gidravlik parametrlarining aniq tanlanishiga bog‘liqdir. Noto‘g‘ri loyihalangan tarmoqlar esa bosimning yetarli bo‘lmasligi, suv yo‘qotishlarining ortishi, energiya sarfining oshishi va ekspluatatsiya muammolariga olib keladi. Suv uzatish (vodoprovod) tarmoqlari suv ta’minoti tizimining asosiy tarkibiy qismi bo‘lib, uni haqiqiy sharoitlarga mos tarzda tanlash hamda gidravlik jihatdan to‘g‘ri hisoblas – barqaror, ishonchli va iqtisodiy foydali tizim loyihalashning kalit sharti hisoblanadi.

Tarmoq turlari va ularning tanlash tamoyillari. Suv uzatish tarmoqlari asosan to‘liq (boshli) va halqasimon (tarmoqli) turlarga bo‘linadi.

To‘liq (boshli) tarmoq – suv manbaidan bitta yo‘nalish bo‘ylab tarmoq ko‘chagi va shoxlari orqali iste’mol nuqtalariga uzatiladi. Avzalligi: murakkab bo‘lmagan gidravlik hisob, kam quvurlar; kamchiligi: iste’molning o‘sishi bilan bosim yetishmay qoladi, ishonchlilik past.



1-rasm To‘liq (boshli) tarmoq

Halqasimon tarmoq – tarmoq ko‘chalari bir nechta yo‘nalishda bir-biriga bog‘lanadi, suv ikki tomonlama uzatiladi. Avzalligi: yuqori ishonchlilik, bosimni yaxshiroq taqsimlash, muzlatish, montaj, to‘xtatish ishlarini qisqacha amalga oshirish imkoniyati. Kamchiligi: murakkab gidravlik hisob, ko‘proq quvur uzunligi va xarajat.

2-rasm Halqasimon tarmoq.

Tarmoq turini tanlashda quyidagi parametrlar hisobga olinadi: aholi soni (katta shaharlar uchun halqasimon tarmoq asos, kichik aholi punktlari – to‘liq/bo‘g‘lari). tarmoq chastotasi

(ko‘chalar soni va uzunligi), infrastrukturani rivojlanish yuqori bo‘lsa – halqasimon tarmoq tanlanadi.

Shu sababli loyihalash jarayonida nafaqat gidravlik hisoblashlar, balki texnik-iqtisodiy tahlil ham muhim ahamiyatga ega. Tarmoqlarni to‘g‘ri tanlash quyidagi asosiy natijalarga erishishga imkon beradi:

suv yetkazib berish ishonchliligi – tizim uzluksiz ishlaydi va avariya holatlarida ham suv ta’minoti to‘liq to‘xtab qolmaydi;

energiya sarfini kamaytirish – nasos stansiyalarining samarali ishlashi va bosim yo‘qotishlarining minimallashuvi hisobiga;

ekspluatatsiya xarajatlarini optimallashtirish – ta’mirlash, xizmat ko‘rsatish va energiya xarajatlari kamayadi.

Bundan tashqari, zamonaviy sharoitda suv uzatish tizimlariga qo‘yiladigan talablar yanada oshib bormoqda.

Xususan: -ekologik xavfsizlikni ta’minlash. -suv yo‘qotishlarini (noqonuniy ulanishlar, sizib chiqishlar) kamaytirish. -avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini joriy etish.

Gidravlik hisoblashlar jarayonida quvurlar bo‘ylab suv oqimining qonuniyatlari, xususan Darcy–Weisbach tenglamasi va Hazen–Williams formulasi kabi asosiy tenglamalar qo‘llaniladi. Ushbu formulalar yordamida bosim yo‘qotishlari, oqim tezligi va optimal quvur diametri aniqlanadi.

Suv sarfi. Suv uzatish tarmoqlarini loyihalashda eng muhim bosqichlardan biri — iste’mol qilinadigan suv miqdorini aniq aniqlashdir. Suv sarfi noto‘g‘ri baholansa, butun tizimning ishlash samaradorligi pasayadi: ortiqcha diametr tanlansa iqtisodiy zarar, kam diametr tanlansa esa bosim yetishmovchiligi yuzaga keladi.

Umumiy suv sarfi quyidagi asosiy bog‘lanish orqali aniqlanadi:

$$Q = q * N \tag{1}$$

Bu yerda:

Q — umumiy suv sarfi (l/s yoki m³/s)

q — bir kishiga to‘g‘ri keladigan o‘rtacha suv sarfi

N — iste’molchilar soni

Aholi uchun suv sarfi. Aholi punktlarida suv iste’moli turmush darajasi, iqlim, sanitariya sharoitlari va infratuzilmaga bog‘liq holda o‘zgaradi. Amaliy normativlarga ko‘ra:

-qishloq joylarda: 100–150 l/kun/kishi

-kichik shaharlarda: 150–200 l/kun/kishi

-yirik shaharlarda: 200–300 l/kun/kishi

Suv sarfini sekundga o‘tkazish uchun:

$$Q = \frac{q_{kunlik} * N}{86400} \tag{2}$$

bu yerda 86400 — bir sutkadagi sekundlar soni[3].

Notekislik koeffitsientlari. Amalda suv iste’moli kun davomida bir xil bo‘lmaydi. Shu sababli hisoblashlarda notekislik koeffitsientlari qo‘llaniladi:

kunlik notekislik koeffitsienti: $K_{kun} = 1.1 - 1.3$ (3)

soatlik maksimal koeffitsient: $K_{soat} = 1.2 - 1.5$ (4)

Maksimal suv sarfi: $Q_{\max} = Q_{o‘rtacha} * K_{kun} * K_{soat}$ (5)

Bu qiymat quvurlar diametrini tanlashda asosiy hisoblanadi.

Sanoat korxonalarida suv sarfi. Sanoat obyektlarida suv sarfi ishlab chiqarish turiga bog‘liq bo‘ladi. Hisoblash quyidagi asosda olib boriladi: $Q = q_{tex} * n$

Bu yerda: q_{tex} — bir mahsulot birligi uchun suv sarfi, n — ishlab chiqarish hajmi

Masalan: oziq-ovqat sanoati → yuqori suv sarfi, metallurgiya → sovitish uchun katta hajmda suv talab etiladi. Normativlar odatda texnologik reglamentlar asosida belgilanadi[3].

Zamonaviy yondashuvlar. Hozirgi kunda suv sarfini aniqlashda kompyuter dasturlari keng qo‘llaniladi. Masalan, EPANET yordamida:

- iste’mol grafigi tuziladi
- maksimal yuklama aniqlanadi
- real vaqt modellashtirish amalga oshiriladi.

Suv sarfini aniqlash — suv uzatish tizimini loyihalashning asosiy bosqichi bo‘lib, u quyidagilarni ta’minlaydi: quvurlar diametrini to‘g‘ri tanlash , bosim yo‘qotishlarini kamaytirish, tizimning barqaror ishlashi.

Quvur diametrini tanlash. Suv uzatish tarmoqlarini loyihalashda quvur diametrini to‘g‘ri tanlash tizimning samaradorligi, ishonchliligi va iqtisodiyligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Diametr juda kichik bo‘lsa — bosim yo‘qotishlari ortadi va suv yetkazib berish yomonlashadi; diametr ortiqcha katta bo‘lsa — qurilish xarajatlari oshadi va tizim iqtisodiy jihatdan samarasiz bo‘ladi. Quvur diametri suv sarfi va oqim tezligi orasidagi bog‘lanish orqali aniqlanadi:

$$Q = \frac{\pi D^2}{4} * v \qquad (6)$$

Bu yerda: Q — suv sarfi (m³/s yoki l/s, D — quvur diametri (m) , v — suv oqim tezligi (m/s).

Ushbu formuladan diametr quyidagicha topiladi: $D = \sqrt{\frac{4Q}{\pi v}}$ (7)

Oqim tezligini tanlash. Tezlik quvur diametrini aniqlashda asosiy parametr hisoblanadi. Amaliyotda quyidagi tavsiyalar qabul qilingan:

- **magistral (asosiy) tarmoqlarda:** 0.8 – 2.0 m/s
- **taqsimlovchi (ichki) tarmoqlarda:** 0.5 – 1.5 m/s
- **nasosli tizimlarda:** 1.0 – 2.5 m/s

Tezlikni tanlashda quyidagilar hisobga olinadi:

- past tezlik (<0.5 m/s) → suv turg‘unligi, cho‘kma yig‘ilishi
- juda yuqori tezlik (>2.5–3 m/s) → shovqin, quvur yeyilishi va katta bosim yo‘qotishlari.

Gidravlik omillar.Quvur diametrini tanlashda faqat uzluksizlik tenglamasi yetarli emas. Quyidagi omillar ham hisobga olinadi:

1. Bosim yo‘qotishlari. Diametr kichraygan sari bosim yo‘qotishlari keskin ortadi. Bu holat Darcy–Weisbach tenglamasi orqali baholanadi.
2. Quvur materiali. Turli materiallar turli silliqlikka ega:
   - po‘lat → ko‘proq qarshilik
   - cho‘yan → o‘rtacha
   - plastik (PE, PVC) → kam qarshilik

Bu esa diametr tanlashga ta’sir qiladi.

3. Tarmoq uzunligi.Uzun quvurlarda bosim yo‘qotish ko‘proq bo‘ladi, shuning uchun diametr kattaroq tanlanadi.

Amaliy hisoblash ketma-ketligi.Quvur diametrini tanlash odatda quyidagi bosqichlarda amalga oshiriladi:

1. Maksimal suv sarfi aniqlanadi $Q_{\max}$
2. Tavsiya etilgan tezlik v tanlanadi
3. Diametr formuladan hisoblanadi
4. Eng yaqin standart diametr qabul qilinadi
5. Bosim yo‘qotishlari tekshiriladi

6. Zarurat bo‘lsa diametr qayta tanlanadi.

Hisoblashga misol. Berilgan:

suv sarfi: $Q = 20l / s = 0.02m^3 / s$

tezlik: $v = 1.0m \ / s$

Hisoblaymiz: $D = \sqrt{\frac{4*0.02}{3.14*1.0}} \approx 0.16m$

Natija: $D \approx$ **150–160 mm diametrli quvur tanlanadi[2]**

Standart diametrlar.Amaliyotda hisoblangan diametr aynan qo‘llanilmaydi, balki standart qiymatlar olinadi: 50 mm, 100 mm, 150 mm , 200 mm, 300 mm va hokazo

Tanlashda doimo **yaqin katta diametr** olinadi. Iqtisodiy optimal diametr. Optimal diametr quyidagi muvozanat asosida aniqlanadi:

- kichik diametr → arzon qurilish, lekin katta energiya sarfi
- katta diametr → qimmat qurilish, lekin kam bosim yo‘qotish.

Zamonaviy yondashuv. Hozirgi vaqtda diametr tanlashda kompyuter odellashtirish keng qo‘llaniladi. Masalan, EPANET dasturi yordamida:

- butun tarmoq simulyatsiya qilinadi.
- har bir quvur uchun optimal diametr aniqlanadi.
- bosim va tezliklar nazorat qilinadi.

Quvur diametrini tanlash — suv ta’minoti tizimining eng muhim bosqichlaridan biri bo‘lib: gidravlik hisoblashlarga asoslanadi, iqtisodiy jihatdan optimallashtiriladi, amaliy standartlarga mos ravishda tanlanadi. To‘g‘ri tanlangan diametr tizimning uzoq muddat samarali va barqaror ishlashini ta’minlaydi.

Darcy–Weisbach tenglamasi.

Formula: $h_f = \lambda * \frac{L}{D} * \frac{v^2}{2g}$ (8)

Fizik ma’nosi: Bu tenglama quvur ichida oqayotgan suyuqlik (yoki havo**)** devorga ishqalanishi sababli energiya yo‘qotishini hisoblaydi. Oddiy qilib: suyuqlik devorga tegadi → ishqalanish paydo bo‘ladi.

Parametrlar izohi 1-jadval

Belgilanish	Ma’nosi	Ta’siri
h_f	bosim yo‘qotilishi (m)	natija
λ	ishqalanish koeffitsienti	oqim rejimiga bog‘liq
L	quvur uzunligi (m)	uzun bo‘lsa → yo‘qotish katta
D	diametr (m)	katta bo‘lsa → yo‘qotish kichik
v	tezlik (m/s)	eng katta ta’sir qiluvchi
g	9.81 m/s²	doimiy

Oqim rejimi (juda muhim): λ qiymati quyidagiga bog‘liq:

Laminar oqim → $\lambda = 64 / Re$

Turbulent oqim → Moody diagrammasi orqali aniqlanadi

Bu esa Reynolds soni ga bog‘liq.

Qachon ishlatiladi: Aniqligi yuqori hisoblarda, Har qanday suyuqlik uchun, Ilmiy ishlar, dissertatsiya, CFD modellash.

Hazen–Williams formulasi

Formula: $h_f = 10.67 * \frac{L}{C^{1.852} * D^{4.87}} * Q^{1.852}$ (9)

Fizik ma’nosi: Bu tajribaviy (empirik) formula bo‘lib, aynan suv oqimi uchun ishlab chiqilgan**.** Ya’ni: Nazariy emas, Tajriba asosida olingan[3,6]

2- jadval

Belgilanish	**Ma’nosi**
(h_f)	bosim yo‘qotilishi (m)
(L)	quvur uzunligi (m)
(D)	diametr (m)
(Q)	sarf (m^3/s)
(C)	sirt qo‘poligi koeffitsienti

C koeffitsienti (juda muhim): 3-jadval

Material	**C qiymati**
Po‘lat	100 – 120
Cho‘yan	80 – 100
Plastik (PVC, PE)	140 – 150
Yangi quvur	katta
Eski quvur	kichik

Tarmoqni gidravlik usullari. Suv ta'minoti tarmoqlari uchun gidravlikdagi o'ziga xos xususiyatlar: Magistral (tupik) tarmoqlar uchun Eyler va Darci–Veysbax tenglamalariga barqaror hisob-kitoblar oddiy liniyali-kitoblar.

Halqasimon tarmoqlar uchun tugunlar (nodlar) va halqalar bo'yicha sarfni iteratsion taqsimlash usullari, masalan Lobachev–Cross usuli.

Zamonaviy amaliyotda tarmoqgidravlik hisoblari E va shunga o'xshash dasturiy paketlar orqali modellashtirish asosida bajariladi.

Halqasimon tarmoqlarda asosiy shart bo'lishi kerak, har bir narsa halqa bo'yicha stress yo'qotish algebraik yig'indisi nolga teng bo'lishi kerak ($\sum h = 0$).

Tarmoqni iqtisodiyotning iqtisodiy va energetik rivojlanishi

Quvur diametrini orttirish kuch yo'qotishini va nasoslar energiya sarfini ishlab chiqaradi, lekin quvvat narxini olish; diametrni yaratish asos bo'ladi, shuning uchun iqtisodiy optimal yechim tanlanadi. Yopiq halqasimon korxonalar kapital sarflar bo'yicha bir oz qimmatroq bo'lsa-da, ekspluatatsiyada bosim rejimini yaxshilash va avariya holatlarida uzluksizlikni ta'minlash hisobiga samaraliroq bo'ladi.

Xulosa. Suv ta'minoti tarmoqlarini to'g'ridan-to'g'ri suv ta'minoti tizimlarining ishonchliligi, barqarorligi va iqtisodiy yordamini ta'minlash. To'liq (boshli) guruhlar kichik aholi punktlari va nisbatan sodda infratuzilmalar uchun qulay bo'lib, oddiy gidravlik hisob va kam kapital sarf bilan ajralib turadi, biroq sud majlisi kamchiligi – iste'mol boshida yoki avariya holatlarida bosim va ishonchlilikning keskin kurashdir. Halqasimon tarmoqlar esa ko'proq ishlab chiqarish va yuqoriroq energiyani tenglashtirishga ega bo'lsa-da, ikki tomonlama suv, quvvatni taqsimlash va avariya holatlarida muqobil yo'nalishlar orqali suv resurslarini etkazib berish orqali shaharlar va imkoniyatlar infratuzilmalar uchun eng maqbul yechim.

Gidravlik notekis jarayon suv sarfi, koeffitsientlari, ishlab chiqarish materiali va quvvati, ishlab chiqarish hamda diametri o'zaro bog'liqlikda ko'rib chiqilib, maksimal soatlik suv sarflari bo'yicha diametr tanlanishi va quvvat yo'qotishlari kerak. Quvur diametrini optimal darajada kichik diametrda energiya energiya sarfi, katta diametrda esa energiya ishlab chiqarishi o'zaro iqtisodiy energiyani topishga bo'lib, bu jarayonda Darcy–Weisbach tenglamasi va Hazen–W formulasi hisobga olinadigan miqdorda qo'llanadi. Zamonaviy sharoitda EPANET kabi dasturlar yordamida suv ta'minoti tarmoqlarini hisoblash modeli, sarf va quvvat grafigini optimallashtirish, diametrlarni optimallashtirish va avariya rejimlarini tahlil qilish, mavjud bo'lib, bu suv quvurlarini oshirish va ekspluatatsiya qilish sifatini oshirish.

Adabiyotlar

[1]. A.M.Arifjonov, Q.T.Raximov, A.K.Xodjiyev. Gidravlika : o'quv qo'llanma. – Toshkent, 2016. – Quvurlarda gidravlik jarayonlar va yuklanish usullari bayon qilingan. https://staff.tiiame.uz/storage/users/53/books/fU1NQRnWFOZkX4cc2oxzgBxggoOSrY6g9Rg7pIPw.pdf

[2]. Quvurlarni gidravlik yuki : ma'ruza matni. – hufocw o'quv resursi, 2020. – Quvurlarni ishqalanish va qarshiliklar bo'yicha, uzun va qisqa tasnifi. https://www.hufocw.org/Download/file/6842

[3]. Suv ta'minoti tizimlarini rejalashtirishda gidravlik hisobning ta'lim haqida . – Scientific Journal, ilmiy maqola. – Sovuq va issiq suv sarflarini hisobga olish, gidravlik hisobning ustuvor vazifalari yoritilgan. http://journalss.org/index.php/tal/article/download/7522/7151

[4]. Suv ta'minoti tarmog'ini gidravlik hisoblash . – “erus” ilmiy jurnali, elektron maqola. – Suv ta’minotida turli usullar asosida gidravliklarni hisoblash ishlarini ko‘rib chiqish. https://www.grafiati.com/en/literature-selections/gidravlika/journal/

[5]. Tarmoq gidlika yuk ishlarini amalgarav : uslubiy ko'rsatma. – Tarmoqlar bo'yicha ma'lumotlarni yig'ish, halqamon tarmoqlarning iteratsion usullari bayon qilingan. https://portfel.qmii.uz/subject/majmua-fayl?id=qg1681300724

[6]. Gidravlik va bo'yicha ma'lumot matnlari (Darcy–Weisbach Hazen–Williams tenglamalari). – Internet o'quv resurslari va ma'ruza fayllari. – Bosim yo'qotishlarini baholashning nazariy va amaliy asoslari. https://api.ziyonet.uz/uploads/books/899306/57dfaaaa8ad78.pdf

[7]. Suv ta'minoti tizimlarini modellashtirish bo'yicha ishlarni (epanet va boshqalar) . – Elektron va onlayn manbalar. – Suvini tartibga solish simulyatsiya qilish va optimallashtirish ishlari. https://www.rafsun.com/uz/what-is-a-5-stage-pump/

UDK: 691.54:699.86

PENAIZOL MATERIALINING XOSSALARI VA UNING QURILISHDA QO‘LLANILISHI

I.A. Abdullayev

Andijon davlat texnika instituti
abdullayevikrom934@gmail.com

(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu maqolada zamonaviy issiqlik izolyatsiya materiallaridan biri hisoblangan penaizolning fizik-mexanik xossalari, ekologik xavfsizligi va qurilishda qo‘llanish imkoniyatlari yoritilgan. Eksperimental ma’lumotlar asosida penaizolning issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsiyenti, zichligi, namlikka chidamliligi hamda yong‘inga qarshilik darajasi tahlil qilingan.*

Kalit so‘zlar: *penaizol, issiqlik izolyatsiyasi, qurilish materiali, ekologik xavfsizlik, yong‘inga chidamlilik*

Аннотация: *В статье рассматриваются физико-механические свойства, экологическая безопасность и возможности применения пеноизола как современного теплоизоляционного материала. Проанализированы теплопроводность, плотность, влагостойкость и огнестойкость материала.*

Ключевые слова: *пеноизол, теплоизоляция, строительный материал, экологическая безопасность, огнестойкость*

Abstract: *This article examines the physical and mechanical properties, environmental safety, and construction applications of penaizol as a modern thermal insulation material. Thermal conductivity, density, moisture resistance, and fire resistance were analyzed.*

Keywords: *penaizol, thermal insulation, construction material, environmental safety, fire resistance*

Kirish. So‘nggi yillarda energiya tejamkor qurilish texnologiyalariga bo‘lgan talab ortib bormoqda. Shu bilan birga, issiqlik izolyatsiyasi materiallariga qo‘yiladigan talablar ham o‘zgarib, ularning ekologik xavfsizligi, yong‘inga chidamliligi va uzoq muddat xizmat qilishi muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu talablarga javob bera oladigan materiallardan biri — penaizol hisoblanadi. Zamonaviy qurilish sanoatida energiya tejamkorligi, ekologik xavfsizlik va iqtisodiy samaradorlik asosiy ustuvor yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Shu munosabat bilan qurilish materiallariga qo‘yilayotgan talablar tobora ortib bormoqda. Bugungi kunda issiqlik izolyatsiyasi yuqori bo‘lgan, ekologik toza, yengil, uzoq muddatli foydalanish imkoniyatiga ega bo‘lgan qurilish materiallariga bo‘lgan ehtiyoj yanada kuchaymoqda. Ushbu talablarni qondirishda Penaizol kabi zamonaviy issiqlik izolyatsiyalovchi materiallar muhim ahamiyat kasb etmoqda [1].

Penaizol – bu ko‘pik shaklidagi polimerli material bo‘lib, u asosan formaldegidli smolalar asosida tayyorlanadi. U qurilishda devorlar, tomlar, pollar, sandwich-panel va boshqa elementlarning issiqlik izolyatsiyasini ta’minlashda keng qo‘llaniladi [2]. Penaizolning asosiy afzalliklari ko‘p jumladan, yengilligi, issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsientining pastligi, arzonligi, ekologik xavfsizligi va o‘rnatishning soddaligidir [3]. Material quyi zichlikka ega bo‘lib, beton, g‘isht, yog‘och kabi turli asoslarga osongina qo‘llaniladi. Shuningdek, u yong‘inga nisbatan nisbatan chidamli va mog‘or yoki zararli mikroorganizmlarga bardoshli [4].

Tadqiqotning asosiy maqsadi penaizol materialining fizik-mexanik, issiqlik va ekologik xossalarini chuqur tahlil qilish hamda uning qurilish jarayonlarida optimal qo‘llanilish uslublarini aniqlashdan iborat. Bundan tashqari, mazkur tadqiqot orqali Penaizolning boshqa izolyatsion materiallarga nisbatan afzalliklari va kamchiliklari aniqlanib, uni O‘zbekiston qurilish sohasida keng joriy qilish bo‘yicha takliflar ishlab chiqiladi.

Penaizol – bu ko‘pik shaklidagi polimerli material bo‘lib, u asosan formaldegidli smolalar asosida tayyorlanadi. U qurilishda devorlar, tomlar, pollar, sandwich-panel va boshqa elementlarning issiqlik izolyatsiyasini ta’minlashda keng qo‘llaniladi [2]. Penaizolning asosiy afzalliklari ko‘p jumladan, yengilligi, issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsientining pastligi, arzonligi, ekologik xavfsizligi va o‘rnatishning soddaligidir [3]. Material quyi zichlikka ega bo‘lib, beton, g‘isht, yog‘och kabi turli asoslarga osongina qo‘llaniladi. Shuningdek, u yong‘inga nisbatan nisbatan chidamli va mog‘or yoki zararli mikroorganizmlarga bardoshli [4].

Penaizol materialining qo‘llanilishi O‘zbekiston kabi iqlimi keskin kontinental bo‘lgan hududlar uchun ayniqsa dolzarb hisoblanadi. Mamlakatimizda qish oylarida sovuq, yozda esa issiq harorat kuzatiladi, bu esa binolarning energiya samaradorligiga alohida e’tibor qaratishni talab etadi. Afsuski, O‘zbekistonda mavjud uy-joy fondining katta qismi sovet davrida qurilgan bo‘lib, ular energiya samaradorligi nuqtai nazaridan zamonaviy talablarni qondirmaydi. Shu sababli, binolarni rekonstruksiya qilishda yoki yangi qurilishlarda zamonaviy issiqlik izolyatsiya materiallaridan foydalanish zarurati kun tartibiga chiqmoqda [5].

Adabiyotlar tahlili. Penaizolning issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsienti 0.031–0.041 Vt/m·K oralig‘ida bo‘lib, bu uni ko‘p hollarda penopolistrol, mineral paxta va boshqa alternativ materiallar bilan tenglashishiga olib keladi. Shu bilan birga, u qulay narxi va ishlov berishdagi soddaligi sababli iqtisodiy jihatdan ham foydaliroq sanaladi. Eng muhimi – u yerli sharoitda, mahalliy xom ashyolar asosida ishlab chiqarilishi mumkin, bu esa importga qaramlikni kamaytirish, yangi ish o‘rinlari yaratish va qurilish materiallari sanoatini rivojlantirish imkonini beradi [8].

Tadqiqotning maqsadi. Penaizol materialining fizik-mexanik, issiqlik va ekologik xossalarini chuqur tahlil qilish hamda uning qurilish jarayonlarida optimal qo‘llanilish uslublarini aniqlashdan iborat. Bundan tashqari, mazkur tadqiqot orqali Penaizolning boshqa izolyatsion materiallarga nisbatan afzalliklari va kamchiliklari aniqlanib, uni O‘zbekiston qurilish sohasida keng joriy qilish bo‘yicha takliflar ishlab chiqiladi.

Tadqiqotimizda amaliy jihatdan ham nihoyatda dolzarb hisoblanadi. Chunki aholining turmush darajasini oshirish, energiya tejamkorligini ta’minlash, uy-joylarning sifatini yaxshilash va ekologik xavfsiz muhit yaratish kabi masalalar bevosita ushbu materialning qo‘llanilish darajasiga bog‘liq bo‘ladi. Bundan tashqari, Penaizol materialini mahalliy sharoitda ishlab chiqarish imkoniyatlari mavjudligi sababli, u iqtisodiy barqarorlikka ham xizmat qilishi mumkin. Shu

jihatdan olib qaralganda, bu tadqiqot O‘zbekiston uchun nafaqat ilmiy, balki strategik ahamiyatga ham ega.

Tadqiqot metodologiyasi. Penaizolning tarkibi, qo‘llanishi va ishlab chiqarilishi penaizol bu uretan formaldegid smolalari asosida olinadigan ko‘pikli plastmassa bo‘lib, u asosan quyidagi komponentlardan iborat:

Karbamid-formaldegid qatroni:

Karbamid-formaldegid qatroni (KF qatroni) – bu karbamid (mochevina) va formaldegidning kondensatsiyalanish reaktsiyasi natijasida hosil bo‘ladigan sintetik polimer birikma bo‘lib, u turli sanoat tarmoqlarida, ayniqsa, qurilish va mebelsozlikda keng qo‘llaniladi. Karbamid (NH_2CONH_2) va formaldegid (HCHO) ishqoriy yoki kislotali muhitda kondensatsiyalanib, polikondensatsiya yo‘li bilan KF qatronini hosil qiladi.Qatron hosil bo’lish ikki bosqichda: monomerlash va polikondensatsiya jarayoni orqali amalga oshiriladi. Karbamid-formaldegid qatroni (KF qatroni) quyidagi xossalarga ega:

Tashqi ko‘rinishi: Odatda rangsiz yoki och sarg‘ish, yopishqoq suyuqlik yoki qattiq modda (quritilganda).

Erituvchanligi: Suvda qisman eriydi (shakliga qarab).

pH: Ishqoriy muhitda (sintez paytida) yoki neytralga yaqin.

Issiqlikka chidamliligi: Quritgandan so‘ng yaxshi mexanik mustahkamlikka ega, ammo yuqori haroratda (200°C dan yuqori) yemiriladi.

Formaldegid ajralishi: Qatronlar sekin-asta formaldegid ajratishi mumkin, bu esa ekologik va sanitariya jihatdan muhim omil hisoblanadi

Puflovchi reagentlar (povidon yoki boshqa sirt faol moddalar):

Puflovchi reagentlar, ayniqsa **sirt faol moddalar (SFM)** toifasiga kiruvchi moddalar, kimyo va farmatsevtika sanoatida muhim rol o‘ynaydi. Ular eritmalar, qattiq modda dispersiyalari yoki ko‘piklar hosil qilish va barqarorlashtirish uchun ishlatiladi. Sirt faol moddalar – bu moddalar bo‘lib, ular suyuqliklarning sirt tarangligini pasaytiradi va ikki faza (masalan, suv-havo, suv-yog‘) orasidagi interfeysda faoliyat ko‘rsatadi. Ular **amfifil** tuzilishga ega, ya'ni:

Gidrofil (suvni sevuvchi) qism

Gidrofob (suvni itaruvchi / yog‘ni sevuvchi) qism

Qattiqlash.tiruvchi vosita (kislota)

Natija va muhokama.

Penaizol tarkibidagi **qattiqlashtiruvchi vosita** – bu **kislota xossasiga ega reagent** bo‘lib, u **karbamid va formaldegid o‘rtasidagi kondensatsiya reaksiyasini tezlashtiradi**, ya’ni **polimerizatsiya** jarayonini boshlab, **qattiqlashishni (polimer to‘r hosil bo‘lishini)** ta’minlaydi.

1-jadval

Qattiqlashtiruvchi vosita sifatida asosan quyidagi kislotalar ishlatiladi

Kislota nomi	Kimyoviy formulasi	Tavsifi va vazifasi
Formalinsulfokislota (metansulfokislota)	CH_3SO_3H	Eng keng tarqalgan. Kuchli kislota, tez qattiqlashtiradi, kam hidli.
Sulfat kislota (suyultirilgan)	H_2SO_4	Kamdan-kam ishlatiladi, juda kuchli, ehtiyotkorlik bilan ishlatiladi.
Oksalat kislota	HOOCCOOH	Yengilroq ta’sir qiladi, qattiqlashish sekinroq bo‘ladi.

Qattiqlashtiruvchi vosita sifatida ishlatiladigan kislotalar quyidagi tartibda ishlaydi:

a) **Kondensatsiyani faollashtiradi**:

Karbamid va formaldegid kislotali muhitda kondensatsiyalanadi.

Reaksiya natijasida **metilen (-CH_2-)** yoki **metilen-efir (-CH_2-O-CH_2-)** bog‘lari hosil bo‘ladi.

b).**Polimer to‘r tuzilishini hosil qiladi**:

- Bu bosqichda penaizol o‘z qattiq, ko‘pikli tuzilmasiga ega bo‘ladi.

c). **Qattiqlashish tezligini belgilaydi**:

-Kislota miqdori ko‘p bo‘lsa – qattiqlashish tezroq.

- Kam bo‘lsa – sekinroq, lekin ko‘proq nazorat qilinadi.

4.Suv

Penaizol maxsus uskunalar yordamida ob'ekt joyida tayyorlanadi. U suyuq holda devorlar orasiga quyiladi va 20–30 daqiqa ichida ko‘pikka aylanadi.

2-jadval

Penaizolning asosiy texnik ko‘rsatkichlari

№	Ko‘rsatkich	Miqdori
1.	Zichlik (kg/m³)	10–20
2.	Issiqlik o‘tkazuvchanlik (W/m·K)	0.030–0.040
3.	Suv yutuvchanlik (%)	10–15
4.	Yong‘inga chidamlilik sinfi	G1 (kam yonuvchi)
5.	Ishlash harorati (°C)	-60 dan +80 gacha
6.	Ko‘rsatkich	Miqdori
7.	Zichlik (kg/m³)	10–20

Ushbu parametrlar penaizolni ko‘p holatlarda an’anaviy materiallar — mineral paxta, penopolistirol va poliuretan bilan teng yoki ustun qo‘yadi.

Qurilishda qo‘llanilishi

1-rasm. Qurulish jarayonida uylarni penoizol bilan issiqdan himoyalash.

Penoizolning asosiy xususiyatlari - tayyor materialning zichligi va issiqlik o‘tkazuvchanligining past ko‘rsatkichlaridir. U ko‘pincha bokslar, angarlar yoki yopiq inshootlar kabi past balandlikdagi binolarni qurishda ishlatiladi. Shuningdek, karbamid-formaldegid ko‘pikplast (KFK) garajlar, dala hovlilar va omborxonalarni yaxshi izolyatsiya qiladi, turli xildagi uylarni kapital ta’mirlashda ham keng qo‘llaniladi.

Penoizol quyidagi inshootlarda eng samarali hisoblanadi:

Yog‘ochdan yasalgan panel uylarning tashqi devorlari va to‘siqlari;

Ko‘p marta o‘rnatilishi va demontaj qilinishi kerak bo‘lgan binolar;

Tovush izolyatsiyali orayopmalar;

Yog‘och yoki metall karkasli devor va tom panellari;

Kapital inshootlarning to‘siq choklarini to‘ldirish;

Temir-beton pardevor va devorlar.

Penoizolning asosiy afzalliklari

Uzoq muddat xizmat qilishi. Penoizol uch qatlamli binolarning o‘rta qismida joylashganda, 50 yil va undan ortiq vaqt davomida o‘z vazifasini to‘liq bajara oladi. Material binodan foydalanish xarakterining o‘zgarishiga bardosh beradi, har qanday harorat tebranishlariga chidamli, ko‘p marta muzlashi va asl holatiga qaytishi mumkin.

Issiqlik inersionligi. Penoizol bilan izolyatsiyalangan uyni qattiq sovuqda ham qisqa muddat isitish mumkin, isitish o‘chirilganda esa issiqlik yana 8-10 soat saqlanib qoladi.

Oddiy va tez ishlab chiqarish. Uyni izolyatsiyalash jarayoni ko‘p mehnat talab qilmaydi va atigi 1-3 kun davom etadi.

A’lo darajadagi fizik-mexanik xususiyatlar. Issiqlik xossalari bo‘yicha penopolistirol va mineral paxtadan ancha ustun turadi.

Yonuvchanlik darajasi past. O‘z-o‘zidan yonishni davom ettirmaydi.

Ekologik toza. Penopolistiroldan farqli o‘laroq, zaharli moddalar ajratmaydi, shuning uchun bino ichida ishlatish uchun xavfsiz.

Biologik chidamliligi. Bakteriyalar va mog‘or ta’siriga berilmaydi. Kemiruvchilar tomonidan iste’mol qilinmaydi.

Choksizligi. Plita va rulonli izolyatorlarga xos bo‘lgan sovuqlik ko‘prikchalari mavjud emas.

Oquvchanligi. Kirish qiyin bo‘lgan bo‘shliq va kavaklarni osongina to‘ldiradi.

Penoizol ishlab chiqarish arayoni esa quyidagicha:

Karbamid ko‘pikplastini ishlab chiqarish uchun dastlabki xomashyo to‘liq mahalliy bo‘lib, uni olish texnologiyasi chiqindisiz. Penoizolni quyish narxi issiqlik o‘tkazuvchanlik ko‘rsatkichlari unga o‘xshash bo‘lgan mineral paxta va shisha tolali izolyatorlarni o‘rnatish narxidan 10 baravar arzon.

Zamonaviy KFK dan foydalangan holda binolarni tashqi izolyatsiyalash tizimlarining ishlab chiqilgan konstruksiyalari yuqori texnologiyaga asoslangan. Bundan tashqari, ob-havo sharoitlariga qarab, qoplama ostiga komponentlar aralashmasini quyishga asoslangan texnologiyani yoki tayyor bloklarni qoplash ortiga joylashtirish texnologiyasini tanlash mumkin. Har ikki holatda ham qoplama izolyatsiya qatlamini himoya qiluvchi qatlam uchun asos vazifasini bajaradi. Izolyatsiyani mexanik shikastlanish va atrof-muhit ta’siridan himoya qilishdan tashqari, himoya qoplamasi binolarning yong‘in xavfsizligini ta’minlash uchun zarur. Shuni ta’kidlash kerakki, penoizol G2 yonuvchanlik guruhiga kiradi.

Materialni ishlab chiqarish va quyish maxsus PENA-3000 qurilmalarida amalga oshiriladi.

Penaizol quyidagi yo‘nalishlarda keng qo‘llaniladi:

Ikkita devor orasini to‘ldirish (gorizontal va vertikal bo‘shliqlar)

Sovuq shiferni izolyatsiyalash

Yerto‘la va shiftlar uchun izolyatsiya

Sovuq omborlar va sanoat binolarida issiqlik saqlash

2-rasm. Qurilish maydonida suyuq ko‘pikplastik quyish.

Ko‘pik izolni quyish usullari

Qurilgan binoda tashqi va ichki devor orasidagi bo‘shliqqa. Buning uchun tashqi devorda diametri 32 mm bo‘lgan teshiklar shaxmat tartibida ochiladi. Ular orasidagi masofa 1,5-2 metr atrofida bo‘lishi lozim.

Qurilayotgan bino devorlari orasiga. Ko‘pik izol 3 santimetr qalinlikdagi bir necha qatlam qilib quyiladi. Qalinlikni oshirish mumkin, biroq bunda bo‘shliqlar hosil bo‘lishining oldini olish zarur.

Ichki to‘siq va shifer orasiga.

Yog‘och pollar ostiga.
Gipsokarton va devor orasidagi bo‘shliqqa teshiklar orqali moddani kiritish.
Plastik siding panellari ortiga.
Karbamid ko‘pikplastining dunyodagi o‘xshashlari:
Mofoterm (Chexiya, Slovakiya, Sloveniya);
Flotofoam (Buyuk Britaniya);
Animoterm (Germaniya);
Izolej (Fransiya);
Insulsprey (Kanada);
Iporka (Yaponiya).

Penaizolning suyuq holatda quyilishi uni notekis yuzalarga moslashtirish imkonini beradi, bu esa issiqlik yo‘qotilishini kamaytiradi. Penaizol ekologik xavfsiz material hisoblanadi. U formaldegid ajratishi bo‘yicha Evropa Ittifoqi standartlariga javob beradi (E1 sinf). Mahalliy ishlab chiqaruvchilar tomonidan ishlab chiqarilishi uning iqtisodiy jihatdan arzon bo‘lishiga olib keladi.

Xulosa

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, penaizol qurilishda yuqori samaradorlikka ega issiqlik izolyatsiyasi materiali sifatida qo‘llanishi mumkin. Uning yengilligi, yuqori izolyatsiya xossalari, yong‘inga chidamliligi va ekologik xavfsizligi uni boshqa materiallar bilan raqobatbardosh qiladi. Shu bois, penaizoldan foydalanishni yanada kengaytirish maqsadga muvofiqdir.

Adabiyotlar

[1]. Karimov Sh. Q., "Zamonaviy qurilish materiallari", Toshkent, 2022.
[2]. GOST 17177-94. "Teploizolyatsionnye materialy. Metody ispytaniy".
[3]. Тихонов А. В. и др., "Пеноизол и его применение в строительстве", Москва, 2019.
[4]. ISO 16000-3:2011. "Indoor air – Determination of formaldehyde".
[5]. “Penaizol texnik reglamenti”, O‘zstandart, 2023.
[6]. Begentayev, M. M., Akhmetov, D. A., Lukpanov, R. E., Kuldeyev, E. I., Zhumadilova, Z. O., Myrzaliyev, T., Dyussembinov, D. S., & Tolegenova, A. K. “Research of Physical and Mechanical Properties of Self-Compacting Concrete Based on Polyfractional Binder”, Applied Sciences, vol. 15, no. 10, 2025
[7]. Nurlybayev, R.E.; Kuldeyev, E.I.; Yestemessova, A.S.; Altayeva, Z.N.; Orynbekov, Y.S.; Murzagulova, A.A.; Iskakov, A.A.; Abisheva, G.K.; Khamza, Y.Y. ThermalInsulation Dry Construction Mixture Based on Diatomite. ***Coatings*** 2025, ***15***, 811. https://doi.org/10.3390/coatings15070811
[8]. Tchekwagep, J.J.K.; Yang, F.; Wang, S.; Zhao, P.; Huang, S.; Yang, C.; Cheng, X. Chinese raw vermiculite: A potential additive for improving the thermal properties of calcium sulfoaluminate cement-blended mortars for applications in hot regions. J. Build. Eng. 2024, 92, 109723.

UDK: 691.311,691

GIPSBETON UCHUN QO‘LLANILADIGAN KOMPLEKS KIMYOVIY QO‘SHIMCHALARNI TANLASH

mustaqil tadqiqotchisi J.N. Akbarov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
jahongir_nematovich@mail.ru

(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu tadqiqot ishida sanoat chiqindilari asosida olingan gipsobeton tarkibiga Redispersible Polymer Powder (RDP) kimyoviy qo‘shimchasining ta’siri o‘rganildi. RDP qo‘shimchasi gipsobetonning mexanik mustahkamligi, elastikligi va yorilishga chidamliligini oshirish maqsadida qo‘llanildi. Tadqiqot jarayonida gipsobeton namunalarining fizik-mexanik, fizik-kimyoviy va issiqlik xossalari amaldagi GOST me’yoriy hujjatlariga muvofiq laboratoriya sharoitida o‘rganildi. Namunalarning tarkibi va mikrostrukturasi rentgenfazali tahlil, termik tahlil hamda elektron mikroskopiya usullari yordamida aniqlandi. Eksperimental natijalar matematik modellashtirish usullari asosida statistik qayta ishlanib, gipsobeton tarkibidagi polimer qo‘shimchalarning material xossalariga ta’siri baholandi. Olingan*

natijalar gipsobeton materiallarini takomillashtirish va qurilish sohasida samarali qo‘llash imkoniyatlarini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: *gipsobeton, redispersible polymer powder, RDP qo‘shimchasi, polimer modifikatsiya, fizik-mexanik xossalar, issiqlik o‘tkazuvchanligi, rentgenfazali tahlil, elektron mikroskopiya, matematik modellashtirish, qurilish materiallari.*

Аннотация: *В данной работе исследовано влияние химической добавки Redispersible Polymer Powder (RDP) на свойства гипсобетона, полученного на основе промышленных отходов. Полимерная добавка использована для повышения прочности, эластичности и трещиностойкости материала. Физико-механические, физико-химические и теплотехнические свойства гипсобетона изучались в лабораторных условиях в соответствии с требованиями нормативных документов ГОСТ. Структура и фазовый состав образцов были исследованы с применением рентгенофазового анализа, термического анализа и электронной микроскопии. Экспериментальные результаты были обработаны с использованием методов математического моделирования и статистического анализа. Полученные результаты подтверждают эффективность применения полимерных добавок для улучшения свойств гипсобетона и расширения области его применения в строительстве.*

Ключевые слова: *гипсобетон, редиспергируемый полимерный порошок, RDP добавка, полимерная модификация, физико-механические свойства, теплопроводность, рентгенофазовый анализ, электронная микроскопия, математическое моделирование, строительные материалы.*

Abstract: *This study investigates the influence of Redispersible Polymer Powder (RDP) on the properties of gypsum concrete produced using industrial waste. The polymer additive was applied to improve the mechanical strength, elasticity, and crack resistance of gypsum concrete. The physical-mechanical, physicochemical, and thermal properties of the material were studied under laboratory conditions in accordance with GOST standards. The structure and phase composition of the samples were analyzed using X-ray diffraction, thermal analysis, and scanning electron microscopy methods. The experimental results were processed using mathematical modeling and statistical analysis techniques. The obtained results demonstrate the effectiveness of polymer additives in improving the performance characteristics of gypsum concrete and expanding its application in the construction industry.*

Keywords: *gypsum concrete, redispersible polymer powder, polymer modification, mechanical properties, thermal conductivity, X-ray diffraction, electron microscopy, mathematical modeling, construction materials.*

Kirish. Hozirgi kunda qurilish sanoatida energiya tejamkor, ekologik xavfsiz hamda iqtisodiy jihatdan samarali qurilish materiallarini yaratish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortib borishi, zamonaviy infratuzilma va turar-joy binolariga bo‘lgan talabning oshishi qurilish materiallari ishlab chiqarish hajmini ko‘paytirishni talab etmoqda. Shu bilan birga, ishlab chiqarish jarayonlarida hosil bo‘ladigan sanoat chiqindilaridan samarali foydalanish masalasi ham muhim ahamiyat kasb etadi. Sanoat chiqindilarini qurilish materiallari tarkibida qo‘llash bir tomondan ekologik muammolarni kamaytirsa, ikkinchi tomondan materiallarning tannarxini pasaytirish imkonini beradi.

Gips asosidagi qurilish materiallari qurilish amaliyotida keng qo‘llaniladigan materiallardan biri hisoblanadi. Gipsobeton o‘zining yengilligi, issiqlik izolyatsion xususiyatlari, ekologik tozaligi va ishlab chiqarish jarayonining nisbatan oddiyligi bilan ajralib turadi. Biroq gipsobeton materiallarining ayrim kamchiliklari, xususan mustahkamligining nisbatan pastligi, namlikka chidamliligining yetarli darajada emasligi hamda yorilishga moyilligi ularning qo‘llanish doirasini ma’lum darajada cheklaydi. Shu sababli gipsobeton tarkibini turli kimyoviy qo‘shimchalar yordamida modifikatsiyalash orqali uning fizik-mexanik xossalarini yaxshilash muhim ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

So‘nggi yillarda qurilish materiallari texnologiyasida polimer asosidagi qo‘shimchalardan keng foydalanilmoqda. Jumladan, Redispersible Polymer Powder (RDP) kabi polimer qo‘shimchalari mineral bog‘lovchi materiallar asosidagi kompozitlarning mustahkamligi, elastikligi va yorilishga chidamliligini oshirishda muhim rol o‘ynaydi. Ushbu qo‘shimcha suv bilan aralashtirilganda polimer dispersiyasini hosil qiladi va qotish jarayonida mineral zarrachalar orasida polimer plyonka hosil qilib, material strukturasini mustahkamlaydi. Natijada gipsobetonning mexanik xossalari yaxshilanadi hamda uning tashqi muhit ta’sirlariga bardoshliligi ortadi.

Mazkur tadqiqot ishida sanoat chiqindilari asosida olingan gipsobeton tarkibiga Redispersible Polymer Powder kimyoviy qo‘shimchasini qo‘llashning samaradorligi o‘rganildi. Tadqiqot jarayonida gipsobeton namunalarining fizik-mexanik, fizik-kimyoviy va issiqlik texnik xossalari amaldagi me’yoriy hujjatlar asosida laboratoriya sharoitida sinovdan o‘tkazildi. Olingan natijalar matematik modellashtirish va statistik tahlil usullari yordamida qayta ishlanib, polimer qo‘shimchalarining gipsobeton xossalariga ta’siri baholandi.

Ushbu tadqiqot natijalari gipsobeton materiallarining sifat ko‘rsatkichlarini yaxshilash, sanoat chiqindilaridan samarali foydalanish hamda qurilish materiallari texnologiyasini takomillashtirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar tahlili: So‘nggi yillarda gips asosidagi qurilish materiallarining fizik-mexanik va ekspluatatsion xossalarini yaxshilash maqsadida turli mineral hamda polimer qo‘shimchalardan foydalanish bo‘yicha ko‘plab ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ilmiy manbalarda qayd etilishicha, gipsli kompozitsiyalarga polimer asosli qo‘shimchalar qo‘shilishi materialning strukturaviy mustahkamligini oshirish, g‘ovaklik darajasini tartibga solish va suvga chidamliligini yaxshilash imkonini beradi. Ayniqsa redispersible polymer powder (RDP) turidagi polimer kukunlari qurilish qorishmalarida keng qo‘llanilmoqda.

Tadqiqotchilar tomonidan aniqlanishicha, RDP qo‘shimchasi gipsli kompozitsiyalarda mineral kristallar orasida elastik polimer plyonka hosil qilib, materialning yopishish qobiliyatini, egiluvchanligini hamda mexanik mustahkamligini oshiradi. Bunda asosiy faol komponent sifatida vinil asetat–etilen (VAE) kopolimeri xizmat qiladi. Ushbu polimerning molekulyar tuzilishi gipsning gidratlanish jarayonida hosil bo‘ladigan kristall panjaralar bilan o‘zaro ta’sirlashib, yanada barqaror mikrostrukturani shakllantiradi. Natijada gipsobetonning yorilishga chidamliligi ortadi va tashqi mexanik ta’sirlarga nisbatan barqarorligi oshadi.

Shuningdek, ilmiy adabiyotlarda sanoat chiqindilaridan qurilish materiallari ishlab chiqarishda foydalanish masalasi ham alohida e’tiborga ega. Jumladan, ohak chiqindisi va boshqa mineral qo‘shimchalar gipsli materiallarning strukturaviy xossalarini yaxshilash bilan birga, ularning zichligi, issiqlik o‘tkazuvchanligi va mustahkamligiga ham ijobiy ta’sir ko‘rsatishi aniqlangan. Bunday qo‘shimchalar gips kompozitsiyasining mikrotuzilmasini modifikatsiyalab, kapillyar g‘ovaklikni kamaytiradi hamda materialning ekspluatatsion ishonchliligini oshiradi.

Tadqiqot metodologiyasi: Tadqiqot ishlarida gipsobeton kompozitsiyasining tarkibini optimallashtirish hamda Redispersible Polymer Powder (RDP) kimyoviy qo‘shimchasining material xossalariga ta’sirini aniqlash maqsadida eksperimental va analitik usullar kompleksidan foydalanildi. Tajribalar laboratoriya sharoitida amalga oshirilib, gipsobeton qorishmalarining tarkibi va fizik-mexanik xossalari amaldagi me’yoriy hujjatlar talablari asosida o‘rganildi.

Tajribalarda bog‘lovchi sifatida G-6 markali qurilish gipsi, to‘ldiruvchi sifatida ohak chiqindisi hamda modifikatsiyalovchi qo‘shimcha sifatida Redispersible Polymer Powder qo‘llanildi. Gipsobeton namunalari standart texnologik jarayon asosida tayyorlanib, qorishmalar 40×40×160 mm o‘lchamdagi metall qoliplarga quyildi va normal laboratoriya sharoitida qotirildi. Qotgan namunalar siqilishga va egilishga mustahkamlik bo‘yicha gidravlik press yordamida sinovdan o‘tkazildi.

Materiallarning fizik-mexanik ko‘rsatkichlarini aniqlashda tegishli davlat standartlari (GOST) talablari asos qilib olindi. Gipsobeton namunalarning o‘rtacha zichligi, siqilishga mustahkamligi, namlik ko‘rsatkichlari hamda sovuqqa chidamliligi laboratoriya sinovlari orqali aniqlandi. Issiqlik o‘tkazuvchanlik ko‘rsatkichlari esa stasionar issiqlik oqimi usuli asosida “XND-2-3030C” qurilmasi yordamida o‘lchandi.

Namunalarning strukturaviy va mineralogik tarkibini aniqlash uchun fizik-kimyoviy tadqiqot usullaridan ham foydalanildi. Jumladan, kompleks termik tahlil derivatograf qurilmasida amalga oshirilib, TG, DTG va DTA egri chiziqlari asosida material tarkibidagi fazaviy o‘zgarishlar tahlil qilindi. Mineral fazalarni aniqlash uchun rentgen-fazali tahlil (XRD) usuli qo‘llanildi. Shuningdek, gipsobetonning mikrostrukturasi va kristall tuzilishini o‘rganish maqsadida skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM) usulidan foydalanildi.

Eksperimental ma’lumotlar statistik usullar yordamida qayta ishlanib, o‘rtacha arifmetik qiymatlar, o‘rta kvadratik og‘ish va variatsiya koeffitsientlari hisoblab chiqildi. Tajriba natijalarining ishonchliligini ta’minlash uchun har bir sinov seriyasida kamida uchta namuna sinovdan o‘tkazildi. Olingan natijalar asosida gipsobeton tarkibining optimal nisbatlari aniqlanib, Redispersible Polymer Powder qo‘shimchasining materialning fizik-mexanik xossalariga ta’siri ilmiy jihatdan baholandi.

Tajriba sinov: Tadqiqotlar uchun Redispersible Polymer Powder (RDP) kimyoviy qo’shimchasidan foydalanildi — ushbu qo’shimch polimer emulsiyasini suv orqali quritish natijasida olingan eruvchan polimer kukundir. U qurilish aralashmalariga qo‘shilganda suv bilan aralashib, polimer dispersiyasiga aylanadi va mustahkam, elastiklni hosil qiladi.

Kimyoviy tuzilishi va ishlash mexanizmi: Asosiy qismi odatda Vinil asetat–etilen (VAE) kopolimeri hisoblanadi. Bu kopolimer ikki asosiy monomerdan tashkil topadi:

Vinil asetat (CH_2–$CH(OCOCH_3)$ → qovushqoqlik va mexanik mustahkamlikni oshiradi.

Etilen (CH_2–CH_2) → elastiklik va suvga chidamlilikni oshiradi.

Ular kopolimer zanjir hosil qilib, quriganda mineral zarrachalar orasida polimer kristallar hosil qiladi. Natijada gipsabetonning: qovushqoqligi oshadi, iqlim sharoitlarida yorilishni oldini oladi, mexanik kuchlarga va vibratsiyaga bardoshliligini oshiradi.

PVA polimer zarrachalarini quritish jarayonida barqarorlashtiradi. Suv qo‘shilganda aynan shu modda kukunning tez va bir xil qayta dispersiyalanishini ta’minlaydi.

Qo‘shimcha komponentlar: Gipsabeton tarkibida anti-blok agent (SiO_2 yoki $CaCO_3$) – kukunning saqlanish paytida bir-biriga yopishib qolmasligini ta’minlaydi.

Stabilizatorlar – saqlash muddati va issiqlikka chidamlilikni oshiradi.

Qoldiq namlik – texnologik jarayondan qolgan minimal suv miqdori.

RDP gipsabetonning gidratatsiyasi jarayonida mineral skelet bilan birga ishlaydi.

Gipsabeton qotgach: mineral kristallar mustahkamlanadi, polimer esa elastiklik va mustahkamlikni oshiradi.

Quyida Redispersible Polymer Powder (RDP) ning kimyoviy tarkibi keltirilgan. Misol sifatida eng ko‘p ishlatiladigan VAE (Vinil asetat–etilen) asosidagi RDP olingan.

1-jadval

Redispersible Polymer Powder (VAE asosli) – Kimyoviy tarkibi

№	Komponent nomi	Kimyoviy turi	Miqdori (%)	Vazifasi
1	Vinil asetat–etilen kopolimeri (VAE)	Asosiy polimer	85 – 92 %	Yopishish, elastiklik, mustahkamlik beradi
2	Polivinil spirt (PVA)	Himoya kolloidi	3 – 8 %	Qayta dispersiyalanishni ta’minlaydi
3	Mineral anti-blok agent (SiO_2 yoki $CaCO_3$)	Oqartiruvchi / ajratuvchi	1 – 3 %	Kukunning yopishib qolishini oldini oladi
4	Stabilizatorlar	Kolloid stabilizator	0.2 – 1 %	Saqlash barqarorligini oshiradi
5	Qoldiq namlik	Suv	≤ 1.0 %	Texnologik qoldiq

Eksperimental tadqiqot usullari. Gipsobetonning fizik-mexanik xossalarini tadqiq qilish

Qurilish gipsi, to‘ldiruvchilar hamda ularni gipsobetonlar xususiyatlariga ta’siri amaldagi me’yoriy hujjatlarning talablari bo‘yicha o‘rganildi. Jumladan: Qurilish gipsi - GOST 125 – 2018; GOST 23789-2018; GOST R 58279 talablari bo‘yicha;

to‘ldiruvchini- GOST 32496-2013; GOST 18918-85; GOST R 51769-2001; GOST R 55571-2013; GOST 30108-94 talablari bo‘yicha.

-siqilishga mustahkamlik chegarasi - GOST 23789-79;

-o‘rtacha zichligi - GOST 23789-79;

-sovuqqa chidamlilik - GOST 10060.3-95;

-namlik ko‘rsatkichlari - GOST 23789-79;

Gipsobetonlarning issiqlik o‘tkazuvchanligi GOST 7076-99 Qurilish materiallari va buyumlari. “Stasionar issiqlik sharoitida issiqlik o‘tkazuvchanligi va issiqlik qarshiligini aniqlash usul” talablariga muvofiq, «XND-2-3030C» uskunasi (1-rasm) yordamida, stasionar issiqlik oqimi usuli bo‘yicha o‘rganildi.

2-jadval

Qurilmaning asosiy texnik ko‘rsatkichlari.

Issiqlik o‘tkazuvchanlikni o‘lchash diapazoni, Vt/(m-K)	0,01-2
Issiqlik qarshiligini o‘lchash diapazoni, m^2-K/Vt	0,01-1,5
Ruxsat etilgan issiqlik o‘tkazuvchanlik va issiqlik qarshiligini o‘lchovlaridagi xatolik, %	±1
Iste’mol qilinadiigan quvvat, WA, dan ko‘p emas	120
O‘lchash vaqti, soat	0,5-2,5
O‘lchanadigan namunaning qalinligi, mm	30 mm 2 ta
Iste’mol qilinadigan kuchlanish, W	~220±3
Iste’mol quvvati, Wt, dan ko‘p emas	120
Gabarit o‘lchamlari, mm, dan ko‘p emas	300×300×30
Massa, kg, dan ko‘p emas	6,5

1-rasm. Issiqlik o‘tkazuvchanlikni aniqlovchi XND-2-303 ^{0}C uskunasi.

Qorishmalarni tishlashish muddati Vika qurilmasida aniqlandi. Namunalarning sorbsion namligi GOST 24816-2014. “Qurilish materiallari. Sorbsion namlikni aniqlash metodi” talablariga asosan aniqlandi. Buning uchun, oldindan quritilgan namunalar har hil konsentrasiyadagi sulfat kislotasi quyilgan eksikatorlarga joylandi. Eksikatorda 40-96% namlikdagi bug‘-havo muhiti hosil qilindi. Bir oy mobaynida har ikki xaftada namunalar massasi turg‘un xolatgacha o‘lchanib, namunalarni massasi aniqlandi.

Namunalarning tarkibi va tuzilishi O‘zbekiston milliy universiteti hududida joylashgan respublika yuqori texnologiyalar ilmiy tadqiqot laboratoriyasida o‘rganildi.

Xulosa. Ushbu tadqiqot ishida sanoat chiqindilari asosida olingan gipsobeton tarkibiga Redispersible Polymer Powder (RDP) kimyoviy qo‘shimchasini kiritish orqali materialning fizik-mexanik va fizik-kimyoviy xossalarini yaxshilash imkoniyatlari o‘rganildi. O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida gipsobeton tarkibiga polimer qo‘shimchalar qo‘shilishi material strukturasining shakllanishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatishi aniqlandi.

Laboratoriya sharoitida o‘tkazilgan sinovlar natijasida gipsobeton namunalarining siqilishga va egilishga mustahkamligi, zichligi, issiqlik o‘tkazuvchanligi hamda namlik ko‘rsatkichlari amaldagi GOST me’yoriy hujjatlar talablari asosida baholandi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, Redispersible Polymer Powder qo‘shimchasi gipsobeton tarkibida mineral zarrachalar orasida polimer plyonka hosil qilib, materialning elastikligini oshiradi, yorilishga chidamliligini yaxshilaydi va mexanik mustahkamligini orttiradi.

Rentgenfazali tahlil, termik tahlil hamda elektron mikroskopiya usullari yordamida gipsobetonning mikrostrukturasi va fazaviy tarkibi o‘rganildi. Ushbu tahlillar natijasida gipsobetonning gidratatsiya jarayonida hosil bo‘ladigan mineral fazalar hamda polimer komponentlarning o‘zaro ta’siri aniqlanib, material strukturasining yanada mustahkam va barqaror bo‘lishi ta’minlanishi tasdiqlandi.

Eksperimental natijalar matematik modellashtirish usullari yordamida statistik qayta ishlanib, olingan ma’lumotlarning ishonchliligi baholandi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, gipsobeton

tarkibiga kompleks kimyoviy qo‘shimchalar, xususan RDP qo‘shimchasini kiritish materialning fizik-mexanik ko‘rsatkichlarini sezilarli darajada yaxshilash imkonini beradi.

Natijada, sanoat chiqindilaridan foydalanish asosida tayyorlangan modifikatsiyalangan gipsobeton qurilish sohasida samarali qo‘llanishi mumkin bo‘lgan istiqbolli materiallardan biri ekanligi aniqlandi. Bu esa qurilish materiallari ishlab chiqarishda ekologik muammolarni kamaytirish, resurslardan samarali foydalanish hamda materiallarning iqtisodiy samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 dekabrdagi “2022 — 2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-sonli farmoni. (Qoonunchilik ma’lumotlari milliy bazasi, 29.01.2022-y., 06/22/60/0082-son, 18.03.2022-y., 06/22/89/0227-son, 21.04.2022-y., 06/22/113/0330-son; 10.02.2023-y., 06/23/21/0085-son; 03.01.2024-y., 06/24/221/0003-son; 28.12.2024-y., 06/24/227/1089-son; 01.03.2025-y., 06/25/27/0196-son).

[2]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 23 maydagi “Qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirishga oid qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-4335-sonli qarori (Qonun hujjatlari ma’lumotlari milliy bazasi, 25.05.2019 y., 07/19/4335/3183-son; 07.05.2020 y., 07/20/4707/0545-son).

[3]. Getty Publications 1200 Getty Center Drive, Suite 500 Los Angeles, California 90049-1682 www.getty.edu/publications/. 39,44-p

[4]. Альтшуллер Е.М. О показателе удельной энергоемкости в индустриальном домостроении // Бетон и железобетон, 1982, № 121-123.

[5]. Волженский А.В., Ферронская А.В. Гипсовые вяжущие и изделия. - М.: Стройиздат, 1974. - 328 с.

[6]. Воробьев Х.С. Гипсовые вяжущие и изделия. - М.: Стройиздат, 1983. - 100 с.

[7]. Гордашевский П.Ф., Долгарев А.В. Производство гипсовых вяжущих и материалов из гипсосодержащих отходов. - М.: Стройиздат, 1987. - 105 с.

РАЗРАБОТКА НАЦИОНАЛЬНОГО СТАНДАРТА ДЛЯ СИСТЕМ С ТЕПЛОВЫМИ НАСОСАМИ В УЗБЕКИСТАНЕ. ЧАСТЬ 2. МЕТОДИЧЕСКИЕ И ТЕХНИЧЕСКИЕ ТРЕБОВАНИЯ К НАЦИОНАЛЬНОМУ СТАНДАРТУ ДЛЯ ТЕПЛОВЫХ НАСОСНЫХ СИСТЕМ В УСЛОВИЯХ УЗБЕКИСТАНА

Н.Р. Авезова[1], А.В. Мазаник[2], Т.Г. Зорина[2], Ш.А. Муминов[1], М.Ш. Хакимов[1], М.Б. Шерматова[1]

[1]*Ферганский государственный технический университет, г. Фергана, ул. Ферганская, дом 86, 150107, Республика Узбекистан.*

[2]*Институт энергетики Национальной академии наук Беларуси, г. Минск, ул. Академическая, 15, корпус 2, 220072, Республика Беларусь.*

(Получена 18.03.2026 г.)

Аннотация. *В статье сформирован методический и технический каркас национального стандарта Республики Узбекистан для систем теплоснабжения на основе тепловых насосов (ТН). На основе нормативных пробелов, выявленных в первой части исследования, определены ключевые разделы будущего стандарта: область применения, исходные климатические и строительные данные, расчет тепловой нагрузки, выбор низкопотенциального источника теплоты, оценка COP, SPF и SCOP, требования к бивалентным и гибридным схемам, резервированию, безопасности, приемке, мониторингу и эксплуатации. Показано, что национальный стандарт должен выполнять функцию не только технического описания оборудования, но и единого инструмента для проектировщиков, органов экспертизы, заказчиков и эксплуатирующих организаций. Практическая значимость работы раскрыта через компактный расчетный пример для здания школы, позволяющий продемонстрировать порядок выбора мощности ТН, резервного источника и ориентировочной сезонной эффективности. Предложенная структура может быть использована как основа для последующей разработки проекта стандарта и его апробации на пилотных объектах.*

Ключевые слова: *тепловой насос; ТН; национальный стандарт; методические требования; технические требования; теплоснабжение; COP; SPF; SCOP; бивалентная схема; мониторинг; школьное здание.*

Annotatsiya. *Maqolada O‘zbekiston sharoitida issiqlik nasoslari (IN) asosidagi tizimlar uchun milliy standartning metodik va texnik tarkibini shakllantirish masalasi ko‘rib chiqilgan. Birinchi qismda aniqlangan me’yoriy bo‘shliqlar asosida standartga kiritilishi lozim bo‘lgan asosiy bo‘limlar: dastlabki loyiha ma’lumotlari, iqlim parametrlarini hisobga olish, issiqlik yuklamasini aniqlash, past potensialli issiqlik manbasini tanlash, COP, SPF va SCOP ko‘rsatkichlari, bivalent va gibrid sxemalar, xavfsizlik, qabul qilish, monitoring va ekspluatatsiya tartiblari tizimlashtirilgan. O‘zbekiston uchun standart faqat jihoz tanlash hujjati emas, balki loyihalash, ekspertiza, qabul qilish va keyingi monitoringni bog‘lovchi normativ vosita sifatida talqin etiladi. Amaliy jihatdan maqolada maktab binosi uchun soddalashtirilgan hisoblash misoli berilgan bo‘lib, u issiqlik nasosi va zaxira issiqlik manbasini birgalikda qo‘llashning mantiqiy ketma-ketligini ko‘rsatadi.*

Kalit so‘zlar: *issiqlik nasosi; milliy standart; metodik talablar; texnik talablar; issiqlik ta’minoti; COP; SPF; SCOP; bivalent tizim; monitoring; maktab binosi.*

Abstract. *The paper develops a methodological and technical framework for a national standard of the Republic of Uzbekistan for heat supply systems based on heat pumps. Building on the regulatory gaps identified in Part 1, the paper defines the key sections to be included in the future standard: scope of application, climatic and building input data, heat load calculation, selection of low-grade heat sources, assessment of COP, SPF and SCOP, bivalent and hybrid configurations, backup heat supply, safety, commissioning, monitoring and operation. The proposed standard is considered not only as a document for equipment selection, but also as an integrated tool for designers, expert review bodies, customers and operating organizations. The practical relevance is illustrated by a compact calculation example for a school building, demonstrating the logic of heat pump sizing, backup source selection and seasonal performance assessment. The proposed framework can be used as a basis for the subsequent development and pilot testing of a draft national standard.*

Keywords: *heat pump; HP; national standard; methodological requirements; technical requirements; heat supply; COP; SPF; SCOP; bivalent system; monitoring; school building.*

Введение. В первой части настоящего исследования было показано, что в Узбекистане сформировались политико-нормативные предпосылки для внедрения ТН, однако отсутствует единый специализированный документ, регламентирующий проектирование, расчет, приемку и эксплуатацию тепловых насосных систем. Вторая часть переводит этот вывод в инженерно-методическую плоскость: если первая статья отвечает на вопрос, почему национальный стандарт необходим, то настоящая статья рассматривает, каким должен быть его базовый технический контур.

ТН как элемент теплоснабжения не может рассматриваться только как энергоэффективное оборудование, заменяющее котел. Его фактическая эффективность зависит от совокупности условий: тепловой защиты здания, расчетной температуры наружного воздуха, типа низкопотенциального источника теплоты, температуры теплоносителя в системе отопления, режимов горячего водоснабжения, электрической мощности объекта, качества автоматики, гидравлической схемы и эксплуатации. Поэтому национальный стандарт должен связывать оборудование, здание, климат и эксплуатационный режим в единую расчетно-проектную систему.

Для Узбекистана рассматриваемая задача имеет особое значение из-за разнообразия климатических условий и различий между объектами нового строительства, реконструкции и существующего фонда. В одних случаях ТН могут работать как основной источник теплоты, в других - как элемент гибридной схемы с газовым, электрическим или иным резервным источником. Кроме того, для южных и центральных регионов страны важна не только отопительная, но и охлаждающая функция, что требует учета обратимого режима работы ТН и сезонной оценки эффективности не по одной паспортной точке, а по годовому энергетическому балансу.

Цель настоящей статьи - сформировать методические и технические требования, которые целесообразно включить в национальный стандарт для систем с ТН в условиях Узбекистана. Для достижения цели решены следующие задачи: определены основные расчетные показатели стандарта; предложена структура его технических разделов; систематизированы требования к выбору источника низкопотенциальной теплоты, резервированию, безопасности и эксплуатации; приведен компактный расчетный пример для школьного здания.

Материалы и методы исследования. Работа выполнена как нормативно-методическое исследование с элементами инженерного анализа. В качестве национальной базы использованы документы Узбекистана по теплоснабжению, ОВК, энергетической эффективности зданий, строительной теплотехнике и пассивным зданиям [1-8]. В качестве регионального ориентира рассмотрены специализированные документы по теплонасосным системам и расчету энергопотребности систем теплогенерации с ТН [9, 10]. Международная техническая основа включает стандарты EN 14511, EN 14825, ISO 13256 и ISO 5149, регулирующие терминологию, испытания, сезонную эффективность и вопросы безопасности [11-20].

Настоящая методически статья построена на принципе «от нормативного пробела к проектному требованию», где определяется, разделы будущего стандарта необходимые для устранения выявленного пробела, формулируется его техническое содержание и после указывается практический эффект для проектирования, экспертизы и эксплуатации. Такой подход позволяет избежать простого перечисления международных стандартов и перейти к национально адаптированной структуре документа.

При разработке требований использованы четыре критерия. Первый критерий - измеримость: каждое требование должно быть проверяемым расчетом, паспортными данными, актом испытаний или результатом мониторинга. Второй критерий - климатическая адаптируемость: документ должен учитывать расчетные условия регионов Узбекистана, а не переносить зарубежные температуры и режимы без проверки. Третий критерий - совместимость с существующими нормами по ОВК и строительной теплотехнике.

Четвертый критерий - применимость для экспертизы: стандарт должен давать проверяемые исходные данные, расчетные показатели и состав проектной документации.

Основная часть. Методические требования к будущему стандарту целесообразно формировать не как изолированный перечень норм, а как последовательность проектных решений. Первым блоком должна быть область применения: стандарт должен распространяться на системы теплоснабжения, охлаждения и горячего водоснабжения зданий с применением электрических компрессионных ТН, использующих наружный воздух, грунт, воду, рассол, сбросную теплоту и комбинированные источники. При этом необходимо отдельно указать, применим ли документ к новым зданиям, реконструкции, модернизации локальных котельных и объектам социальной инфраструктуры республики.

Второй блок должен включать термины и обозначения. Для национальной практики принципиально важно закрепить единое понимание показателей COP, SPF и SCOP. COP отражает эффективность в конкретной испытательной или эксплуатационной точке, тогда как SPF и SCOP характеризуют сезонную или годовую эффективность. Именно смешение этих уровней часто приводит к завышенным ожиданиям от ТН: паспортный COP не равен реальному годовому результату, если здание плохо утеплено, система отопления высокотемпературная, а автоматика не согласована с резервным источником.

Третий блок - исходные данные для проектирования. В национальном стандарте необходимо установить минимальный состав исходной информации: назначение здания, расчетная температура наружного воздуха, продолжительность отопительного и охлаждающего периодов, теплотехнические характеристики ограждений, расчетная тепловая нагрузка, режимы ГВС, доступная электрическая мощность, наличие существующей котельной или теплового пункта, требования к шуму и ограничения по размещению наружных блоков или грунтовых теплообменников. Без такого блока проектировщик выбирает оборудование как отдельный агрегат, а не как часть системы здания.

Четвертый блок связан с расчетом тепловой нагрузки. Стандарт должен требовать, чтобы мощность ТН выбиралась не только по укрупненному показателю площади, но и по расчетной нагрузке здания, определенной с учетом теплопотерь через ограждения, инфильтрации, вентиляции, теплопритоков и режима эксплуатации. Для общественных зданий, включая школы, дополнительно важны переменные графики посещаемости, приточная вентиляция и режимы ночного снижения температуры. В типовых расчетах следует различать пиковую тепловую нагрузку и годовую потребность в теплоте: первая определяет мощность оборудования и резерв, вторая - экономическую и энергетическую эффективность.

Пятый блок - выбор низкопотенциального источника теплоты. Для воздушных ТН стандарт должен регламентировать расчет при низких температурах наружного воздуха, снижение мощности при морозах, циклы от тайки и необходимость резервирования. Для грунтовых систем должны быть указаны требования к геологическим и гидрогеологическим данным, глубине и расположению скважин или горизонтальных контуров, тепловому восстановлению грунта. Для водяных источников необходимы требования к качеству воды, защите теплообменников, разрешительным процедурам и предотвращению экологического ущерба. Для систем, использующих сбросную теплоту, необходимо фиксировать стабильность источника, температурный график и режим доступности.

Шестой блок - расчет сезонной эффективности. Национальный стандарт должен требовать оценки не только паспортного COP, но и расчетного SPF/SCOP для конкретного объекта. При этом должны учитываться температура источника теплоты, температура подачи в систему отопления, график нагрузки, вспомогательное электропотребление насосов и вентиляторов, работа резервного источника и потери в аккумуляторных емкостях. Для Узбекистана важно также разделить расчетный подход для отопления, охлаждения и ГВС, поскольку эти режимы имеют разные температурные уровни и разные сезонные профили.

Седьмой блок - схемные решения. Для объектов с малой расчетной нагрузкой и низкотемпературной системой отопления, возможно, моновалентное применение ТН. Для

большинства объектов социальной инфраструктуры и реконструкции более реалистична бивалентная или гибридная схема, где ТН покрывает базовую часть годовой потребности, а резервный источник обеспечивает пиковые нагрузки, аварийный режим и возможные ограничения электрической мощности. В стандарте следует закрепить понятие бивалентной точки и порядок выбора доли покрытия нагрузки ТН.

Восьмой блок - требования к внутренним системам отопления и охлаждения. Эффективность ТН существенно возрастает при низкой температуре подачи, поэтому стандарт должен рекомендовать напольное отопление, низкотемпературные радиаторы, фанкойлы или другие теплообменные приборы, рассчитанные на температурный график 35-45 °С. Если объект имеет существующую высокотемпературную систему, стандарт должен требовать отдельной проверки пригодности: увеличение площади теплообмена, замена отопительных приборов, гидравлическая балансировка, снижение температуры подачи и уточнение расчетного SPF.

Девятый блок - безопасность. Поскольку ТН используют холодильный контур, национальный стандарт должен включать требования к хладагентам, герметичности, вентиляции машинных зон, размещению оборудования, электрической безопасности, защите от шума и вибрации, а также к доступу для обслуживания. Требования ISO 5149 и EN 378 показывают, что безопасность ТН-систем не ограничивается прочностью трубопроводов, которая включает предотвращение утечек, квалификацию персонала, восстановление хладагента и экологически корректное обслуживание [15, 16].

Десятый блок - приемка и мониторинг. Для Узбекистана особенно важно предусмотреть не только проектную проверку, но и подтверждение результата в первый отопительный сезон. Минимальный комплект мониторинга должен включать учет электрической энергии ТН, учет отпущенной теплоты, температуру наружного воздуха, температуру подачи и обратки, режим работы резервного источника и количество аварийных отключений, что позволит перейти от декларативного внедрения энергоэффективной технологии к проверяемому энергосбережению.

Предлагаемая структура национального стандарта. На основе вышеизложенного национальный стандарт целесообразно строить как документ, соединяющий требования к исходным данным, расчетам, оборудованию, схемам, безопасности и эксплуатации. В таблице 1 приведена предлагаемая структура стандарта, ориентированная на практическое применение в проектных организациях, органах экспертизы и эксплуатирующих службах.

Таблица 1

Предлагаемая структура национального стандарта для систем с ТН в условиях Узбекистана

№	Раздел стандарта	Основное содержание	Нормативно-техническая опора	Практический эффект для Узбекистана
1	I. Область применения	Типы зданий, режимы отопления, охлаждения и ГВС, новые объекты и реконструкция.	Национальные нормы по ОВК и теплоснабжению; международная классификация ТН.	Определяет, где стандарт обязателен и как он применяется в проектах.
2	II. Термины и обозначения	ТН, COP, SPF, SCOP, бивалентная точка, низкопотенциальный источник теплоты, резервный источник.	EN 14511, EN 14825, ISO 13256.	Создает единый язык для проектировщиков, экспертизы и заказчиков.
3	III. Исходные данные	Климатические параметры, назначение здания, тепловая нагрузка, режимы ГВС, доступная электрическая мощность.	ГНП 2.04.05-22, ГНП 2.01.18-24, КМК 2.01.04-2018.	Исключает подбор оборудования без анализа здания и условий эксплуатации.

4	IV. Расчет тепловой нагрузки	Пиковая нагрузка, годовая потребность в теплоте, вентиляционные потери, режимы общественных зданий.	КМК 2.01.04-2018, ГОСТ Р 54865, СП 525.	Позволяет отличать мощность ТН от годового энергетического эффекта.
5	V. Выбор источника теплоты	Воздух, грунт, вода, рассол, сбросная теплота; критерии применимости и ограничения.	СП 525, ISO 13256-1, ISO 13256-2.	Адаптирует ТН к климатическим и гидрогеологическим условиям регионов.
6	VI. Расчет COP/SPF/SCOP	Паспортные и сезонные показатели, вспомогательное электропотребление, доля резервного источника.	EN 14825, EN 14511, ГОСТ Р 54865.	Обеспечивает проверяемую оценку сезонной эффективности.
7	VII. Схемные решения	Моновалентные, бивалентные и гибридные системы; буферные емкости; температурные графики.	СП 525, документы по ОВК и теплогенерации.	Дает проектировщику набор допустимых конфигураций для разных объектов.
8	VIII.Резервирование	Резервная тепловая мощность, аварийные режимы, бивалентная точка, приоритет источников.	Практика проектирования ТН-систем и автономных источников теплоснабжения.	Повышает надежность теплоснабжения социальных объектов.
9	IX. Автоматика и учет	Датчики, погодозависимое регулирование, учет теплоты и электроэнергии, дистанционный мониторинг.	EN/ISO подходы к оценке эффективности; национальные требования к эксплуатации.	Позволяет подтвердить фактический SPF и качество работы системы.
10	X. Безопасность и размещение	Хладагенты, герметичность, вентиляция, шум, вибрация, электробезопасность, доступ для обслуживания.	ISO 5149, EN 378, ГОСТ 33662.	Снижает риски неправильной установки и эксплуатации.
11	XI. Приемка и первый сезон	Пусконаладка, проверка расходов, температур, автоматики, резервного источника и фактических режимов.	Национальные процедуры приемки; международная практика commissioning.	Связывает проектные расчеты с реальным результатом на объекте.
12	XII. Эксплуатация и персонал	Регламент ТО, журнал работы, обучение персонала, восстановление хладагента, периодическая проверка.	ISO 5149-4, СТБ ISO 22712-2024.	Обеспечивает долговременную эффективность и безопасность ТН-систем.

Предложенная структура принципиально отличается от обзорного подхода: она задает не перечень желательных характеристик, а проверяемую последовательность действий. Проектировщик должен начать с исходных данных здания, затем определить расчетную нагрузку, выбрать источник низкопотенциальной теплоты, рассчитать сезонную эффективность, обосновать схему резервирования, после чего представить программу приемки и мониторинга. Такой порядок особенно важен для бюджетных и социальных объектов, где ошибка выбора оборудования приводит не только к перерасходу средств, но и к риску нарушения теплового режима.

Для демонстрации практического применения методического каркаса рассмотрим условное школьное здание. Пример не заменяет детальный проект и приведен только для

иллюстрации логики стандарта. В реальном проектировании исходные данные должны уточняться по архитектурно-строительной части, расчетной температуре конкретного населенного пункта, режимам вентиляции, графику занятий, санитарным требованиям и доступной электрической мощности.

Исходные условия приняты следующими: площадь здания F = 2000 м²; удельная расчетная тепловая нагрузка после базовых энергосберегающих мероприятий q_0 = 65 Вт/м²; расчетная тепловая мощность здания $Q_{расч}$ = 130 кВт; годовая потребность в теплоте на отопление $Q_{год}$ = 140000 кВт·ч; расчетный температурный график системы отопления — 40/35 °С; предполагаемый SPF воздушного ТН — 3,2; доля покрытия годовой тепловой потребности ТН — 85 %; резервный источник — газовый или электрический теплогенератор для пиковых и аварийных режимов.

Расчетная мощность здания определяется по формуле:

$$Q_{расч} = F \cdot q_0 = 2000 \cdot 0{,}065 = 130 \text{ кВт}. \quad (1)$$

Если ТН выбирается в бивалентной схеме, его мощность не обязательно должна равняться полной пиковой нагрузке. Принимаем установленную тепловую мощность ТН 80 кВт, что покрывает базовую часть нагрузки, а резервный источник мощностью около 50 кВт обеспечивает пиковые режимы. Годовая теплота, вырабатываемая ТН, составляет

$$Q_{ТН} = 0{,}85 \cdot 140000 = 119000 \text{ кВт·ч}. \quad (2)$$

Электропотребление ТН при SPF = 3,2 составит:

$$ЕТН = 119000 / 3{,}2 = 37188 \text{ кВт·ч/год}. \quad (3)$$

Если сравнивать эту схему с вариантом полного покрытия тепловой потребности газовым котлом, то при условном КПД котла 0,92 и низшей теплоте сгорания природного газа 9,5 кВт·ч/м³ исходное потребление газа составило бы около 16000 м³/год. В гибридной схеме резервный источник покрывает 21000 кВт·ч/год, что соответствует примерно 2400 м³ газа. Следовательно, ориентировочное сокращение потребления газа составляет около 13600 м³/год, но при этом появляется дополнительная потребность в электроэнергии около 37,2 МВт·ч/год. Именно поэтому стандарт должен требовать не только энергетического расчета ТН, но и проверки электрической мощности объекта.

Приведенный пример показывает, почему национальный стандарт должен включать расчет как по мощности, так и по годовому балансу. Если рассматривать только пиковую мощность, проектировщик может необоснованно завысить мощность ТН и стоимость проекта. Если рассматривать только годовую экономию, можно недооценить потребность в резерве. Баланс между этими двумя уровнями и должен быть предметом нормативной методики.

Для школьных зданий дополнительно необходимо учитывать вентиляционную нагрузку. В отопительный период приточная вентиляция может составлять значительную долю тепловой нагрузки, особенно при плотной заполняемости классов. Поэтому стандарт должен требовать, чтобы при выборе ТН отдельно оценивались тепловые потребности системы вентиляции, возможность рекуперации теплоты удаляемого воздуха и режим работы в каникулярные периоды. Это особенно важно для объектов, где фактический график эксплуатации отличается от жилых зданий.

Еще один практический вывод связан с температурным графиком. При температуре подачи 40/35 °С воздушный ТН может работать существенно эффективнее, чем при необходимости нагревать воду до 60-70 °С. Поэтому при реконструкции школы установка ТН без модернизации отопительных приборов, балансировки контуров и проверки тепловой защиты здания может привести к снижению SPF. Национальный стандарт должен прямо фиксировать: проект ТН-системы должен включать проверку совместимости источника теплоты, внутренней системы отопления и требуемого температурного графика.

Таблица 2

Компактный расчетный пример применения ТН для школьного здания

№	Показатель	Принятое значение / расчет	Методический смысл для стандарта
1	Площадь здания	F = 2000 м²	Исходный параметр для укрупненной предварительной оценки.
2	Удельная расчетная нагрузка	q_0 = 65 Вт/м²	Значение должно подтверждаться расчетом теплопотерь, а не приниматься произвольно.
3	Расчетная тепловая мощность	Qрасч = 2000 · 0,065 = 130 кВт	Определяет пик нагрузки и необходимость резервирования.
4	Годовая потребность в теплоте	Qгод = 140000 кВт·ч/год	Используется для оценки сезонной эффективности и экономии.
5	Схема системы	Бивалентная: ТН + резервный источник	Практичная схема для социальных объектов и реконструкции.
6	Установленная мощность ТН	80 кВт	Покрывает базовую часть нагрузки, не обязательно всю пиковую мощность.
7	Резервная мощность	Около 50 кВт	Обеспечивает надежность при низких температурах и аварийных режимах.
8	Доля годовой теплоты от ТН	85 %, QTH = 119000 кВт·ч/год	Показывает отличие энергетического покрытия от покрытия пиковой мощности.
9	Сезонная эффективность	SPF = 3,2	Должна подтверждаться расчетом или мониторингом, а не только паспортным COP.
10	Электропотребление ТН	ETH = 119000 / 3,2 = 37188 кВт·ч/год	Требует проверки электрической мощности и учета электроэнергии.
11	Газовый резерв	$Q_{рез}$ = 21000 кВт·ч/год ≈ 2400 м³ газа	Фиксирует работу резервного источника в годовом балансе.
12	Ориентировочная экономия газа	≈ 13600 м³/год по сравнению с газовым котлом	Показывает практический эффект, но требует уточнения по тарифам и климату.

Требования к приемке и мониторингу. Отдельный раздел стандарта должен быть посвящен приемке и мониторингу. Минимальный состав приемки должен включать проверку соответствия установленного оборудования проекту, герметичности холодильного контура, правильности подключения насосов и вентиляторов, настройки погодозависимой автоматики, работы резервного источника, защиты от замерзания и корректности показаний приборов учета. Для водяных и грунтовых систем дополнительно проверяются расходы теплоносителя, перепады температур, гидравлическая устойчивость и защита теплообменников.

После ввода объекта в эксплуатацию необходимо предусмотреть мониторинг первого отопительного сезона. В простейшем варианте ежемесячно фиксируются выработка теплоты, потребление электроэнергии, расчетный SPF, часы работы ТН и резервного источника, средняя температура наружного воздуха, аварийные отключения и жалобы пользователей. Такой мониторинг позволяет выявить не только технические дефекты, но и ошибки эксплуатации: завышенную температуру подачи, неправильный график работы резервного котла, отсутствие балансировки или некорректные настройки автоматики.

С точки зрения государственной политики мониторинг имеет особую ценность. Если внедрение ТН поддерживается бюджетными программами или субсидиями, необходимо

подтверждать фактический энергетический результат. Национальный стандарт должен поэтому связывать проектные расчеты с эксплуатационными данными: объект, получивший поддержку, должен не только установить оборудование, но и показать его работу по измеряемым показателям. Такой подход повысит доверие к технологии и позволит накопить национальную статистику для последующей корректировки норм.

Обсуждение результатов. Предложенный методический каркас авторами не является полным текстом стандарта. Его задача - определить обязательные разделы и логику будущего нормативного документа.

Научно-практическое значение настоящей части состоит в том, что она переводит вопрос о ТН из уровня общей целесообразности в уровень нормируемых проектных решений. Для проектировщика предложенная структура задает последовательность работы, для экспертизы — критерии проверки, для заказчика — понимание того, какие исходные данные и результаты должны быть представлены, для эксплуатирующей организации — перечень параметров, которые нужно контролировать после ввода объекта в эксплуатацию.

Ограничением исследования является то, что расчетный пример носит демонстрационный характер. Он не учитывает конкретную климатическую зону, архитектурную модель здания, реальный график вентиляции, инфильтрацию, теплопоступления, режим ГВС и тарифную структуру. Тем не менее именно такой компактный пример полезен для стандарта: он показывает минимальную расчетную логику, которую можно расширять в зависимости от уровня детализации проекта.

Выводы. На основе проведенного анализа сформулированы следующие выводы.

1. Национальный стандарт для систем с ТН в Узбекистане должен включать не только требования к оборудованию, но и полную методическую цепочку: исходные данные, расчет тепловой нагрузки, выбор источника теплоты, оценку SPF/SCOP, схемное решение, резервирование, приемку и мониторинг.

2. Ключевым методическим принципом стандарта должно стать различение паспортного COP, сезонных показателей SPF/SCOP и фактической эффективности объекта. Это позволит избежать некорректного переноса лабораторных характеристик оборудования на реальные здания.

3. Для условий Узбекистана особенно важны требования к климатической адаптации, доступной электрической мощности, низкотемпературным системам отопления и бивалентным схемам, поскольку именно эти параметры определяют надежность и экономическую целесообразность применения ТН.

4. Предложенная структура стандарта может быть использована как основа для разработки проекта национального нормативного документа, ориентированного на проектировщиков, экспертизу, заказчиков и эксплуатирующие организации.

5. Расчетный пример для школьного здания показывает, что ТН целесообразно оценивать по двум уровням: пиковой мощности и годовому энергетическому балансу. В бивалентной схеме ТН может покрывать основную долю годовой потребности в теплоте, тогда как резервный источник обеспечивает пиковые и аварийные режимы.

6. Для практического внедрения ТН в социальной инфраструктуре необходимо закрепить обязательный мониторинг первого отопительного сезона, поскольку он позволяет подтвердить фактический SPF, выявить ошибки настройки и создать национальную базу эксплуатационных данных.

Список литературы

[1]. Постановление Президента Республики Узбекистан № ПП-100 от 11.03.2025 г. «О мерах по кардинальному реформированию сферы обеспечения тепловой энергией жилых домов, зданий и сооружений, а также повышению энергоэффективности зданий». URL: https://lex.uz/ru/docs/7431399

[2]. Указ Президента Республики Узбекистан № УП-63 от 27.03.2025 г. «О мерах по совершенствованию государственного управления в сфере повышения энергоэффективности и развитию рынка услуг энергосервисных компаний». URL: https://lex.uz/ru/docs/7455525

[3]. Приказ № 01/2-39 от 05.08.2024 г. «Об утверждении градостроительных норм и правил ГНП 2.04.05-22 “Отопление, вентиляция и кондиционирование”». URL: https://lex.uz/docs/7262447

[4]. Приказ № 01/2-4 от 14.01.2025 г. «Об утверждении градостроительных норм и правил ГНП 2.01.18-24 “Нормы энергозатрат на отопление, проветривание и кондиционирование зданий и сооружений”». URL: https://www.lex.uz/ru/docs/7357818
[5]. КМК 2.01.04-2018. Строительная теплотехника. Ташкент: Министерство строительства Республики Узбекистан, 2018.
[6]. Avezova N. R., Mirzaboyev A. M., Ruziyev O. S. К вопросу обеспечения зданий и сооружений республики устойчивыми и надежными энергосистемами //PROBLEMS OF ENERGY AND SOURCES SAVING. – 2024. – №. 1-2. – С. 50-55.
[7]. Avezova N. R. et al. Зелёная сертификация зданий в Узбекистане: состояние и перспективы развития //PROBLEMS OF ENERGY AND SOURCES SAVING. – 2025. – №. 4. – С. 400-417.
[8]. ШНҚ 2.08.08-22. Пассивные здания: жилые / “Пассив уйлар”. Ташкент: Министерство строительства Республики Узбекистан, 2022. URL: https://mc.uz/uploads/mcuz_999401255275.pdf
[9]. СП 525.1325800.2023. Теплонасосные системы теплохладоснабжения. Правила проектирования. М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2023.
[10]. ГОСТ Р 54865-2011. Теплоснабжение зданий. Методика расчета энергопотребности и эффективности системы теплогенерации с тепловыми насосами. М.: Стандартинформ, 2011.
[11]. EN 14511:2022. Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps for space heating and cooling and process chillers with electrically driven compressors. CEN, 2022.
[12]. EN 14825:2022. Air conditioners, liquid chilling packages and heat pumps, testing and rating at part load conditions and calculation of seasonal performance. CEN, 2022.
[13]. ISO 13256-1:2021. Water-source heat pumps — Testing and rating for performance — Part 1: Water-to-air and brine-to-air heat pumps. International Organization for Standardization, 2021.
[14]. ISO 13256-2:2021. Water-source heat pumps — Testing and rating for performance — Part 2: Water-to-water and brine-to-water heat pumps. International Organization for Standardization, 2021.
[15]. ISO 5149-4:2022. Refrigerating systems and heat pumps — Safety and environmental requirements — Part 4: Operation, maintenance, repair and recovery. International Organization for Standardization, 2022.
[16]. EN 378-1:2016+A1:2020. Refrigerating systems and heat pumps — Safety and environmental requirements — Part 1: Basic requirements, definitions, classification and selection criteria. CEN, 2020.
[17]. СТБ ISO 22712-2024. Системы холодильные и тепловые насосы. Компетентность персонала.
[18]. ГОСТ 33662.1-2015 (ISO 5149-1:2014). Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 1. Определения, классификация и критерии выбора.
[19]. ГОСТ 33662.4-2015 (ISO 5149-4:2014). Холодильные системы и тепловые насосы. Требования безопасности и охраны окружающей среды. Часть 4. Эксплуатация, техническое обслуживание, ремонт и восстановление.
[20]. International Energy Agency. Heat Pumps. Energy System: Buildings. URL: https://www.iea.org/energy-system/buildings/heat-pumps.

УДК 004.89:699.8:502.131.1

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ЭНЕРГОПОТРЕБЛЕНИЕМ В ЗДАНИЯХ: ПУТЬ К СНИЖЕНИЮ УГЛЕРОДНОГО СЛЕДА

Ш.С. Ахмедов, Э.С. Холматов

[1]Ферганский государственный технический университет
**Автор для корреспонденции, e-mail:erkinzonholmatov1@gmail.com*
(Получена 18.03.2026 г.)

Аннотация. *В статье анализируются методы повышения энергоэффективности зданий путем внедрения интеллектуальных систем управления энергопотреблением (Building Energy Management Systems, BEMS). Проведено компьютерное моделирование энергопотребления типового административного здания в климатических условиях Средней Азии. Установлено, что применение интеллектуальных алгоритмов адаптивного регулирования микроклимата и освещения обеспечивает снижение энергопотребления на 25–35% без ухудшения параметров комфорта. Разработаны рекомендации по интеграции систем BEMS с возобновляемыми источниками энергии и цифровыми платформами мониторинга.*

Ключевые слова: *энергоэффективность; интеллектуальные системы; управление энергопотреблением; BEMS; цифровизация; углеродный след; здания*

Annotatsiya. *Maqolada binolarning energiya samaradorligini intellektual energiya boshqaruv tizimlari (Building Energy Management Systems — BEMS)ni joriy etish orqali oshirish usullari tahlil qilingan. Markaziy Osiyo iqlim sharoitida namunaviy ma'muriy binodagi energiya sarfi kompyuter modellashtirish asosida o'rganilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, mikroklimat va yoritishni intellektual adaptiv boshqarish algoritmlarini qo'llash energiya sarfini qulaylik parametrlarini buzmagan holda 25–35 % ga kamaytirish imkonini beradi. Shuningdek, BEMS tizimlarini qayta tiklanuvchi energiya manbalari hamda raqamli monitoring platformalari bilan integratsiya qilish bo'yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan.*

Kalit so'zlar: *energiya samaradorligi; intellektual tizimlar; energiya sarfini boshqarish; BEMS; raqamlashtirish; uglerod izi; binolar.*

Abstract. *This article analyzes methods for improving the energy efficiency of buildings through the implementation of intelligent energy management systems (Building Energy Management Systems — BEMS). Computer simulation of energy consumption in a typical administrative building under the climatic conditions of Central Asia was carried out. The results showed that the application of intelligent adaptive control algorithms for indoor climate and lighting makes it possible to reduce energy consumption by 25–35% without compromising comfort parameters. In addition, recommendations were developed for integrating BEMS with renewable energy sources and digital monitoring platforms.*

Keywords: *energy efficiency; intelligent systems; energy consumption management; BEMS; digitalization; carbon footprint; buildings.*

1. Введение Современные здания потребляют значительную долю всей производимой энергии — до 40%. Большая часть этих энергоресурсов теряется из-за неэффективного управления инженерными системами [1]. На фоне растущих тарифов на электроэнергию и необходимости сокращения выбросов парниковых газов, особенно углекислого газа (CO_2), становится актуальной задача внедрения интеллектуальных систем управления энергопотреблением. Такие системы основаны на использовании датчиков, технологий интернета вещей (IoT) и алгоритмов машинного обучения.

Цель данной работы — разработать подход к повышению энергоэффективности зданий в условиях континентального климата Средней Азии путем внедрения интеллектуальных систем Building Energy Management Systems (BEMS).

Материалы и методы.

В рамках исследования была разработана комплексная модель административного здания площадью 2 000 м², которая соответствует типовым характеристикам зданий, распространённых в Средней Азии (например, в городах Ташкент, Фергана и Самарканд). Архитектурно-конструктивные элементы модели включали ограждающие конструкции с коэффициентом теплопередачи (0,55 Вт/м²·К), двойное остекление и систему вентиляции с рекуперацией тепла.

Для проведения моделирования использовалась программная среда **MATLAB/Simulink** в сочетании с энергетическим ядром **EnergyPlus API**. Это позволило оценить динамику тепловых потоков и энергопотребление здания с почасовой детализацией на протяжении года.

Для анализа полученных данных применялась платформа **Python** с использованием библиотеки **Scikit-learn**. Эта платформа обеспечивала реализацию методов машинного обучения на основе реальных данных, полученных с IoT-датчиков, таких как температура, влажность, освещённость и присутствие людей.

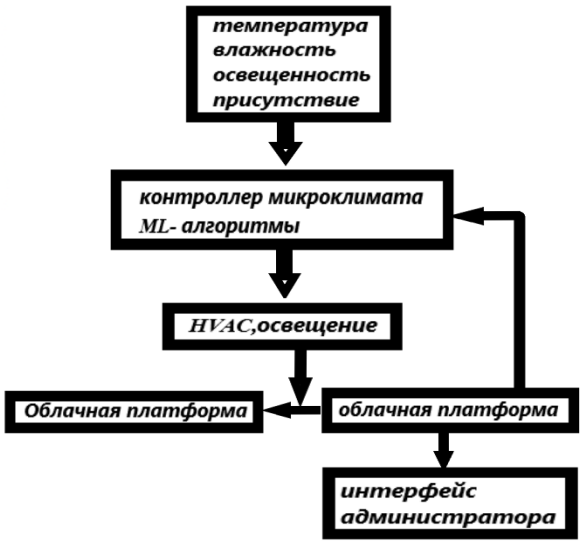


Рис.1. Структурная схема интеллектуальной системы управления энергопотреблением (BEMS):

Структурная схема включает блоки IoT-датчиков, контроллер микроклимата, модуль

прогнозирования на основе ML-алгоритмов, а также блок связи с облачной платформой и интерфейс администратора.

2. Принцип работы системы:

- Система непрерывно отслеживает параметры микроклимата, такие как температура, влажность, уровень углекислого газа (CO_2), освещенность и присутствие людей;
- Алгоритмы машинного обучения прогнозируют изменения этих параметров на период от 2 до 3 часов;
- Контроллер автоматически регулирует работу систем HVAC (отопление, вентиляция, кондиционирование) и освещения в зависимости от прогнозов и внешних температурных условий;
- Данные о потреблении энергии накапливаются и визуализируются через облачный интерфейс.

Такой подход позволяет не только эффективно управлять энергопотреблением, но и выявлять скрытые закономерности, такие как увеличение энергозатрат в определенные дни недели или при значительных отклонениях температуры за пределами здания.

2.1. Результаты исследования

На основе годового моделирования (8760 часов) получены следующие ключевые показатели:

- Снижение потребления энергии на отопление — **до 28 %**,
- На охлаждение — **до 31 %**,
- На освещение — **до 18 %**,
- Совокупное сокращение углеродного следа здания — **на 32 %** по сравнению с базовым сценарием.

Гистограмма демонстрирует распределение месячного энергопотребления в киловатт-часах. Синие столбцы отражают данные при традиционном управлении, а зелёные — при интеллектуальном управлении. Наибольшая экономия энергоресурсов наблюдается в переходные месяцы (март–апрель и сентябрь–октябрь).

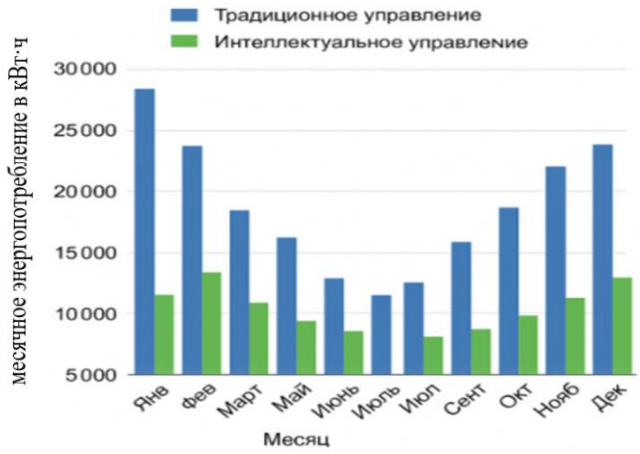


Рис.2. Анализ энергопотребления при традиционном и интеллектуальном управлении.

Для подтверждения полученных результатов был использован показатель удельного энергопотребления здания, выраженный в ватт-часах на квадратный метр в год (EUI). В базовой модели EUI составил 205 кВт·ч/м²·год, в то время как в интеллектуальной модели этот показатель снизился до 137 кВт·ч/м²·год. Таким образом, годовая экономия энергопотребления составила 68 кВт·ч/м². Для здания площадью 2000 квадратных метров это эквивалентно 136 мегаватт-часам в год, что соответствует предотвращению выбросов около 11,6 тонн углекислого газа (CO_2) в год.

Анализ эксплуатационных данных также показал, что система интеллектуального управления снижает пиковые нагрузки на электрическую сеть до 15%. Это особенно актуально для регионов с нестабильным электроснабжением, где эффективное управление энергопотреблением имеет критическое значение.

3. Анализ результатов исследования

Проведенное исследование подтвердило высокую эффективность интеллектуальных систем управления энергопотреблением. В условиях климатической зоны Средней Азии, характеризующейся значительными суточными колебаниями температуры (до 20–25 °C),

существует потребность в адаптивном регулировании систем отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха (HVAC). Интеллектуальные алгоритмы обеспечивают оптимизацию температурных параметров в помещениях, что позволяет минимизировать инерционность работы систем отопления и кондиционирования, способствуя более эффективному управлению энергоресурсами.

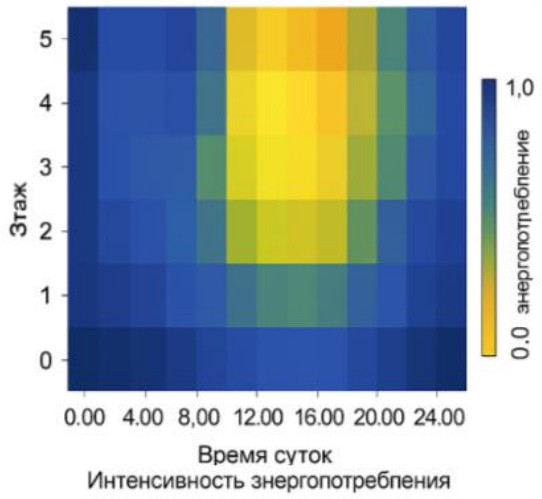


Рис.3. Тепловая карта суточной динамики температурных показателей и уровня энергопотребления.

По оси X — время суток, по оси Y — этажность здания. Цветовая палитра отражает интенсивность энергопотребления (от 0 до 1,0). Видно, что после внедрения системы пики потребления сглаживаются, а распределение становится равномерным.

На основании экономического анализа, проведенного в условиях текущих тарифов на электроэнергию в Узбекистане, где средняя стоимость составляет 800 узбекских сумов (UZS) за киловатт-час, было установлено, что годовая экономия для здания площадью 2000 квадратных метров достигает приблизительно 108 миллионов UZS.

Срок окупаемости данной системы составляет 4–5 лет, при этом капитальные затраты оцениваются в размере около 15% от стоимости инженерных систем.

Помимо непосредственной экономии финансовых ресурсов, внедрение системы способствует значительному повышению уровня комфорта, оптимизации микроклимата и снижению нагрузки на инженерные коммуникации.

Интеграция системы Building Energy Management System (BEMS) с солнечными панелями и тепловыми насосами открывает возможность перехода к концепции "нулевого энергопотребления" (Zero Energy Building), где годовой баланс выработки и потребления энергии стремится к нулю. Данная стратегия соответствует передовым тенденциям в области энергоэффективности и устойчивого развития.

4. Заключение. Интеллектуальные системы управления энергопотреблением (ИСУЭ) представляют собой стратегически важный инструмент для минимизации углеродного следа зданий и оптимизации их энергетической эффективности. Предложенная модель демонстрирует потенциал интеграции передовых технологий в системы управления зданиями с учетом региональных климатических особенностей, что способствует устойчивому развитию городской инфраструктуры.

Рекомендуется реализация пилотных проектов в образовательных и административных учреждениях с последующим масштабированием на объекты жилого фонда. Такой подход обеспечит комплексную оценку эффективности ИСУЭ в различных условиях эксплуатации и послужит основой для разработки стандартов и нормативов в области энергоэффективности зданий.

Список литературы

[1]. International Energy Agency (IEA). Energy Efficiency 2023: Buildings and Cooling. Paris: OECD, 2023.
[2]. Rahmonov B., Tursunov A. Digital Energy Management Systems for Central Asian Climate Conditions. – Applied Energy Systems Journal, 2024, № 12(4), pp. 88–96.
[3]. ISO 52120-1:2022. Energy performance of buildings – Contribution of building automation, controls and building management. Geneva: ISO, 2022.
[4]. Purdon M., et al. IoT-Enabled Adaptive Control for Building Energy Optimization. – Energy and Buildings, 2023, Vol. 281, 112680.
[5]. Министерство энергетики Республики Узбекистан. Концепция развития энергоэффективности зданий до 2030 года. – Ташкент, 2022.

УДК 538.911, 935, 958, 975

QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA MANBALARINING RIVOJLANISHI VA ULARNING MILLIY IQTISODIYOTGA TA'SIRI

O.A. Mominov, D.D. Maribjonov, S.N. Mahammadjonov

Farg'ona davlat texnika universiteti
Mas'ul muallif, e-mail: oqilbekmominov45@gmail.com
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Qayta tiklanuvchi energiya manbalarining rivojlanishi zamonaviy iqtisodiyotning asosiy ustuvor yo'nalishlaridan biriga aylanmoqda. Ushbu maqolada quyosh, shamol, gidroenergiya, geotermal energiya va bioenergiya kabi qayta tiklanuvchi energiya manbalari tahlil qilingan hamda ularning milliy iqtisodiyotga ta'siri o'rganilgan. Statistik ma'lumotlar va zamonaviy loyihalar asosida ushbu sohaning global o'sishi hamda ekologik afzalliklari ko'rsatib berilgan. Maqola yakunida qayta tiklanuvchi energiya manbalari rivojlanishining istiqbollari va uning milliy iqtisodiyot uchun strategik ahamiyati baholangan.*

Kalit so'zlar: *Qayta tiklanuvchi energiya, quyosh energiyasi, shamol energiyasi, gidroenergiya, geotermal energiya, bioenergiya, milliy iqtisodiyot, energetik xavfsizlik, iqlim o'zgarishi, ekologiya.*

Аннотация. *Развитие возобновляемых источников энергии становится одним из основных приоритетных направлений современной экономики. В данной статье проанализированы такие возобновляемые источники энергии, как солнечная, ветровая, гидроэнергия, геотермальная энергия и биоэнергия, а также изучено их влияние на национальную экономику. На основе статистических данных и современных проектов показаны глобальный рост данной отрасли и её экологические преимущества. В заключении статьи оцениваются перспективы развития возобновляемых источников энергии и их стратегическое значение для национальной экономики.*

Ключевые слова*: возобновляемая энергия, солнечная энергия, ветровая энергия, гидроэнергия, геотермальная энергия, биоэнергия, национальная экономика, энергетическая безопасность, изменение климата, экология.*

Abstract. *The development of renewable energy sources is becoming one of the main priority directions of the modern economy. This article analyzes renewable energy sources such as solar energy, wind energy, hydropower, geothermal energy, and bioenergy, and examines their impact on the national economy. Based on statistical data and modern projects, the global growth of this sector and its environmental advantages are demonstrated. At the end of the article, the prospects for the development of renewable energy sources and their strategic importance for the national economy are evaluated.*

Keywords*: Renewable energy, solar energy, wind energy, hydropower, geothermal energy, bioenergy, national economy, energy security, climate change, ecology.*

Kirish. Zamonaviy dunyo qayta tiklanuvchi energiya manbalari (Quyosh, shamol, suv, geotermal va bioenergiya) rivojiga katta e'tibor qaratmoqda. Fosil yoqilg'ilar asosida ishlaydigan energiya tizimlari ekologik muammolar va resurslar chegarasining tugashiga sabab bo'lganligi uchun, jahon mamlakatlari alternativ energiya manbalari ustida jadal ish olib bormoqdalar. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari global iqtisodiyotni yangi bosqichga olib chiqish va ekologik barqarorlikka erishish uchun asosiy vositaga aylanmoqda. Bu soha rivojlanishi bilan birga, milliy iqtisodiyotlar ham energiya xavfsizligini ta'minlash, ekologik toza muhit va innovatsion texnologiyalarga asoslangan yangi imkoniyatlar bilan boyimoqda. Statistik ma'lumotlarga ko'ra, International Renewable Energy Agency (IRENA) hisob-kitoblari shuni ko'rsatadiki, 2022 yilda dunyo miqyosida qayta tiklanuvchi energiya manbalari elektr energiyasining 30% dan ortig'ini ishlab chiqardi. Bu raqam 2010 yildagi 20% dan sezilarli darajada oshgan. Bundan tashqari, Bloomberg New Energy Finance (BNEF) ma'lumotlariga ko'ra, qayta tiklanuvchi energiya sektoridagi investitsiyalar 2022 yilda 500+ mlrd AQSh dollarni tashkil etdi, bu esa fosil yoqilg'ilariga sarflangan mablag'dan ancha ko'p. Quyosh energiyasi: Quyosh energiyasi sohasida fotovoltaik panel va konsetratlanuvchi texnologiyalar samaradorligining oshishi hisobiga bu manba eng tez rivojlanayotgan energiya shakli sifatida ajralib turadi. Xususan, quyosh panellarining narxlari so'nggi 10 yil ichida 80% ga kamaydi, bu esa ulardan foydalanishni arzon va mavjud qiladi. Masalan, Xitoyda quyosh panellari masshtabli ishlab chiqarilmoqda va AQSh va

Yaponiyada ham quyosh elektr stantsiyalari ko‘payib bormoqda. Bunday loyihalar natijasida quyosh energiyasi butun dunyo bo‘ylab elektr energiyasining asosiy manbai sifatida faoliyat yuritmoqda. Statistik ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, Global Solar Council ma’lumotlariga ko‘ra, 2022 yilda dunyo bo‘yicha quyosh energiyasi quvvati 1 TW (teravatt) ni tashkil etdi. Bu raqam 2010 yildagi 40 GW (gigavatt) dan ancha ko‘p. Xitoy, AQSh va Hindiston quyosh energiyasi quvvatini eng ko‘p oshirgan mamlakatlar ro‘yxatida birinchi o‘rinlarda turibdi. Zamonaviy misollar orasida Dubai’dagi Mohammed bin Rashid Al Maktoum quyosh energiyasi parki ajralib turadi. Bu loyiha yakunlangandan keyin 5 GW quvvatga ega bo‘lib, Dubai shahrida elektr energiyasining 75% ini ta’minlashga mo‘ljallangan. Shamol energiyasi : Shamol energiyasi sohasida ham jadal rivojlanish kuzatilmoqda. Shamol elektr stantsiyalari (ShES) quvvatining o‘sishi va generatorlar texnologiyasining takomillashuvi shamol energiyasini arzon va mavjud qilishga imkon berdi. Daniya, Germaniya va Ispaniya kabi mamlakatlar shamol energiyasidan 20% dan ortiq elektr ishlab chiqaradi. Bundan tashqari, dengizda joylashgan offshore shamol elektr stantsiyalari ham keng tarqalmoqda. Misol uchun, Buyuk Britaniya shamol energiyasidan foydalanish orqali yillik karbon emissiyalarini sezilarli darajada kamaytirmoqda.Statistika shuni ko‘rsatadiki, Global Wind Energy Council (GWEC) ma’lumotlariga ko‘ra, 2022 yilda dunyo bo‘yicha shamol energiyasi quvvati 906 GW ni tashkil etdi. Bu raqam 2010 yildagi 198 GW dan ancha ko‘p. Offshore shamol elektr stantsiyalari quvvati esa 2022 yilda 65 GW ni tashkil etdi.

Adabiyotlar tahlili. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari sohasida so‘nggi yillarda olib borilgan ilmiy izlanishlar ushbu yo‘nalishning global iqtisodiyot va ekologik barqarorlikdagi o‘rnini chuqur yoritib bermoqda. Xususan, IRENA (2022) hisobotida qayta tiklanuvchi energiya quvvatining o‘sish sur’atlari va mamlakatlar kesimidagi ulushi batafsil yoritilgan bo‘lib, bu ma’lumotlar mazkur maqolada qo‘llangan asosiy statistik manbani tashkil etadi. Global Wind Energy Council (2022) tomonidan e’lon qilingan hisobotlar shamol energetikasi bo‘yicha yetakchi davlatlar va yangi texnologiyalar rivoji haqida tahliliy ma’lumotlar taqdim etgan. Xuddi shuningdek, Global Solar Council (2022) quyosh energetikasi bo‘yicha jahon miqyosida erishilgan yutuqlar va istiqbollarni ko‘rsatadi. Bloomberg New Energy Finance (2022) va International Energy Agency (IEA, 2022) ma’lumotlari orqali qayta tiklanuvchi energiya bozorining investitsion jozibadorligi va iqtisodiy samaradorligi haqida xulosa chiqarilgan. Ayniqsa, IEA hisobotida qayta tiklanuvchi energiya sektorining milliy iqtisodiyotga ta’siri hamda
energetik xavfsizlikdagi o‘rni alohida ta’kidlangan. Shuningdek, Carbon Tracker Initiative (2022) tomonidan qayta tiklanuvchi energiyaning global karbon emissiyalarini kamaytirishdagi roli statistik dalillar bilan yoritilgan. Maqolada, suv va geotermal energiya bo‘yicha International Hydropower Association (2022) va International Geothermal Association (2022) hisobotlaridan ham keng foydalanilgan. Bu manbalar nafaqat texnik imkoniyatlarni, balki ekologik va iqtisodiy afzalliklarni ham o‘z ichiga olgan. Mazkur adabiyotlarning barchasi, maqolada ilgari surilgan g‘oyalarning ilmiy va statistik asoslanishini ta’minlagan bo‘lib, qayta tiklanuvchi energiyaning zamonaviy iqtisodiyotdagi ahamiyatini ochib beradi.

Tadqiqot metodologiyasi. Tadqiqotda ilmiy-analitik va statistik tahlil metodlaridan kompleks foydalanildi. Birinchidan, IRENA, IEA, BNEF va GWEC tomonidan taqdim etilgan global statistik ma’lumotlar asosida dinamik va qiyosiy tahlil usuli qo‘llanilib, 2010-2022 yillardagi energiya quvvatlari va investitsiya hajmlarining o‘sish sur’atlari baholandi. Ikkinchidan, korrelyatsion tahlil metodi orqali qayta tiklanuvchi energiya manbalari rivojlanishi va milliy iqtisodiyot ko‘rsatkichlari (YAIM, ish o‘rinlari soni, eksport hajmi) o‘rtasidagi bog‘liqlik darajasi aniqlab chiqildi. Uchinchidan, maqolada mamlakatlar tajribasini o‘rganish asosida mukammallik amaliyotlari va muvaffaqiyatli loyihalar (Xitoyda quyosh panellari, Norvegiyada gidroenergiya, Islandiyada geotermal energiya) komparativ metod asosida tahlil qilindi.Shuningdek, maqolada prognostik usul yordamida 2030 yilgacha qayta tiklanuvchi energiya sohasida kutilayotgan tendensiyalar va istiqbollar bashorat qilindi. Ushbu metodik yondashuvlar maqola tahlillarini ishonchli va ilmiy asoslangan bo‘lishini ta’minladi hamda milliy iqtisodiyotga ta’sirini chuqur yoritishga imkon berdi.

Tadqiqot natijalari. Zamonaviy misollar orasida Danimarkadagi Horns Rev 3 shamol elektr stantsiyasi ajralib turadi. Bu stantsiya 407 MW quvvatga ega bo‘lib, Danimarka aholisining 425 mingdan ortig‘i uchun elektr energiyasini ta’minlaydi. Suv energiyasi : Gigavattli gidroelektr stantsiyalardan tashqari, kichik GES va suv nasoslari energiyasini qayta ishlash kabi innovatsiyalar suv resurslaridan samarali foydalanishni oshirdi. Norvegiya va Kanadaning energiya tizimlari deyarli to‘liq gidroelektrga asoslangan. Kichik GES lar esa hududlarning mahalliy energiya ehtiyojlarini qondirishda samarali vosita hisoblanadi. Suv energiyasi texnologiyalari yanada rivojlana borib, energiya saqlash va taqsimlash tizimlarini ham modernizatsiya qilmoqda. Statistika shuni ko‘rsatadiki, International Hydropower Association (IHA) ma’lumotlariga ko‘ra, 2022 yilda dunyo bo‘yicha gidroelektr stantsiyalari quvvati 1,36 TW ni tashkil etdi. Bu raqam 2010 yildagi 1,01 TW dan ancha ko‘p. Norvegiya elektr energiyasining 95% ini gidroelektrdan olishni ta’minlaydi. Zamonaviy misollar orasida Xitoydagi Three Gorges dam ajralib turadi. Bu stantsiya dunyodagi eng katta gidroelektr stantsiyasi bo‘lib, uning quvvati 22,5 GW ni tashkil etadi. Biomass va biyogaz : Organik chiqindilardan energiya olish texnologiyalari qishloq xo‘jaligi va sanoatni «yashil» energiya bilan ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Biomassadan foydalanish yer mahsulotlarini qayta ishlash va organik chiqindilarni yoqilg‘i sifatida qayta ishlash orqali ekologik muvozanatni saqlashga yordam beradi. Finlandiya va Shvetsiya kabi mamlakatlarda biomassadan foydalanish energiya ishlab chiqarishning muhim qismiga aylanmoqda. Biyogaz esa transport vositalari uchun alternativ yoqilg‘i sifatida ham qo‘llanilmoqda. Statistika shuni ko‘rsatadiki, International. Energy Agency (IEA) ma’lumotlariga ko‘ra, 2022 yilda dunyo bo‘yicha biomassadan olinadigan energiya quvvati 144 GW ni tashkil etdi. Bu raqam 2010 yildagi 72 GW dan ikki barobar ko‘p. Zamonaviy misollar orasida Germaniyadagi biomassa elektr stantsiyalari ajralib turadi. Germaniya biomassadan foydalanish orqali elektr energiyasining 8% ini ta’minlaydi. Geotermal energiya : Geotermal energiya yer osti issiqliklaridan foydalanish orqali elektr energiyasi ishlab chiqarish va isitish muammolarini hal qiladi. Islandiya va Filippinlar geotermal energiyadan foydalanish orqali energiya ishlab chiqarishning katta qismini o‘zlashtirgan. Bu texnologiya davlatlarga energiya xavfsizligini ta’minlash va fosil yoqilg‘ilarga bog‘liqlikdan ozod bo‘lish imkonini beradi. Statistika shuni ko‘rsatadiki, International Geothermal Association (IGA) ma’lumotlariga ko‘ra, 2022 yilda dunyo bo‘yicha geotermal energiya quvvati 16 GW ni tashkil etdi. Bu raqam 2010 yildagi 10 GW dan ancha ko‘p. Zamonaviy misollar orasida Islandiyadagi Hellisheiði geotermal elektr stantsiyasi ajralib turadi. Bu stantsiya 303 MW quvvatga ega bo‘lib, Islandiya elektr energiyasining 30% ini ta’minlaydi. Ish o‘rinlari yaratish : Qayta tiklanuvchi energiya sohasi yuqori texnologiyali va qurilish sohasida minglab ish o‘rinlari yaratadi. Masalan, AQSh da shamol va quyosh energetikasi bo‘yicha 2022 yilda 500 mingdan ortiq mutaxassis ishlagan. Xitoy va Hindistonda ham qayta tiklanuvchi energiya sohasida yuz minglab ish o‘rinlari yaratilmoqda. Bu ish o‘rinlari faqat energiya ishlab chiqarish bilan cheklanmay, balki energiya infrastrukturasi, tadqiqot va rivojlanish hamda marketing sohalarida ham keng imkoniyatlar ochadi. Statistika shuni ko‘rsatadiki, IRENA ma’lumotlariga ko‘ra, 2022 yilda dunyo bo‘yicha qayta tiklanuvchi energiya sohasida 12,7 milliondan ortiq odam ishlagan. Bu raqam 2010 yildagi 7,3 milliondan ancha ko‘p. Energetik mustaqillik : Mahalliy energiya manbalari ustuvorligi mamlakatni xorijiy yoqilg‘ilarga bog‘liqlikdan ozod qiladi. Masalan, Islandiya geotermal va gidroenergiya hisobiga 85% energiyasini o‘zi ishlab chiqaradi. Norvegiya esa neft va gaz eksporti bilan birga, gidroenergiya tufayli energiya mustaqilligiga erishgan. Energiya mustaqilligi milliy xavfsizlikni ta’minlash va iqtisodiy barqarorlikni saqlashda muhim rol o‘ynaydi. Statistika shuni ko‘rsatadiki, IEA ma’lumotlariga ko‘ra, 2022 yilda Norvegiya elektr energiyasining 95% ini mahalliy manbalardan olishni ta’minladi.

Ekologik afzallik : Karbon emissiyalarining kamayishi havfsiz muhitni saqlashga yordam beradi. Germaniyaning «Energiewende» dasturi tufayli 2022 yilda CO_2 chiqindilari 40% ga kamaydi. Shunga o‘xshash, Fransiya atom energiyasi va qayta tiklanuvchi energiya kombinatsiyasi orqali emissiyalarni minimal darajada ushlab turmoqda. Ekologik afzalliklar iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashish va tabiatni muhofaza qilish uchun muhimdir. Statistika shuni ko‘rsatadiki, Carbon Tracker Initiative ma’lumotlariga ko‘ra, qayta tiklanuvchi energiya manbalari tufayli dunyo

miqyosida 2022 yilda 2,5 milliard tonna CO_2 chiqindisi kamaydi. Iqtisodiy barqarorlik : Qayta tiklanuvchi energiya loyihalariga investitsiyalar mamlakatning eksport potensialini oshiradi. Masalan, Temir Yo‘l bo‘yicha quyosh paneli eksporti Xitoy uchun yillik 30+ mlrd AQSh dollari daromad keltiradi. Bundan tashqari, qayta tiklanuvchi energiya infrastrukturasi rivojlanishi bilan birga, energiya tariflari pasayib, iste’molchilar uchun energiya arzonlashmoqda. Bu esa iqtisodiy o‘sish va barqarorlikka olib keladi. Statistika shuni ko‘rsatadiki, World Bank ma’lumotlariga ko‘ra, qayta tiklanuvchi energiya loyihalariga investitsiyalar tufayli dunyo iqtisodiyoti 2022 yilda 2,5% ga o‘sgan. Boshlang‘ich xarajatlar : Qurilishga katta mablag‘ kerak bo‘lsada, davlatlar soliq imtiyozlari va subsidiyalar orqali bu muammoni hal qilmoqda. Masalan, AQSh va Yevropa Ittifoqi qayta tiklanuvchi energiya loyihalariga katta byudjet ajratadi. Energiya o‘zgaruvchanligi : Batareyalar va «aqlli» tarmoqlar texnologiyalari energiya saqlash va taqsimlash muammosini yengashga yordam beradi. Litium-ion batareyalar va vodorod energiyasi saqlash tizimlari energiya o‘zgaruvchanligini bartaraf etishda samarali vosita hisoblanadi. Texnologik cheklovlar : Innovatsion texnologiyalar va ilmiy tadqiqotlar natijasida qayta tiklanuvchi energiya manbalari samaradorligi oshmoqda. Sun’iy intellekt va avtomatlashtirish texnologiyalari energiya ishlab chiqarish va taqsimlash jarayonlarini optimallashtirishda katta yordam beradi. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari rivojlanishi milliy iqtisodiyot uchun energiya xavfsizligini ta’minlash, ekologik muvozanatni tiklash va innovatsion ish o‘rinlari yaratish imkonini beradi. Davlatlar va xususiy sektor hamkorligi bilan bu sohani yanada rivojlantirish global iqlim maqsadlariga erishish va iqtisodiy o‘sishni ta’minlash uchun zarurdir. Qayta tiklanuvchi energiya manbalari zamonaviy iqtisodiyotning asosiy tayanchiga aylanmoqda va kelajakda uning roli yanada ortib boraveradi. Mamlakatlar energiya siyosatini qayta tiklanuvchi energiya asosida qurish orqali barqaror kelajakka erishish imkonini topishadi. Muhokama. Qayta tiklanuvchi energiya manbalarining rivojlanishi bugungi kunda global iqtisodiyot va ekologik barqarorlikning muhim tayanchiga aylanib bormoqda. Maqolada keltirilgan statistik ma’lumotlar shuni ko‘rsatadiki, so‘nggi o‘n yillikda quyosh va shamol energiyasi quvvatlari keskin oshgan bo‘lib, ular nafaqat rivojlangan davlatlarda, balki rivojlanayotgan mamlakatlarda ham keng ommalashmoqda. Xususan, Xitoy, AQSh, Hindiston va Yevropa Ittifoqi davlatlari bu borada yetakchilik qilmoqda. Ushbu energiya manbalari faqat ekologik foyda bilan cheklanmay, balki iqtisodiy barqarorlik va energetik mustaqillikni ta’minlashda ham muhim rol o‘ynaydi. Masalan, qayta tiklanuvchi energiya loyihalari yirik investitsiyalar va minglab ish o‘rinlari yaratmoqda. Bunda Islandiya va Norvegiya kabi mamlakatlar o‘zining mahalliy energiya resurslariga tayanib, energiya importiga bo‘lgan ehtiyojini kamaytirgan. Biroq, bu sohaning rivojida muayyan muammolar ham mavjud. Jumladan, boshlang‘ich qurilish xarajatlarining yuqoriligi, energiya o‘zgaruvchanligi va texnologik cheklovlar qayta tiklanuvchi energiyaning keng joriy etilishiga to‘siq bo‘lishi mumkin. Bu muammolarni hal qilish uchun batareyalar, energiya saqlash tizimlari va aqlli tarmoqlar kabi yangi texnologiyalar ishlab chiqilmoqda. Shuningdek, qayta tiklanuvchi energiya manbalari orqali karbon chiqindilarini kamaytirish jahon iqlim maqsadlariga erishishda strategik ahamiyatga ega. Germaniya va Fransiya kabi davlatlar bu borada muvaffaqiyatli natijalarga erishgan. Shunday ekan, bu soha kelgusida ham global siyosat va iqtisodiyotning markaziy yo‘nalishlaridan biri bo‘lib qoladi.

Xulosa. Yuqoridagi tahlillardan kelib chiqib, qayta tiklanuvchi energiya manbalari zamonaviy milliy va global iqtisodiyotlar uchun nafaqat muqobil energiya manbai, balki barqaror rivojlanishning strategik vositasi sifatida maydonga chiqmoqda. Maqolada ko‘rsatilganidek, quyosh, shamol, suv, geotermal va bioenergiya manbalari iqtisodiyot uchun ko‘plab ijobiy natijalarni ta’minlaydi: energetik mustaqillik, yangi ish o‘rinlari, eksport imkoniyatlari va ekologik muhitning yaxshilanishi. Xususan, qayta tiklanuvchi energiya loyihalari orqali energiya tariflari pasayib, iste’molchilarning xarajatlari kamayadi. Bunda davlat tomonidan soliq imtiyozlari va subsidiyalar muhim rol o‘ynaydi. Shuningdek, qayta tiklanuvchi energiyaning rivoji energetik xavfsizlikni 7 mustahkamlab, milliy iqtisodiyotlarni global yoqilg‘i narxlaridagi o‘zgarishlardan himoya qiladi. Biroq, mazkur sohaning kengayishi uchun texnologik va moliyaviy cheklovlarni bartaraf etish zarur. Xususan, energiya saqlash tizimlarini takomillashtirish va mahalliy sanoatni qo‘llab-quvvatlash choratadbirlari muhim ahamiyat kasb etadi. Shu bilan birga, davlat va xususiy

sektor hamkorligi orqali qayta tiklanuvchi energiya loyihalariga keng ko‘lamli investitsiyalar jalb etilishi lozim. Xulosa qilib aytganda, qayta tiklanuvchi energiya manbalari O‘zbekiston va boshqa rivojlanayotgan mamlakatlar uchun iqtisodiy o‘sish va ekologik barqarorlikni ta’minlovchi ustuvor yo‘nalish bo‘lib qoladi. Bu yo‘nalishda faol harakat qilish global iqlim o‘zgarishiga qarshi kurashish va barqaror kelajakka erishish imkonini yaratadi.

Adabiyotlar

[1]. IRENA (International Renewable Energy Agency). (2022). Renewable Capacity Statistics 2022 . Abu Dhabi: IRENA. Manba: https://www.irena.org
[2]. Global Wind Energy Council (GWEC). (2022). Global Wind Report 2022 . Brussels: GWEC. Manba: https://gwec.net
[3]. International Energy Agency (IEA). (2022). World Energy Outlook 2022 . Paris: IEA. Manba: https://www.iea.org
[4]. Bloomberg New Energy Finance (BNEF). (2022). New Energy Outlook 2022 . London: BNEF. Manba: https://about.bnef.com
[5]. Carbon Tracker Initiative. (2022). The Impact of Renewable Energy on Carbon Emissions . London: Carbon Tracker. Manba: https://carbontracker.org
[6]. World Bank. (2022). Energy Sector Management Assistance Program (ESMAP) Report . Washington, D.C.: World Bank. Manba: https://www.worldbank.org
[7]. Global Solar Council. (2022). Solar Market Report 2022 . Rome: Global Solar Council. Manba: https://globalsolarcouncil.org
[8]. International Hydropower Association (IHA). (2022). Hydropower Status Report 2022 . London: IHA. Manba: https://www.hydropower.org
[9]. International Geothermal Association (IGA). (2022). Geothermal Power Generation Report 2022 . Bochum: IGA. Manba: https://www.geothermal-energy.org
[10]. Statista. (2022). Renewable Energy Statistics and Data . Hamburg: Statista. Manba: https://www.statista.com
[11]. Energiewende Germany. (2022). Germany’s Energy Transition Report . Berlin: Federal Ministry for Economic Affairs and Climate Action. Manba: https://www.bmwi.de
[12]. UNFCCC (United Nations Framework Convention on Climate Change). (2022). Renewable Energy and Climate Change . Bonn: UNFCCC. Manba: https://unfccc.int ORCID:

УДК 621.472.3:620.92

ТЕПЛОВОЙ РАСЧЕТ СОЛНЕЧНОЙ ПАРАБОЛОЦИЛИНДРИЧЕСКОЙ УСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПАРАМЕТРОВ ТЕПЛОПРИЕМНИКА

С.Ф. Эргашев*, М.Д.Тожибоева

Ферганский государственный технический университет
**Автор для корреспонденции, e-mail: fesirojiddin@bk.ru*
(Получена 04.04.2026 г.)

Аннотация. *В данной статье рассматривается тепловой расчет солнечной параболоцилиндрической установки на основе экспериментального определения параметров теплоприемника. Проведённый анализ позволяет оценить эффективность работы теплоприемного элемента и определить основные факторы, влияющие на теплотехнические характеристики. На основе анализа и систематизации энергетического баланса, создания тепловых и математических моделей параболоцилиндрических систем различного назначения предложены упрощенные методы их расчета удобной в инженерной и проектной практике.*

Ключевые слова: *параболоцилиндрический концентратор, температура, солнечная радиация, эффективность, теплоотдача, конвективные потери, лучистые потери, полезное тепло.*

Abstract: *This article examines the thermal calculation of a solar parabolic trough system based on experimental determination of heat receiver parameters. The analysis allows us to evaluate the efficiency of the heat receiver element and identify the main factors influencing thermal performance. Based on the analysis and systematization of the energy balance and the creation of thermal and mathematical models for parabolic trough systems for various purposes, simplified calculation methods are proposed, suitable for engineering and design practice.*

Key words: *parabolic trough concentrator, temperature, solar radiation, efficiency, heat transfer, convective losses, radiant losses, useful heat.*

Annotatsiya. *Maqola issiqlik qabul qilgich parametrelarini tajribaviy aniqlash asosida qoyish parabolosilindrik qurilmani issiqlik hisobi o'rganilgan. O'tkazilgan tahlil issiqlik qabul qiluvchi elementning samaradorligini baholash va issiqlik-texnik tasniflariga ta'sir qiluvchi asosiy omillarni aniqlash imkonini beradi. Turli maqsadlar uchun mo'ljallangan parabolosilindrik tizimlarni issiqlik va matematik modellarini yaratishni tahlili va energiya balansini tizimlashtirish asosida muhandislik va loyihalash amaliyotiga mos keladigan soddalashtirilgan hisoblash usullari taklif etiladi.*

Tayanch so'zlar: *parabolosilindrik konsentrator, harorat, quyosh nurlanishi, samaradorlik, issiqlik uzatish, konvektiv yo'qotishlar, nurlanish yo'qotishlari, foydali issiqlik.*

В условиях роста потребности в возобновляемых источниках энергии особое внимание уделяется солнечным тепловым установкам, способным эффективно преобразовывать солнечную энергию в тепловую. Одним из перспективных направлений являются параболоцилиндрические солнечные установки, отличающиеся высокой концентрацией солнечного излучения и возможностью получения значительных температур теплоносителя. Параболоцилиндрические солнечные установки позволяют эффективно использовать энергию солнечного излучения для получения тепловой энергии. Особую роль в таких системах играет теплоприемник, от характеристик которого зависит эффективность всей установки.

Приемник, расположенный в фокальной плоскости солнечного параболоцилиндрического концентратора, путем поглощения концентрированную энергию солнечного излучения превращает в тепловую энергию.

Поглощенная теплоприемником энергии (тепловая энергия), в общем виде это можно выразить следующим образом [1]:

$$Q_{ПОГ} = Q_{ТЕП}^{Л} + Q_{ТЕП}^{К} + Q_{ТЕП}^{О.КОН} + Q_{ПОЛ}, \quad (1)$$

Таким образом, тепловые потери с поверхности приемника обусловлены излучением и конвекцией, а также теплопроводностью. Величина тепловых потерь приемника определяется его температурой, формой, степенью черноты и условиями окружающей среды (температурой воздуха и скоростью ветра, а также эффективной температурой холодного источника, который получает тепло, излучением).

Лучистые потери при открытой поверхности нагрева, т.е. с поверхности приемника в окружающую среду:

$$Q_{ТЕП}^{Л} = \varepsilon_{Т.О} \cdot G \cdot \pi \cdot d_{Н} \cdot L\left(T_{Т}^{4} - T_{небос}^{4}\right), \quad (2)$$

где: $\varepsilon_{Т.О}$ - приведенная степень черноты системы; G - постоянная Стефана-Больцмана; L - длина приемника; $d_{Н}$ - наружный диаметр приемника; $T_{Т}$ - температура приемника; $T_{небос}$ - температура небосвода.

При расчете теплообмена излучением между обращенной к небу поверхностью приемника и небосводом, небосвод рассматривается как черное тело при некоторой эффективной температуре. Эффективную температуру небосвода можно определить по формуле Суинбека [2] $T_{небос} = 0{,}0552 \cdot T_{0}^{1{,}5}$ или использовав ее более простое выражение Уллера [2], вычитая из величины температуры воздуха 6°С $T_{небос} = T_{0} - 6$.

Для температурных режимов, с которыми работают большинство параболоцилиндрических установок 100÷300°С, тепловые потери, в основном, определяются конвективным теплообменом (совместный процесс конвекции и теплопроводности) [3].

Величина конвективных тепловых потерь, происходящих при обтекании открытой поверхности приемника потоком воздуха, прямо пропорциональна коэффициенту теплоотдачи α_{0}, поверхности обтекания $F_{П}$ и разности между температурами поверхности приемника и воздуха, т.е.

$$Q_{ТЕП}^{К} = \alpha_0 \cdot \pi \cdot d_H \cdot L\left(T_T - T_0\right), \quad (3)$$

Уравнение (3) называют уравнением Ньютона-Рихмана.

Теплоотдача поверхности приемника параболоцилиндрического коллектора зависит от многих факторов: наклона приемника, положения его поворота вокруг своей оси, направления ветра, температурных условий и пр. Для расчета конвективных потерь с неизолированной поверхности приемника параболоцилиндрических установок на основе опытов были получены следующие критериальные зависимости для определения средних коэффициентов теплоотдачи [1].

Для естественной конвекции (область изменения $G_r = 4{,}5 \cdot 10^5 \div 1{,}2 \cdot 10^7$):

$$N_u = 0{,}62\left(G_r\right)^{0{,}25}, \quad (4)$$

Для вынужденной конвекции (область изменения $R_e = 4{,}9 \cdot 10^3 \div 2{,}7 \cdot 10^4$):

$$N_u = 0{,}136\left(R_e\right)^{0{,}73}, \quad (5)$$

Число Нуссельта, Грасгофа и Рейнольдса являются критериями подобия:

$$N_u = \frac{\alpha \cdot l}{\lambda}, (8) \qquad G_r = \frac{g \cdot \beta\left(T_T - T_0\right) \cdot l^3}{Y}, \qquad (9) \quad \boldsymbol{R_e} = \frac{\boldsymbol{\nu} \cdot \boldsymbol{e}}{\boldsymbol{Y}}, \quad (6)$$

Коэффициент теплоотдачи в окружающую среду можно рассчитать также с помощью полученного Мак Адамсом соотношения [2]:

$$\alpha_0 = 5{,}7 + 3{,}8 \cdot v, \quad (7)$$

Тепловые потери путем теплопроводности к опорным конструкциям при оценочных расчетах эффективности коллектора обычно ими пренебрегают или выражают как долю от суммарных тепловых потерь от 3 до 10 % при различных температурах поверхности приемника [3,5].

Тепловые потери при прозрачной изоляции приемника могут быть рассчитаны методом итераций, используя следующие уравнения:

$$Q_{ТЕП} = Q_{T,C}^{Л} + Q_{T,C}^{К} = Q_C^T, (12) \qquad Q_C^{ПОГ} + Q_C^T = Q_{C,0}^{К} + Q_{C,0}^{Л}, \quad (8)$$

Лучистые потери от поглощающей поверхности приемника к стеклянной оболочке:

$$\frac{Q_{T,C}^{Л}}{L} = \frac{\pi \cdot d_T \cdot G\left(T_T^4 - T_{C.ВН}^4\right)}{\frac{1}{\varepsilon_T} + \frac{d_T}{d_{C.ВН}} \cdot \frac{1}{\varepsilon_{C.ВН}} - 1}, \quad (9)$$

Конвективные потери от поглощающей поверхности приемника к стеклянной оболочке:

$$\frac{Q_{T,C}^{К}}{L} = \frac{\pi \cdot \lambda_{воз} \cdot \varepsilon_К \left(T_T - T_{C.ВН}\right)}{\ln \frac{d_T}{d_C}}, \quad (10)$$

где: $\varepsilon_K = 0{,}18\left(C_r \cdot P_r\right)^{0{,}25}$ - коэффициент, учитывающий влияние конвекции в прослойке;

$\lambda_{воз}$- коэффициент теплопроводности газа, заполняющего прослойку, при средней определяющей температуре;

Потери по теплопроводности через стекло:

$$\frac{Q_C^{ТЕП.ПР}}{L} \approx \frac{2 \cdot \pi \cdot \lambda_C}{\ln \frac{d_{C.H}}{d_{C.ВН}}} \left(T_{C.ВН} - T_{C.H}\right), \quad (11)$$

Тепло, поглощенное стеклом:

$$Q_C^{ПОГ} \approx E_0 \cdot A_C \left[R_3 \left(B - d_{C.H} \right) + d_{C.H} \right], \quad (12)$$

Конвективные потери с поверхности прозрачной изоляции в окружающую среду:

$$\frac{Q_{C,O}^K}{L} = \pi \cdot d_{C.H} \cdot \alpha_{C,O} \left(T_{C.H} - T_0 \right), (18) \text{ или } \frac{Q_{C,O}^K}{L} = \pi \cdot \lambda_B \cdot Nu_v \left(T_{C.H} - T_0 \right), \quad (13)$$

где: $\alpha_{C,O}$ - коэффициент теплоотдачи от поверхности прозрачной изоляции в окружающую среду, определяемый по формуле (9)

Nu_v - число Нуссельта, определяемое по формулам (4) и (5).

Лучистые потери с поверхности прозрачной изоляции в окружающую среду

$$\frac{Q_{C.O}^Л}{L} = \varepsilon_{C.O} \cdot G \cdot \pi \cdot d_{C.H} \cdot \left(T_{C.H}^4 - T_{небос}^4 \right), \quad (14)$$

где: $T_{небос}$ - температура, определяемая по формулам (3) и (4).

Тепловые потери приемника удобно выражать через коэффициент потерь по следующей простой формуле

$$Q_{ТЕП} = U_L \cdot \pi \cdot d_T \cdot L \left(T_T - T_0 \right), \quad (15)$$

Расчет коэффициента потерь U_L проводится методом итераций. В случае - приемник, имеющий прозрачную изоляцию, U_L равен:

$$U_L = \left(\frac{1}{\alpha_{T.C}^K + \alpha_{T.C}^Л} + \frac{1}{\alpha_{C.O}^K + \alpha_{C.O}^Л} \right)^{-1}, \quad (16)$$

Коэффициент конвективного теплообмена между поглощающей трубой и прозрачной изоляцией $\alpha_{T.C}^K$ можно определить по формуле [1,4]:

$$\alpha_{T.C}^K = B_1 \cdot \delta^{0,75} \cdot \Delta T_{T.C}^{0,25}$$

где: $B_1 = 0{,}32 \frac{\lambda \sqrt[4]{\beta \cdot P_K}}{\sqrt{Y}}$ зависит от свойств и средней температуры газовой прослойки.

В рабочем интервале температур параболоцилиндрических коллекторов значение B_1 изменяется незначительно. Поэтому, принимая B_1 постоянным - 0,42; 0,3; 0,214; 0,163 соответственно для воздуха, аргона, криптона и ксенона $\alpha_{T.C}^Л$, можно рассчитать без особой трудности [2].

Учитывая, что поток энергии от поглощающей трубы к прозрачной изоляции равен потоку энергии от поглощающей трубы в окружающую среду, можно записать следующее выражение для температуры прозрачной изоляции:

$$T_C = T_T - \frac{U_L \left(T_T - T_0 \right)}{\alpha_{T.C}^K + \alpha_{T.C}^Л}, \quad (17)$$

Последовательность расчета коэффициента потерь U_L состоит в том, что задается приближенное значение T_C и рассчитываются $\alpha_{T.C}^K$; $\alpha_{T.C}^Л$; $\alpha_{C.H}^Л$, и наконец, U_L Результаты расчетов используются затем для вычисления T_C по формуле (17). Если полученное значение T_C близко к начальному приближенное выбранному значению, то процесс вычислений останавливается. В противном случае, полученное значение T_C принимается за исходное, и процесс вычислений повторяется.

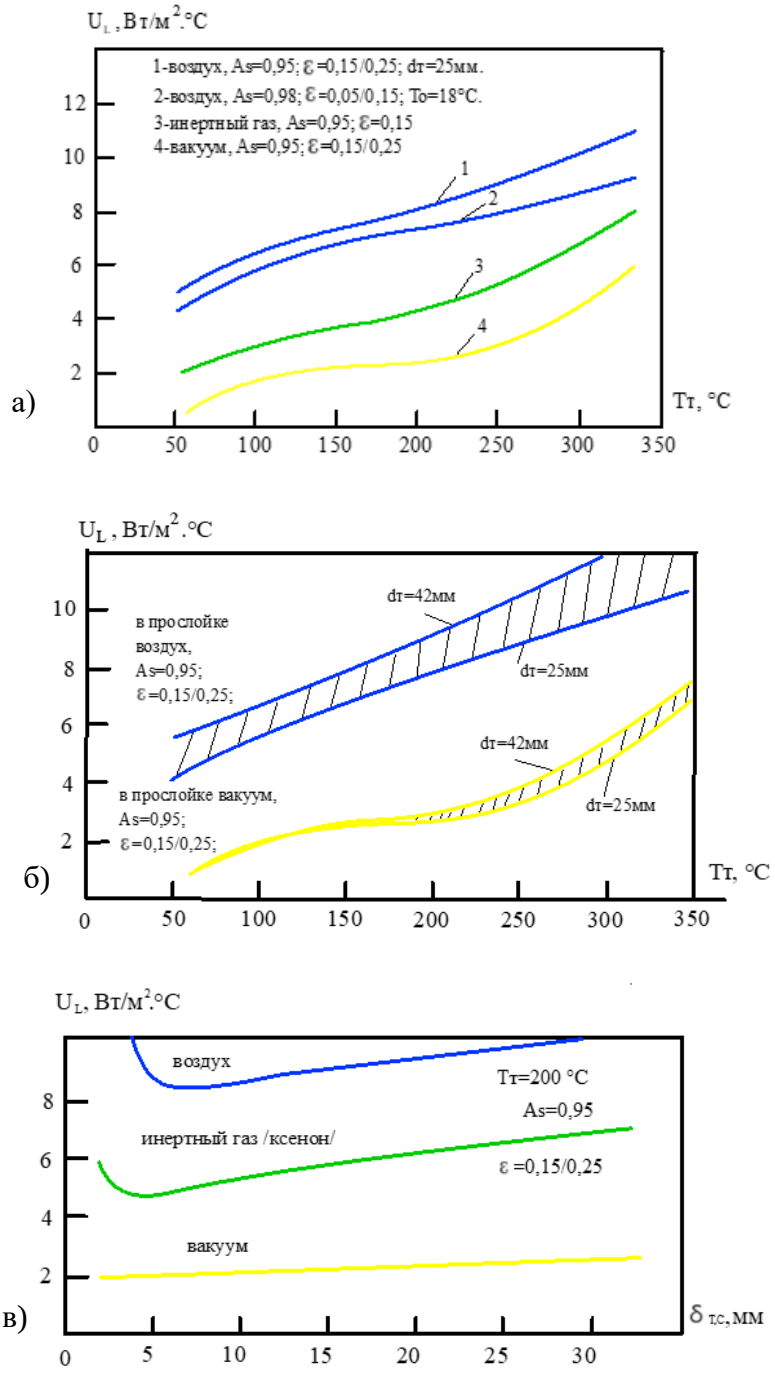


Рис. 1. Зависимость коэффициента тепловкх потерь от рабочей температуры при различных свойствах газовой прослойки и диаметра поглощающей трубы. : а-от температуры поверхности поглощения приёмника; б-от диаметра поглощающей трубы; в- от толщины зазора.

Полезная энергия. Переписывая уравнение баланса энергии (1), выразим полезную энергию $q_{ПОЛ}$, приходящуюся на единицу длины коллектора L, через локальную температуру приемника:

$$q_{ПОЛ} = \frac{F_3}{L} \cdot E_0 \cdot \eta_0 - \pi \cdot d_{T.H} \cdot U_L \left(T_T - T_0\right), \quad (18)$$

При этом КПД преобразования солнечной энергии в тепловую[5].

$$\eta_{ТЕП} = \eta_0 - \frac{U_L\left(T_T - T_0\right)}{E_0 \cdot C}, \quad (24)$$

где: $C = \frac{F_3}{F_П}$ коэффициент геометрической концентрации.

Для практических расчетов полезное тепло удобно представлять через температуры жидкости на входе в приемник, поскольку температура жидкости на входе обычно известна, для этого, исключив температуру T_T из уравнений (18), получим

$$q_{ПОЛ} = F' \frac{F_3}{L}\left[\eta_0 - \frac{U_L\left(T_Ж - T_0\right)}{C}\right], \quad (25)$$ где: $F' = \frac{U_0}{U_L}$ - эффективность коллектора [4].

Таким образом, по вышеприведенным формулам по заданной рабочей температуре приемника T_T, плотности солнечной радиации E_0, скорости ветра *V*, температуре окружающей среды - T_0, а также заданным геометрическим, оптическим и теплофизическим параметрам конструктивных элементов теплоприемника может быть произведен численный расчет теплопередачи и тепловые характеристики солнечной параболоцилиндрической установки.

Список литературы

[1]. Эргашев С.Ф. Солнечные параболоцилиндрические установки.-Ташкент: Изд-во Фан, 1995. - 1995.-203с.

[2]. Даффи Д. А., Бекман У. А. Тепловые процессы с использованием солнечной энергии /Под ред. Малевского Ю. Н. – М.: Мир, 1977. – 409 с

[3]. Тарнижевский Б.В., Кохова И.И., Эргашев С.Ф. и др. Испытания энергетического модуля солнечной параболоцилиндрической установки //ж. Гелиотехника. – Ташкент, 1982. – №5. – С. 19-24.

[4]. Юсупов Ё.А., Отакулов О.Х., Эргашев С.Ф. Обзор современного состояния измерения тепловых и энергетических характеристик параболоцилиндрических концентраторов Scientific-technical journal (STJ FerPI, ФарПИ ИТЖ, НТЖ ФерПИ, 2021, Т.25, -спец. №1)-С89-92

[5]. Клычев Ш.И., Мухитдинов М.М., Бахрамов С.А., Таджиев У.А., Эргашев С.Ф., Орунов Б., Клычева М.Ш. Методика расчёта системы параболоцилиндрический концентратор – трубчатый приёмник солнечных теплоэнергетических установок (Ч.1). // ж. Гелиотехника. – Ташкент, 2004. – №4. – С. 50-54.

ISSIQLIK ELEKTR STANSIYALARIDA HAVO-KONDENSATSIYA JIHOZLARINING NATIJADORLIGINI BAHOLASH

B.G‘. Soliyev

Farg‘ona davlat texnika universiteti
ORCID: 0009-0006-2219-5947
e-mail: bobonazarsoliyev@gmail.com

(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Chuchuk suvning global tanqisligi va atrof-muhitni muhofaza qilish qonunchiligining kuchayishi sharoitida issiqlik elektr stansiyalarida bug' turbinalarini sovutishning an'anaviy tizimlaridan foydalanganda suv sarfikeskin ortib bormoqda.. To'g'ridan-to'g'ri oqim tizimlari yirik suv havzalarining mavjudligini talab qiladi va ularning issiqlik bilan ifloslanishiga olib keladi, aylanma tizimlar esa suvning sezilarli darajada qaytarilmas yo'qotishlari va atmosferaga suv bug'ining chiqindilari bilan tavsiflanadi. Ushbu ish an'anaviy sovutish tizimlariga muqobil sifatida havo-kondensatsion qurilmalarni qo'llash samaradorligini kompleks tahlil qilishga bag'ishlangan. Maqolada ularning asosiy konstruktiv sxemalari ko'rib chiqilgan, qanotli quvurlarning turlari va ularni ishlab chiqarish materiallari tahlil qilingan. Tadqiqot natijalari havo-kondensatsion qurilmalarning nafaqat ekologik xavfsiz, balki iqtisodiy jihatdan ham maqsadga muvofiq ekanligini ko'rsatadi.*

Kalit so'zlar: *havo kondensatori, bug' turbinasi qurilmasi, issiqlik elektr stansiyasi, gaz-bug' qurilmasi, quruq sovutish, issiqlik uzatish koeffitsienti, suv iste'moli, issiqlik ifloslanishi, ekologik xavfsizlik, qoplanish muddati, kapital xarajatlar, ekspluatatsion xarajatlar.*

Аннотация. *В условиях глобального дефицита пресной воды и ужесточения природоохранного законодательства при использовании традиционных систем охлаждения паровых турбин на тепловых электростанциях наблюдается резкий рост расхода воды. Прямоточные системы требуют наличия крупных водоёмов и приводят к их тепловому загрязнению, тогда как оборотные системы характеризуются значительными безвозвратными потерями воды и выбросами водяного пара в атмосферу. Настоящая работа посвящена комплексному анализу эффективности применения воздушно-конденсационных установок в качестве альтернативы традиционным системам охлаждения. В статье рассмотрены их основные конструктивные схемы, проанализированы типы оребрённых труб и материалы их изготовления. Результаты исследования показывают, что воздушно-конденсационные установки являются не только экологически безопасными, но и экономически целесообразными.*

Ключевые слова: *воздушный конденсатор, паровая турбина, тепловая электростанция, парогазовая установка, сухое охлаждение, коэффициент теплопередачи, водопотребление, тепловое загрязнение, экологическая безопасность, срок окупаемости, капитальные затраты, эксплуатационные расходы.*

Abstract. *Under conditions of global freshwater scarcity and increasingly stringent environmental protection regulations, the use of conventional cooling systems for steam turbines at thermal power plants leads to a significant increase in water consumption. Once-through systems require the availability of large water bodies and cause thermal pollution, while recirculating systems are characterized by considerable irreversible water losses and the emission of water vapor into the atmosphere. This study is devoted to a comprehensive analysis of the effectiveness of using air-cooled condensers as an alternative to traditional cooling systems. The article examines their main design configurations and analyzes the types of finned tubes and the materials used for their manufacture. The research results demonstrate that air-cooled condensers are not only environmentally safe but also economically viable.*

Keywords: *air-cooled condenser, steam turbine, thermal power plant, combined cycle plant, dry cooling, heat transfer coefficient, water consumption, thermal pollution, environmental safety, payback period, capital costs, operating costs.*

1. Kirish. Issiqlik elektr stansiyalari dunyoning aksariyat mamlakatlari energetikasining asosidir. Biroq ularning faoliyati, birinchi navbatda, bug' turbinalarining kondensatorlarida chiquvchi bug'ni sovitish uchun ulkan hajmdagi suv iste'moli bilan uzviy bog'liq. Xalqaro energetika agentliklari ma'lumotlariga ko'ra, issiqlik energetikasi rivojlangan mamlakatlarda sanoat suv iste'molining 40-50% ini tashkil qiladi.

An'anaviy ravishda uchta asosiy sovutish tizimi qo'llaniladi:

a) to'g'ridan-to'g'ri oqim tizimi – suv tabiiy suv havzasidan (daryo, ko'l, dengiz) olinadi, kondensatordan o'tadi va qaytariladi, lekin allaqachon yuqori haroratda. Bu tizim eng sodda va arzon, ammo yirik suv manbai mavjudligini talab qiladi va atrof-muhitning sezilarli darajada issiqlik bilan ifloslanishiga olib keladi. Bundan tashqari, bir qator mintaqalarda jumladan Rossiyaning Yevropa qismining janubi, Markaziy Osiyo va Xitoyda erkin suv resurslari kamayib boryapti.

b) aylanma tizim (sovutish minorali) – suv yopiq kontur bo'ylab aylanadi, sovutish minoralarida suvning bir qismini bug'lanishi hisobiga sovutiladi. Bunday tizimlarda tuzlar va ifloslantiruvchi moddalarning to'planishi, atmosferaga suv bug'ining chiqindilari shuningdek, sovutish minoralari va suv tayyorlashning yuqori narxi. So'nggi o'n yilliklarda global iqlim o'zgarishi, ko'plab mintaqalarda qurg'oqchilikning kuchayishi va ekologik normalarning kuchayishi munosabati bilan havo kondensatorlariga qiziqish sezilarli darajada oshdi. Yevropa mamlakatlarida (Germaniya, Fransiya, Niderlandiya), AQSh, Janubiy Afrika Respublikasi, Avstraliya va Xitoyda quruq tipdagi kondensatorlarning har xil turdagi elektr stansiyalarida muvaffaqiyatli ishlatilmoqda. Yurtimizda, ayrim hududlarda keng suv resurslari mavjudligiga va boshqalarida o'tkir tanqislikka qaramasdan, havo kondensatorlari hali keng sanoat qo'llanilishini topmagan. Bu loyihalash va ishlab chiqarish bo'yicha mahalliy tajribaning yo'qligi, shuningdek, loyiha tashkilotlarining konservatizmi bilan bog'liq. Tadqiqot natijalari suv resurslari tanqis bo'lgan hududlarda yangi IES

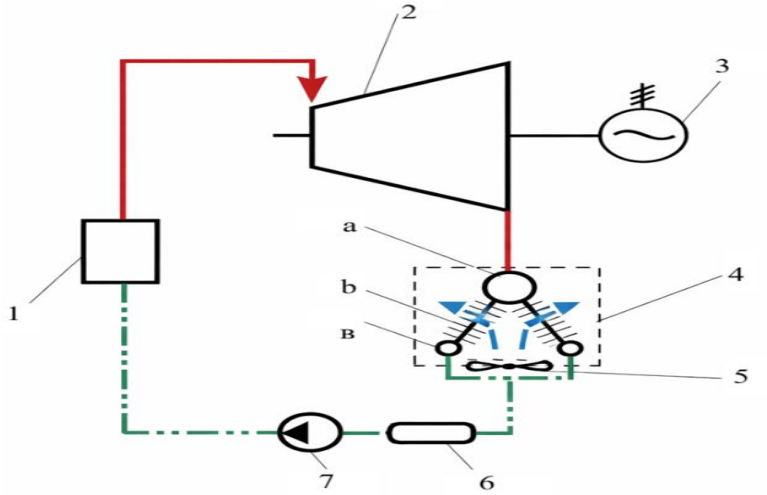
larni loyihalashda, shuningdek, suv iste'molini kamaytirish va ekologik ko'rsatkichlarni yaxshilash maqsadida mavjud stansiyalarni modernizatsiya qilishda qo'llanilishi mumkin.[1-3]

2. Havo kondensatorlarining konstruktiv xususiyatlari va issiqlik-texnik ko'rsatkichlari. Havo kondensatori – bu qayta tiklanuvchi issiqlik almashinish apparati bo'lib, unda suv bug'ining kondensatsiyasining fazaviy o'tish issiqligi atmosfera havosiga uzatiladi. kondensatorning yuqori bug' kollektoriga kiradi. Kollektordan bug' gorizontal yoki ozgina qiyalik bilan joylashgan qovurg'ali quvurlar tizimi bo'ylab taqsimlanadi. Ventilyatorlar atmosfera havosini quvur to'plamlari bo'ylab haydaydi. Quvurlar ichida bug' kondensatsiyalanadi, hosil bo'lgan kondensat pastki kollektorlarga va keyin kondensat yig'uvchiga tushadi, u erdan oziqlantiruvchi nasos bilan qozonga qaytariladi.

Havo-kondensatsion qurilmalar konstruktiv tuzilishiga ko‘rsa ikki xil turga bo‘linadi:

- bir bosqichli sxemada bug' quvurlarga faqat yuqori kollektordan beriladi. Kondensat va kondensatsiyalanmagan gazlar pastki kollektordan chiqariladi. Bug'-havo aralashmasi va kondensatning quvurlardagi harakati – pastga qarab. Bu sxema konstruktiv jihatdan sodda, lekin gazlarni chiqarish samaradorligi past, bu esa gaz qatlami tufayli issiqlik almashinuvining yomonlashishiga olib kelishi mumkin.
- ikki bosqichli sxemada kondensatsiya bug' bo'ylab ketma-ket joylashgan ikkita quvur to'plamida amalga oshiriladi. Avval bug' birinchi bosqich to'plamiga kiradi, u erda bug'ning asosiy massasi kondensatsiyalanadi. Qolgan bug'-havo aralashmasi ikkinchi bosqich to'plamiga (odatda intensivroq qanotli va gazlarni chiqarish uchun yaxshiroq sharoitlarga ega) yo'naltiriladi. Ikki bosqichli sxema chuqurroq vakuum va yaxshi issiqlik-texnik ko'rsatkichlarga erishish imkonini beradi, lekin ishlab chiqarishda murakkabroq va qimmatroq [4-6].

Havo kondensatsion qurilma bilan bug' turbinasi qurilmasining soddalashtirilgan sxemasi quyidagi asosiy elementlarni o'z ichiga oladi:



1-rasm. Havo-kondensatsion qurilma bilan jihozlangan issiqlik elektr stansiyasining prinsipal sxemasi. 1-bug' qozoni; 2-bug' turbinasi; 3-elektr generatori; 4-havoli bug‘ kondensatori; 5-ventilyatorlar; 6-kondensat yig'uvchi; 7-ta’minlovchi nasos.

Havo tomondan issiqlik berish koeffitsiyenti kondensatsiyalanuvchi bug' tomondan ancha past bo'lganligi sababli, bu kamchilikni qoplash uchun quvurlarning tashqi yuzasi qanotlar bilan jihozlanadi. Quvurlarning ko'ndalang kesim shakli quyidagicha bo'lishi mumkin:

- dumaloq – ishlab chiqarishda eng sodda, lekin aerodinamika va ixchamlik nuqtai nazaridan eng kam samaradorlikka ega;
- tuxumsimon – yaxshiroq aerodinamik qarshilik, to'plamda ixchamroq joylashtirish;
- tekis-tuxumsimon – gidrodinamik va issiqlik-texnik xususiyatlarning optimal kombinatsiyasi.

Qovurg‘ali quvurlar konstruksiyalarining evolyutsiyasi quyidagi asosiy turlarni o'z ichiga oladi:

- ko'ndalang-vintli naqsh – alyuminiy qanot po'lat tayanch quvurga naqshlanadi. "Qanot-devor" yaxshi issiqlik kontaktini ta'minlaydi.
- lentaning spiral o'rami – alyuminiy yoki po'lat lenta tortish ostida gardishli asos bilan o'raladi.
- plastinalarning qo'nishi – to'rtburchak plastinalar (po'lat, keyinchalik ruxlash bilan) quvurga o'tkaziladi.

Havo kondensaatsion qurilmalarda o'rtacha issiqlik uzatish koeffitsienti konstruksiyaga, havo tezligiga va ish rejimiga qarab 16-42 Vt/(m²·K) oralig'ida. Suv bilan sovutiladigan

kondensatorlarda k 1000-3000 Vt/(m²·K) ga etadi. Aynan shuning uchun havo kondensatsion qurilmalarning issiqlik almashinuvi yuzasi bir xil issiqlik yuklamasida suv kondensatoriga nisbatan 20-50 marta katta.

Issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitisenti qiymatiga quyidagilar ta'sir qiladi:

- havo tezligi (optimal diapazon 2-5 m/s);
- qovurg‘alarning turi va geometriyasi;
- qovurg‘a-devor issiqlik kontaktining sifati;
- sirtda moy yoki oksid plyonkalarining mavjudligi;
- tashqi yuzaning ifloslanish darajasi.

3. Havo kondensatorlarini qo'llashning ekologik jihatlari. An'anaviy sovitish tizimlari ulkan hajmdagi suv iste'mol qiladi. 1000 MVt quvvatga ega kondensatsion elektr stansiyasi to'g'ridan-to'g'ri oqim sovutishda suv havzasidan taxminan 50-60 m³/s suv oladi. Sovitish minorali aylanma tizimda suvning qaytarilmas yo'qotishlari taxminan 3-5 m³/s ni, ya'ni yiliga 100-150 mln m³ ni tashkil qiladi.

Havo kondensatsion qurilmalarni qo'llash suv iste'molini 1-2 darajaga – 1000 MVt ga 0,05-0,1 m³/s gacha kamaytirish imkonini beradi.[4-7]

To'g'ridan-to'g'ri oqim tizimlari suv havzalariga 8-12 °C ga isitilgan suvni tashlaydi, bu quyidagilarga olib keladi:

- ekotizimning o'zgarishi (sovuqsevar baliq turlarining nobud bo'lishi);
- suv havzalarining evtrofikatsiyasi (gullashi);
- kislorod rejimining buzilishi.

Havo kondensatorlari suv obyektlarining issiqlik bilan ifloslanishini butunlay istisno qiladi. Sovutish minoralari atmosferaga 1000 MVt ga 1,5-2,0 m³/s gacha suv bug'ini chiqaradi, bu tumanlar va muzlashning paydo bo'lishiga olib keladi. Havo kondensatsion qurilmalar suv bug'i chiqindilariga ega emas. Sovuq iqlim sharoitlari uchun havo kondensatsion tizimlarning ana’naviy sovutish minoralariga nisbatan afzalliklarga ega, chunki ular muzlashga bo'lmaydi. Kondensatning quvurlarda muzlashi muammosi quyidagilar yordamida hal qilinadi:

- issiq havoning resirkulyatsiyasi;
- minimal issiqlik yuklamasini ta'minlash;
- isitiladigan kollektorlardan foydalanish;
- ventilyatorlar aylanish tezligini avtomatik boshqarish.

Hisob-kitoblar uchun elektr quvvati 80 MVt bo'lgan gaz-bug' qurilmasi olindi. Uning o‘rnatilgan quvvatdan foydalanish koeffisiyenti 6800 soat/yil deb olinsa quyidagilar kelib chiqadi.

2-jadval.

Havo kondensatorli jihozlarni qurilishi uchun kapital xarajatlar

Uskunalar nomi	Narxi, mln so‘m	Ulushi, %
Gaz turbinasi GTE-45	394	29,6
Bug' turbinasi T-35-7,7	342	25,7
Utilizatsion qozon	354	26,6
Turbogenerator	290	21,8
Armatura va quvurlar	120	9,0
Qurilish xarajatlari	120	9,0
Jami	1330	100

Yillik elektr energiyasi ishlab chiqarish:

$$E_{yil} = N \cdot t_{yillik} = 80 \times 6800 = 544 \text{ mln kVt·soat}$$

O'z ehtiyojlari uchun sarf (12%):

$$E_{oe} = 0{,}12 \times 544 = 65{,}3 \text{ mln kVt·soat}$$

Elektr energiyasini uzatish:

$$E_{uz} = 544 - 65{,}3 = 478{,}7 \text{ mln kVt·soat}$$

3-jadval.

Yillik ekspluatatsion xarajatlar tarkibi

Xarajatlar moddasi	Summasi, mln so‘m	Ulushi, %
Yoqilg'i	545,9	80,5
Amortizatsiya	44,0	6,5
Ta'mirlash	8,8	1,3
Ish haqi	13,6	2,0
Ijtimoiy ajratmalar	4,1	0,6
Boshqa xarajatlar	61,6	9,1
Jami	677,6	100

Elektr energiyasini sotishdan tushgan tushum (tarif 1000 so‘m/kVt·soat):

$$T = 1000 \cdot 478{,}7 = 4787 \text{ mln so‘m}$$

Yalpi foyda:

$$F = 4787 - 677{,}6 = 4109{,}4 \text{ mln so‘m}$$

Foyda solig'i (20%):

$$S_f = 0{,}20 \cdot 4109{,}4 = 821 \text{ mln so‘m}$$

Sof foyda:

$$F_{sof} = 279{,}8 - 55{,}96 = 3288{,}4 \text{ mln so‘m}$$

O‘zini o‘zi qoplash muddati:

$$T_{qop} = \frac{3222{,}4}{542{,}49} = 5{,}94 \text{ yil}$$

Bu qiymat energetika loyihalari uchun maqbul hisoblanadi.

4. Muhokama va natijalar. Barcha ma’lumotlarni tahlil qilib quyidagilarga e’tibor berish kerakligi kelib chiqadi:

- shovqin – 10 m masofada 85-95 dB gacha, shovqinni pasaytirish talab etiladi.
- qovurg‘alarning ifloslanishi – davriy tozalash yiliga 1-4 marta talab qilinadi.

4-jadval.

Bilvosita quruq tizim bilan taqqoslash

Parametr	To'g'ridan-to'g'ri tizim	Bilvosita tizim
Issiqlik almashinish qurilmalari soni	1	2
Issiqlik almashinuvi yuzasi	etalon	25-30% katta
Tizim murakkabligi	pastroq	yuqori
Kapital xarajatlar	pastroq	yuqori

6. Xulosa. Bajarilgan kompleks tahlil quyidagi asosiy xulosalarni chiqarishga imkon beradi:

- havo-kondensatsion qurilmalarni qo'llash suv iste'molini 1-2 darajaga kamaytirishga, suv havzalarining issiqlik bilan ifloslanishini va atmosferaga suv bug'ining chiqindilarini butunlay bartaraf etishga imkon beradi. Bu havo kondensatsion qurilmalarni suv resurslari tanqis bo'lgan va yuqori ekologik talablarga ega hududlar uchun yagona mumkin bo'lgan yechimga aylantiradi.
- havo kondensatsion qurilmalarning zamonaviy konstruksiyalari 42 Vt/(m²·K) gacha issiqlik uzatish koeffitsientini va –50 dan +40 °C gacha harorat oralig'ida ishonchli ishlashni ta'minlaydi.
- ushbu texnologiyani O‘zbekistonning suv tanqisligi yuqori bo‘lgan hududlari uchun qo‘llash orqali mavjud suv resurslarini tejash potensialini orttirish mumkin.

Adabiyotlar

[1]. Тепловые и атомные электрические станции. А.С. Матвеев. Учебное пособие. Издательство ТПУ. 2009

[2]. Электронны й учебно-м етодический комплекс по учебной дисциплине «Тепловы е электрические станции» для специальности 1-53 01 04 «Автоматизация и управление теплоэнергетическим и процессам и» [Электронный ресурс] / Б елорусский национальный технический университет, К аф едра «Тепловы е электрические станции» ; сост.: Н. Б. Карницкий, С. А. Качан. - М инск : БН ТУ , 2021.

[3]. К удинов, А .А . Тепловы е электрические станции: схемы и оборудование : уч ебн ое п особи е для студентов высших учебны х заведений, обучаю щ ихся по направлению подготовки 13.03.01 "Теплоэнергетика и теплотехника" /А .А . К удинов. - Москва: И Н Ф РА -М , 2018. - 323 с.
[4]. Cooling Tower Fundamentals._John C. Hensley._SPX Cooling Technologies, Inc. Overland Park, Kansas USA. 2025
[5]. Cooling Towers. A. Bhatia, B.E. An Approved Continuing Education Provider 2021
[6]. Cooling Tower Performance Evaluation. D G KrogerWRC Report No. 478/1/96 ISBN 1 86845 230. 2024
[7]. “Heat Transfer text book” John H. Lienhard Version 5 date 17 August 2019

DEVELOPMENT OF AN INSTALLATION FOR CHECKING AND CALIBRATION OF LEVEL GAUGES

P.M. Matyakubova, M.M. Makhmudjonov, doctoral student Kh.D. Muminov

Tashkent State Technical University named after I.A. Karimov
E-mail: tgtu_mss@rambler.ru, ORCID: 0000-0003-3352-6335
E-mail: mirolim.muhammad.92@gmail.com, ORCID: 0000-0002-0750-715X
E-mail: x.muminov.11@gmail.com, ORCID: 0009-0003-2116-8128
(Received on April 4 th, 2026)

Annotation: *This article is devoted to the research into the scientific justification and development of a new design of a reference device for verification and calibration of level gauges.*

Based on the analysis and taking into account all the advantages and disadvantages of known methods and devices, a reference device with a simplified design and low error for verification and calibration of liquid level measuring instruments has been developed. The proposed device pertains to devices for verification and calibration of liquid level measuring instruments, determining the recovery distance of a unit of length (level) by comparing the indicators of a reference length (level) measuring instrument and a verified or calibrated level measuring instrument during comparison and calibration of level measuring instruments.

Keywords: *reflector, laser interferometer, laser rangefinder, reproduction, reference point, instrument compartment, electric drive, standard rangefinder.*

Аннотация: *Данная статья посвящена научному обоснованию и разработке новой конструкции эталонного устройства для поверки и калибровки уровнемеров. На основе анализа существующих методов и устройств с учетом их преимуществ и недостатков разработано эталонное устройство с упрощённой конструкцией и низкой погрешностью, предназначенное для поверки и калибровки средств измерения уровня жидкости. Предлагаемое устройство относится к средствам поверки и калибровки уровнемеров и позволяет определять расстояние воспроизведения единицы длины (уровня) путём сравнения показаний эталонного средства измерения длины (уровня) и проверяемого или калибруемого уровнемера при проведении поверки и калибровки средств измерения уровня.*

Ключевые слова: *рефлектор, лазерный интерферометр, лазерный дальномер, воспроизведение, эталонная точка, приборный отсек, электрический привод, эталонный дальномер.*

Annotatsiya: *Mazkur maqola sath o‘lchagichlarini qiyoslash va kalibrlash uchun mo‘ljallangan etalon qurilmaning yangi konstruksiyasini ilmiy asoslash va ishlab chiqishga bag‘ishlangan.*

Maqolada mavjud usullar va qurilmalar tahlili asosida ularning afzallik va kamchiliklari hisobga olinib, suyuqlik sathini o‘lchash vositalarini qiyoslash va kalibrlash uchun soddalashtirilgan konstruksiyaga hamda past xatolik ko‘rsatkichiga ega etalon qurilma ishlab chiqilgan. Taklif etilayotgan qurilma suyuqlik sathini o‘lchash vositalarini qiyoslash va kalibrlashga mo‘ljallangan bo‘lib, sath o‘lchash vositalarini qiyoslash jarayonida etalon uzunlik (sath) o‘lchash vositasi ko‘rsatkichlari bilan tekshirilayotgan yoki kalibrlanayotgan sath o‘lchash vositasi ko‘rsatkichlarini taqqoslash orqali uzunlik (sath) birligini qayta tiklash masofasini aniqlash imkonini beradi.

Kalit so‘zlar: *reflektor, lazer interferometri, lazer masofa o‘lchagichi, qayta tiklash, etalon nuqta, asboblar bo‘limi, elektr yuritma, etalon masofa o‘lchagich.*

Introduction.

Measuring the level of liquids plays an important role in the automation of technological

processes in many industries. In some cases, the level must be measured with high accuracy and over a wide range. Many different methods and devices (float, hydrostatic, capacitive, acoustic, etc.) are used to measure the level, th+e possibilities of using which are determined by technological requirements (range, accuracy, fire and explosion safety, etc.). Therefore, in many technological processes it is necessary to use a set of methods and devices that are different in principle of operation, which complicates the design of measuring devices and increases the cost of measuring systems.

Based on a thorough analysis and taking into account all the advantages and disadvantages of known methods and devices, a device has been developed for restoring the unit of level (length) for verification and calibration of level gauges [2].

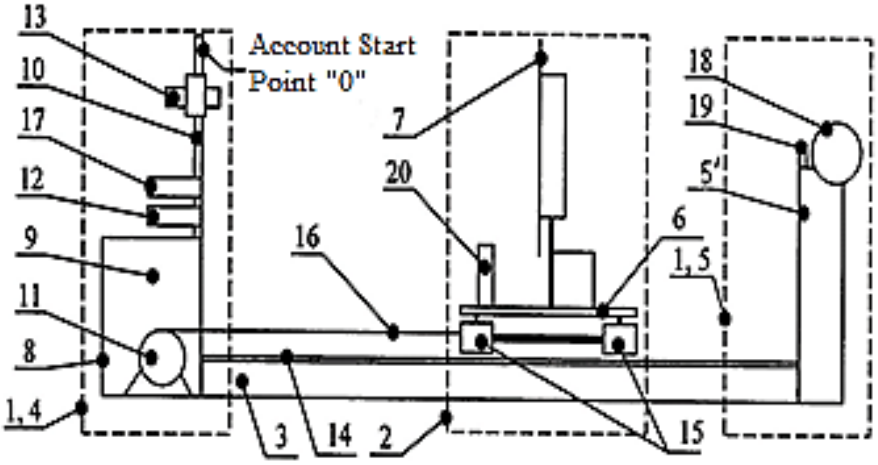


Figure 1. Schematic representation of the level measurement standard.

Methods.

Let us consider the options for implementing the laser-television method of liquid level control. 1. Control by one mark. This is possible if the mark is created by a laser beam strictly parallel to the main optical axis of the television camera and perpendicular to the controlled surface. In this case, the focal length is known. In this case, when the level is shifted along the Z axis, the coordinates of the mark X_i and Y_i do not change. Then the level and the coordinates of the mark will be related by relations.

$$\mu = XifZm, \qquad \eta = YifZm \tag{1}$$

$$H = Zn - f \cdot (1 + X), \tag{2}$$

$$H = Zn - f \cdot (1 + Y), \tag{3}$$

From formulas (1), (2) it is clear that measurements can be carried out on any coordinate of the mark. To carry out the measurement procedure, it is necessary to set the initial value of the coordinate of the mark with known values Z_m of X_i, Y_i, f.

$$\mu = XifZm-, \qquad \eta = YifZm- \tag{4}$$

The device for comparing and calibrating level measuring instruments (Fig. 1) includes a fixed part 1, a movable part 2 and a linear part 3. The fixed part 1 is made of two blocks 4 and 5. The movable part 6 is made in the form of a base with adjustable supports, to which a reflector 7 is attached with the possibility of moving along the linear part 3. In this case, the block 4 of the fixed part 1 is located in front of the reflector 7, opposite it and is made in the form of a vertically installed metal frame 8, in which the instrument compartment 9 and the fixed base 10 (not shown in the drawing) for placing the control devices are located. An electric drive 11, a reference level gauge 12 and a verified level gauge 13 are fixed on a fixed base 10. The second block 5 of the fixed part 1 is installed behind the reflector 7. The linear part 3 is made in the form of linear guides 14, which consist of metal profiles (rails) for moving the movable part 6 and are attached to the base 10 of the fixed part 1 on one side [3,4].

The movable part 6 moves along the linear part 3 on rollers placed on supports 15. In this case, the movable part 6 is connected to the electric drive 11 by means of a metal cable 16. The reflector 7 is rigidly connected to the movable base 6. The device for measuring the distance from the movable part 6 to the fixed part 4 is a standard level gauge 12 in the form of a laser rangefinder or laser interferometer, which is also fixed on the fixed part 1 on the base 10. The second block 5 of

the fixed part 1, located behind the reflector 7, is made in the form of a vertically installed fixed element and is rigidly connected to the second side of the linear part 3.

The standard laser rangefinder is rigidly mounted on a 12-foot fixed base 10, has a measuring range of up to 40 m and is used to measure distances with an error of ±1 mm.

When using a 12" laser interferometer fixed to a base 10 as a reference level meter, to determine the starting point of its measurements, a laser rangefinder 17 with a measurement range of no more than 0.2 m is additionally included in the device, which is also fixed to a fixed base 10. When measuring distances, the laser rangefinder 17 and the 12" laser interferometer are used with an error of ±0.3 mm.

When comparing and calibrating wave level gauges, a coil 18 for pulling the waveguides of the level measuring instruments and stoppers 19 for fixing the force of their pulling can be placed on the second block 5 of the fixed part 1, installed behind the reflector 7 and made in the form of a vertical fixed element [1,6].

The proposed model of the device relates to instrument engineering, in particular to devices for testing and calibrating liquid level measuring instruments, which, when comparing and calibrating level measuring instruments, determine the restoration distance of a unit of length (level) by comparing the readings of a standard length (level) measuring instrument and a verified or calibrated level measuring instrument.

A device for checking and calibrating level measuring instruments, “LEVEL GAUGES CHECKING STAND” (“LEVEL GAUGES CHECKING STAND”), is known, described in the patent for utility model RU140028U1, manufactured by ElMetro-Engineering LLC, Russia (see Appendix).

The known device for checking and calibrating level measuring instruments “Level Gauge Checking Stand” manufactured by ElMetro-Engineering LLC, shown in Figure 1, consists of: a linear part 1 with a fixed base 2 rigidly fixed to it, providing for connection of the level gauges being checked, and a movable part 3 with a base 4 rigidly fixed to it. The linear part 1 is made in the form of metal profiles fixed to supports. The level 5 being checked is fixed to the fixed base 2 of the linear part 1; a reflector 6 is fixed to the base 4 of the movable part 3, in which the level 5 being checked is installed in such a way that its horizontal axis is perpendicular to the plane of the reflector 6. The movable part 3 is intended for moving the reflector 6 in the horizontal plane along the linear part 1 and is provided with elements for fixing it at specified points [8].

To measure the distance from the movable part to the fixed part of the stand, a device is provided in the form of a magnetic tape 7, placed on the linear part of the stand 1, and a linear displacement transducer 8 fixed on the movable part 3, intended for reading the magnetic tape readings and consisting of a linear encoder. The stand is equipped with temperature sensors 9 and, if necessary, an air circulation system 10. In the fixed base 2 of the linear part of the stand, longitudinal openings 11 can be made for the possibility of attaching level gauges of various types 5 (not shown in the drawing). A position sensor 12 is also located here. In the movable part of the stand 3, a reflector 6 is fixed to the base 4 by means of a spherical hinge 13.

A disadvantage of the known device is the placement of magnetic tape 7 on the linear part 1, which leads to the transfer of deviations in the linearity of the linear part to the magnetic tape, so the magnetic tape requires adjustment during operation. Another disadvantage of the magnetic tape is the need for an air circulation system 10 in the stand to account for and reduce linear thermal expansion, which affects the readings of the temperature sensors 9 and the rangefinder. Another disadvantage of the known device is the presence of a spherical hinge 13, which leads to a decrease in the rigidity of the system compared to a single-bolt fastening.

The closest in technical essence for verification and calibration of level gauges as a prototype is the “Metrological stand for verification and calibration of level gauges and level alarms” manufactured by JSC “Technow” Russia.

The known device includes: a linear part with elements for connecting the tested level sensors and a movable part, a returner and means for moving the returner in a horizontal plane along a fixed linear part of the stand, a metal screen is fixed to the pedestal, a device for connecting the level

sensor to the linear part of the stand, the movement of the movable part is carried out by means of a precision step transmission with a gear made of polyurethane, in which a pressure measurement unit is installed on precision guides of the linear part for using a laser interferometer, a reference sensor is installed for determining the reference point [7].

To carry out measurements using a laser interferometer, a linear retroreflector is attached to the movable part of the support frame. The laser interferometer or laser rangefinder is located behind the reflector and is attached to the floor using a pedestal not connected to the main frame of the stand. To work with contact (capacitive) level gauges, the stand has a tension system, including an electric traction with a tension sensor installed on the pedestal.

The disadvantage of the prototype is the complexity of the design, associated with the following design elements:

- the presence of a control sensor to determine the reference point;
- the need to attach the laser interferometer to the floor using a separate pedestal, not connected to the main frame of the stand via an optically adjustable platform;
- installing a standard laser interferometer or laser rangefinder behind a reflective surface;
- the fixed part must be made in the form of a solid metal shield;
- the presence of a precision stepper drive with a reinforced toothed belt for moving the moving part along precision carriages and guides.

In this case, the installation of the reference sensor leads to the fact that the measuring system is not connected to the fixed base, which leads to the appearance of additional errors. The laser interferometer or laser rangefinder in the prototype is rigidly fixed to the floor behind the reflector, is not connected to the linear part of the stand, which also leads to additional errors in the positioning of the system in stationary conditions of unconnected elements. In addition, the placement of the reference laser interferometer and laser rangefinder behind the reflector surface leads to the need to recalculate the readings of the reference devices, which also leads to the appearance of additional, non-excluded systematic measurement errors. Therefore, the task is to simplify the design, while reducing the errors of verification and calibration [5].

The problem is that in the device for verification and calibration of level measuring instruments, including a fixed part with an instrument compartment consisting of two blocks, one of which is located in front of the reflector and on which the verified level meter is installed, and the second block of the fixed part is installed behind the reflector, an electric drive with an adjustable base, capable of movement, installed opposite the verified level meter, rigidly connected to the fixed part on one side in the form of linear guides made of metal profiles for moving the movable part along them, a distance meter from the movable part to the fixed part, which is a reference level meter, and also installed in the front part of the block, respectively, the reflected part - the reflected instrument compartment and the verified level meter installed on it and the electric drive located behind it, the reference level meter and the second block of the fixed part are made in the form of a vertically installed metal frame, which is rigidly fixed. The reflector is rigidly fixed on the second side of the linear part and is made in the form of a rigid vertical element, and the electric drive is connected to the movable part by means of a cable.

In this case, a laser rangefinder can be used as a level [9].

A laser interferometer can also be used as a reference level meter, for which purpose the device can include an element for determining the starting point of the laser interferometer, which is a laser rangefinder with a measurement range of up to 0.2 m, rigidly fixed to the fixed base 15 of the first block of the fixed part.

In addition, when comparing and calibrating waveguide level meters, a pulley for tensioning the waveguides of the level meters and stoppers for recording the force of their tension can be placed in the second block of the fixed part, which is installed behind the reflector and is made in the form of a vertical fixed element.

The fixed part of the device consists of the first block, placed in front of the converter, made in the form of a metal frame with the tested device rigidly fixed to it, and a fixed base, to which the electric drive and the reference level meter are rigidly fixed, as well as the second block of the fixed

part, made rigidly fixed together with the second side of the linear part, in a simpler design, which makes it possible to avoid additional errors caused by the unstable arrangement of the elements of the measuring system.

The technical result is a simplification of the design while increasing the accuracy of comparison and calibration.

The proposed device is innovative in comparison with the prototype and differs from it by such essential features as the fact that the block of the fixed part, located in front of the reflector, is made in the form of a vertically installed metal frame and a fixed base with an instrument compartment and a verified level meter attached to it, the electric drive, the reference level meter are rigidly fixed on this base, the second block of the fixed part, located behind the reflector, is rigidly connected to the second side of the linear part and is made in the form of a fixed vertical element on which a reel for pulling the level measuring means, a pulley for pulling the waveguides and stoppers for recording the force of their pulling are placed, the electric drive is connected to the movable part by a cable ensuring the achievement of the specified result [10,11].

The proposed device can be used for metrological purposes for comparison or calibration of level measuring instruments, and it meets the criterion of “industrial application”.

The model is illustrated by a drawing, which shows the basic diagram of the device.

The device for comparing and calibrating level measuring instruments includes a fixed part 1, a movable part 2 and a linear part 3. Fixed part 1 consists of two blocks 4 and 5. Movable part 2 includes an adjustable support base 6, to which a returner 7 is fixed with the possibility of moving along the linear part 3. In this case, block 4 of fixed part 1 is located in front of returner 7 and is made in the form of a vertically installed metal frame 8 with an instrument compartment 9 for placing control devices (not shown in the drawing) and a fixed base 10.

An electric drive 11, a reference level gauge 12 and a tested level gauge 13 are secured to a fixed base 10. The second block 5 of the fixed part 1 is installed behind the return 7. The linear part 3 is made in the form of linear guides 14, which consist of metal profiles (rails) intended for movement of the movable base 6 along them and connected on one side to the base 10 of the fixed part 1. The movable part 2 moves along the linear part 3 on rollers located on supports 15. In this case, the movable part 2 is connected to the electric drive 11 using a metal cable 16. The return 7 is secured to the movable base 6.

The device for measuring the distance from the moving part 2 to the fixed part 4 consists of a reference level 12 in the form of a laser rangefinder or laser interferometer, which is also fixed on the fixed part 1 - base 10. The second block 5 of the fixed part 1, located behind the reflector 7, is made in the form of a vertically installed fixed element 5' and is connected to the second side of the linear part 3 by a pair of rods.

The standard laser rangefinder is mounted on a 12ft x 10ft high stationary base, has a measuring range of up to 40m and is used to measure distances up to 20 with an accuracy of ±1mm.

When using a 12" laser interferometer fixed to a base 10 as a reference level meter, a laser range finder 17 with a measurement range of no more than 0.2 m is additionally included in the device to determine its measurement points, which is also installed on a fixed base 10 [12].

Laser rangefinder 17 and laser interferometer 12 are used to measure distances with an error of ±0.3 mm.

When comparing and calibrating waveguide level meters, a pulley 18 for tensioning the waveguides of the level measuring instruments and a stopper 19 for recording the force of their tension can be placed in the second block 5 of the fixed part 1, installed behind the reflector 7 and made in the form of a fixed vertical element 5'.

The device for comparison and verification of level measuring instruments operates as follows.

The verified or calibrated level measuring device 13 is secured on the fixed base 10 of the fixed part 1. The movement of the movable part 2 along the linear part 3 is carried out using the electric drive 11 and the metal cable 16. The reflector 7 simulates the position of the level, the distance to the reflective surface 7 is measured by the laser rangefinder 12'. To measure the position

of the reflective surface with high accuracy, the laser rangefinder 17 and the laser interferometer 12" with the reflective element 20 are used. The movement of the movable part 2 can be carried out manually and automatically.

For manual movement of the movable part 2, it is necessary to disconnect the cable 16 from the movable part 2. To check the flexible waveguide level meters 13, the tension of the waveguides is carried out using the pulley 18 and the stopper 19, located behind the return 7 in the fixed block 5 of the fixed part 1. The readings of the length meters 12', or 12" and 17 are compared with the readings of the level meters being checked using the direct comparison method [13].

The device, which is developed for verification and calibration of level measuring instruments, is significantly simpler in design than the prototype and is considered more accurate due to the installation of measuring instruments of length 12, or 12” and 17” on the fixed part 1, linear part 3, movable part 2, and also on the fixed part 1 in front of the deflector 7.

Results and conclusion:

1. A device for comparing and calibrating level measuring instruments, comprising a fixed part with an instrument compartment made of two blocks, one of which is located in front of a reflector and on which a verified level gauge is fixed, and the second block of the fixed part is installed behind the reflector, an electric drive for moving the movable part, made in the form of a base with adjustable supports, a reflector fixed on it with the possibility of moving towards the verified level gauge, a linear part in the form of linear guides made of metal profiles, rigidly connected to the fixed part, for moving the movable part along them, a measuring device for measuring the distance from the movable part to the fixed part, which also consists of a reference level gauge fixed on the fixed part, characterized in that in this case the reflector is placed in front of the reflector. The fixed part block is made in the form of a vertically installed metal frame, in which the instrument compartment and the verified level gauge are placed, as well as a fixed base, in which the electric drive, the reference level gauge, and the second fixed part block, located behind the return, are rigidly connected to the second side of the linear part and are made in the form of a fixed vertical element, in which the electric drive is connected to the movable part by means of a cable.

The device according to item 1 is distinguished in that a laser rangefinder is used as a reference level meter.

The device according to item 1 is distinguished in that a laser interferometer is used as a reference level meter, and the device additionally includes an element for determining the starting point of the laser interferometer, which is a laser rangefinder with a measurement range of up to 0.2 m, fixed to the fixed base of the first block of the fixed part.

The device according to item 1 is distinguished in that, when comparing and calibrating waveguide level meters, a pulley for pulling the waveguides of the level measuring devices and stops for recording the force of their pulling are placed on the fixed vertical element of the second side part of the fixed part.

References

[1]. Matyakubova PM, Jumanazarov AR, Saidoripov LF, Mo‘minov XD Sath o'lchagichlarni zamonaviy usullar yordamida qiyoslash // O'zbekiston respublikasi adliya vazirligi No. DGU 54373. O'zbekiston Respublikasining Dasturiy mahsulotlar davlat reyestrida 08/29/2025 y. ro'yxatdan o'tkazilgan.

[2]. P.M.Matyakubova, L.F.Saidaripovich. O'lchash asboblarini metrologik ta'minoti. Etalonlar // Monografiya. Toshkent-2023. 71b.

[3]. Tashmatov H.K., Azimov R.K. Float flow meters for open channels of irrigation systems // Sensors and systems. 2008. No. 5. P. 31-32.

[4]. Kolesnikov N.V. Kudryashov M.I. Sivoy. V.I. Liquid level control on ships. L.: Sudostroenie, 1969. 194 p.

[5]. Bobrovnikov G.N. Katkov A.G. Methods of level measurement. Moscow: Mashinostroenie, 1977, 167 p.

[6]. Khansuvarov K.I. Zeitlin V.G. Technique for measuring pressure, flow rate, quantity and level of liquid, gas and steam: textbook. Moscow: Publishing house of standards, 1990. 287 p.

[7]. Zhumanazarov A.R., Saidoripov L.F. Design and development of a simple, efficient, low-cost embedded liquid level measurement system // Innovations in the oil and gas industry. Vol. 5, Issue 1. No. 1 | 2024. 36-44 p.http://dx.doi.org/10.5281/zenodo.14565615.

[8]. Matyakubova, PM, Ismatullaev, PR, Avezova, NI, Makhmudzhonov, MM Block Diagram of APCS of Installations for Wet-Heat Processing of Grain Products. Journal of Engineering Physics and ThermophysicsOpen source preview, 2023, 96(6), pages 1652–1657
[9]. Matyakubova, P., Ismatullaev, P., Shamuratov, J. Development of vibration viscometer for industry purpose and experience of its practical. E3s Web of ConferencesOpen source preview, 2023, 365, 05012
[10]. Matyakubova, PM, Ismatullaev, PR, Avezova, NI, Mahmudjonov, MM Mathematical Modeling of a Thermal Converter with a Cylindrical Heat Pipeline and a Lumped Heat Source. Journal of Engineering Physics and ThermophysicsOpen source preview, 2023, 96(1), pages 178–187.
[11]. Matyakubova, PM, Ismatullayev, PR, Avezova, NI, Mahmadjonov, M. Algorithms for increasing the reliability of primary measurement information. Journal of Physics Conference SeriesOpen source preview, 2021, 2036(1), 012002.
[12]. Matyakubova, P.M., Zhabborov, Kh.Sh., Kadirova, Sh.A., Mahmudjonov, M.M. Study of the main parameters of the capacitive converter. Journal of Physics Conference SeriesOpen source preview, 2021, 2036(1), 012001.
[13]. Masharipov, Sh.M., Ruzmatov, KR, Rahmatullayev, SA, Mahmudjonov, MM, Isaqov, AGAssessment and investigation of measurement uncertainty of standard samples of substances and materials in physicochemical measurements based on standard test methods.Journal of Physics Conference SeriesOpen source preview, 2021, 2094(5), 052011.

ERITMALARDAGI VODOROD IONLARI FAOLLIGI KO‘RSATKICHI (pH) NI O‘LCHASH ELEKTRODLARI VA ULARNING METROLOGIK TAVSIFI

S.A. Raxmatullayev

Toshkent davlat texnika universiteti,
Email: sarvar.raxmatullayev90@gmail.com
(ORCID: 0000-0001-7901-6600) Tel: +998 97 760-07-17
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu maqolada eritmalardagi vodorod ionlari faolligi ko‘rsatkichini o‘lchashning sanoat tarmoqlarida tutgan o‘rni va ahamiyati, o‘lchash vositalari va ularning tashkil etuvchilari, ishlash tamoili, elektrod tizimi va ularning vazifalari hamda afzallik va kamchiliklari qisqacha yoritib o‘tilgan. Shuningdek, pH elektrodlar (o‘lchash elektrodi, taqqoqslash elektrodi, kombinatsiyalashgan elektrodlari)ning tuzilishi, tashkil etuvchilari, ishlash prinspi to‘risida ma’lumotlar yoritib o‘tilgan.*

Kalit so‘zlar: *pH-metr, potensiallar farqi, sezgir element, elektrod tizimi (o‘lchash elekdrodi, taqqoslash elektrodi, kombinatsiyalashgan elektrod).*

Аннотация: *В данной статье кратко рассматриваются роль и значение измерения активности ионов водорода в растворах в промышленных отраслях, измерительные приборы и их компоненты, принцип работы, электродные системы и их функции, а также преимущества и недостатки. Также приведены сведения о структуре, составляющих и принципе работы pH-электродов (измерительный электрод, сравнительный электрод, комбинированные электроды).*

Ключевые слова: *pH-метр, разность потенциалов, чувствительный элемент, электродная система (измерительный электрод, сравнительный электрод, комбинированный электрод).*

Abstract: *This article briefly discusses the role and importance of measuring the hydrogen ion activity index in solutions for industrial applications. It covers the measuring instruments and their components, operating principles, the electrode system with its functions, and their respective advantages and disadvantages. Furthermore, the article provides information on the structure, components, and operating principle of pH electrodes (measuring, reference, and combination electrodes).*

Keywords: *pH meter, potential difference, sensitive element, electrode system, glass (measuring) electrode, reference electrode, combined electrode).*

Kirish qismi

Eritmalardagi vodorod ionlari faolligi ko‘rsatkichi pH ni o‘lchash turli sanoat tarmoqlarida o‘lchash talab etiladigan asosiy ko‘rsatkichlardan biri hisoblanadi. Jumladan, kimyo sanoatida (eritma pH aniqlash, kimyoviy reaksiyalar kechishini nazorat qilish), ekologiya va atrof-muhitni muhofazasi (suv ta’minoti, tabiatning suv bilan bog’liq hodisalarini o‘rganish, suv ifloslanishini nazorat qilish, sanoat oqava suvlarini tozalash inshootlari monitoringida), oziq-ovqat sanoatida

(oziq-ovqat va ichimlik mahsulotlari sifatini ta’minlash, fermentatsiya jarayonlarini nazorat qilish, oziq-ovqat mahsulotlarining yaroqlilik muddatini belgilash), tibbiyot va sog‘liqni saqlashda (farmatsevtika mahsulotlari, qon va boshqa biologik suyuqliklarni tahlil qilish), qishloq xo‘jaligida (tuproqning namlanishini o‘rganish va uning unumdorligini oshirish, gidroponika tizimlarida, sug‘orish suvi sifatini nazorat qilish), ilmiy tadqiqotlarda (biokimyoviy reaksiyalarni o‘rganish, turli xil eritmalarning namlanishini tahlil qilish, nanomateriallar va yangi materiallarni yaratish) va boshqa yo‘nalishlarda keng qo‘llaniladi. Bundan ko‘rinib turibdiki, eritmalardagi pH ni o‘lchash sanoatning turli tarmqlarida keng qo‘llanilib, o‘lchash aniqligi va ishonchliligi ta’minlash, o‘lchashlarning yangi usullari va vositalaridan foydalanish, yangi texnologiyalarni joriy etish dolzarb masalardan hisoblanadi.

Asosiy qism (metodologiya)

Yuqorida ko‘rib o‘tkanimizdek, suyuqliklardagi vodorod ionlarining faolligi ko‘rsatkichi pH ni o‘lchash turli sanoat sohalarida, fizik-kimyoviy o‘lchashlarni amalga oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Bu o‘lchashlar nafaqat laboratoriya tahlillari va ilmiy-tadqiqot ishlari [1], balki boshqa bir qancha sanoat tarmoqlarini ham qamrab oladi. Turli suyuqliklar (eritmalar)dagi pH ushbu eritmaning kislotali, neytral yoki ishqoriy ekanligini ko‘rsatvchi o‘lchovdir. U eritmadagi vodorod ionlari konsentratsiyasini manfiy logarifm (1) orqali ifodalaydi [2].

$$\mathrm{pH} = -\lg a_{H+} \qquad (1)$$

Bunda, pHni o‘lchash talab etilgan aniqlikdagi maqsadlar uchun yetarli darajada metrologik kuzatuvchanligi ta’minlangan (qiyoslangan, kalibrlangan) pH o‘lchash vositalari (pH-metr) lar yordamida amalga oshiriladi. pH o‘lchash vositalari o‘zida pH sezgir elementlari (elektrod tizimi)ni mujassamlashtirishi va eritmadagi pH ni o‘lchash natijasida elekktroddan olingan signalini raqamli tarzda tashqi qurilmalarga uzatadi. Tashqi qurilmalar sifatida, elektron hisoblash tizimlari, ma’lumotlarni yig‘ish tizimlari, boshqaruv tizimlari, dasturlashtiriladigan mantiqiy kontrollerlar, ma’lumotlarni qayta ishlash qurilmalari va boshqalar bo‘lishi mumkin.

Hozirgi kunda ishlab chiqaruvchilar tomonidan turli sanoat tarmoqlarida qo‘llaniladigan, aniqligi jihatdan yuqori, turli imkoniyatlarga ega, turli dizayn va konstruksiyadagi o‘lchash vositalari (elektrodlar) taklif qilinmoqda. Bu borada jahon bozorida yetakchi kompaniyalar hisoblangan Mettler Toledo, Thermo Fisher Scientific, Metrohm, Hanna Instruments, INESA Scientific va boshqalarni misol tariqasida keltirishimiz mumkin.

pH o‘lchashda o‘lchash elektrodlari va ionomerlardan foydalanilgan holda o‘tkaziladigan instrumental o‘lchov usullari pH ning haqiqiy qiymatini o‘lchashda yuqori darajadagi takrorlanish va aniqlikni ta’minlaydi. pH uchun yakuniy ifoda shakli uni aniqlash usuliga bog‘liq [3]. Elektrokimyoviy potensialni fazalar chegarasida alohida o‘lchash murakkab ya’ni sirt potensialini o‘lchash imkonsiz, shu sababli pH ni aniqlashda doimiy qiymatga nisbatan potensiallar farqi o‘lchanadi.

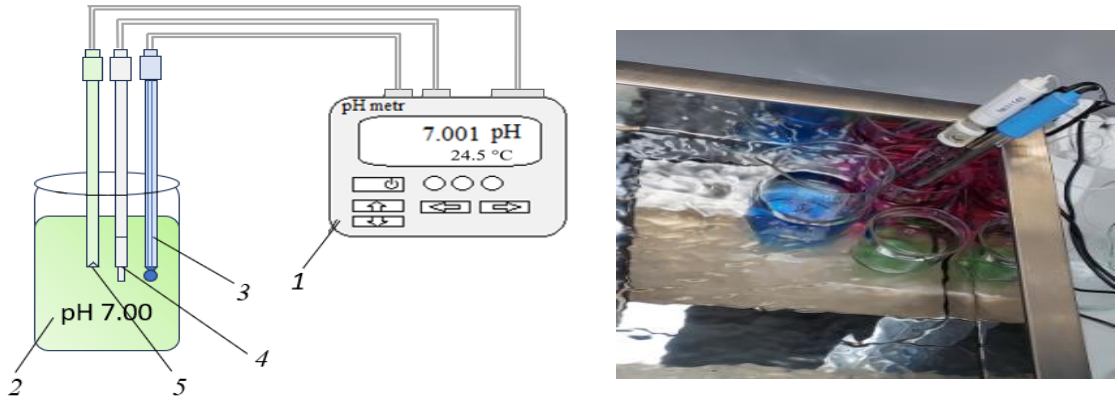
Bunda, o‘lchash parametrlari o‘zgarmas holda (asosan harorat) elektrolitning suvli eritmasida muvozanat tizimini tashkil etuvchi va potensial qiymatga ega bo‘lgan elektrod tizimi (taqqoslash elektrodi golvanik element) qo‘llaniladi. Amaliy pH shkalasi quyidagicha tavsiflashimiz mumkin (2).

$$= \qquad (2)$$

bu yerda:

E – EyuK qiymati (mV); E_{pH0} buefer eritma orqali aniqlanadigan standart potensial; – gaz doimiysi, 8,314462618 $J \cdot K^{-1} \cdot mol^{-1}$; – harorat (K); – Faradey doimiysi, 96485,33212 $C \cdot mol^{-1}$.

Bundan kelib chiqadiki, pH o‘lchashning potensiometrik usuli tekshirilayotgan eritmaning pH darajasini aniqlashning maqbul yechimlaridan biri hisoblanadi. Bu usul pH o‘lchagich, taqqoslash elektrodi va shisha elektrodni o‘z ichiga oladi odatda bufer eritmani haroratini o‘lchashda harorat datchigi bilan birgalikda qo‘llaniladi bu esa ‘lchash jarayonida moslashuvchanlikni ta’minlaydi (1-rasm).

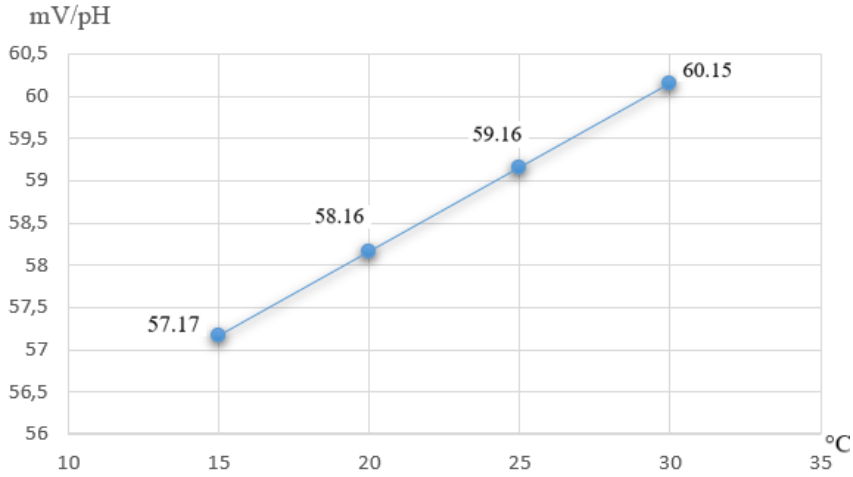


1-rasm. 1 – pH o‘lchash uskunasi (pH-metr); 2 – bufer eritmali stakan (ishchi eritma); 3 –o‘lchash (shisha) elektrod; 4 – taqqoslash elektrodi (yordamchi elektrod); 5 –termokompensator (harorat datchigi)

pH elektrod tekshirilayotgan suyuqlik (eritma) bilan bevosita aloqada bo‘ladigan maxsus shishadan tayyorlangan bo‘lib, eritmaning pHga proporsianal potensial (kuchlanish) hosil qiladi. Taqqoslash elektrodi doimiy potensial saqlab turish uchun mo‘lljallangan bo‘lib, tayanch potensialni ta’minlaydi. Elektrodlar orasidagi potensiallar farqi ma’lum pH ga proporsianal bo‘lgan millivolt signalini hosil qiladi.

Ko‘pchilik ishlab chiqaruvchilar tomonidan taklif etiladigan o‘lchash vositalari (elektrod tizimi)da neytral holatda 0 mV kuchlanish hosil bo‘lishiga asoslangan bo‘lib, agar boshqacha tartib belgilanmagan bo‘lsa 25 °C haroratda elektrodning javobi nazariy jihatdan 59,16 mV/pH deb olinadi [4]. Albatta bunda harorat o‘zgarishi hosil bo‘ladigan qiymatning ma’lum qiymatda o‘zgarishiga ta’sir ko‘rsatadi (2-rasm).

Yuqorida keltirib o‘tkanimizdek, pH ni o‘lchashda asosiy ma’lumotlar qurilmaning sezgir elekmentlari hisoblangan elektrod tizimida hosil bo‘ladigan signalga bevosita bog‘liq. pH miqdorini aniqlovchi sezgir element (shisha elektrod) tekshirilayotgan namuna (eritma) ga botirilganda sezgir membrana bo‘ylab potensial hosil bo‘ladi va membrana potensiali eritmning pH ga qarab o‘zgaradi.



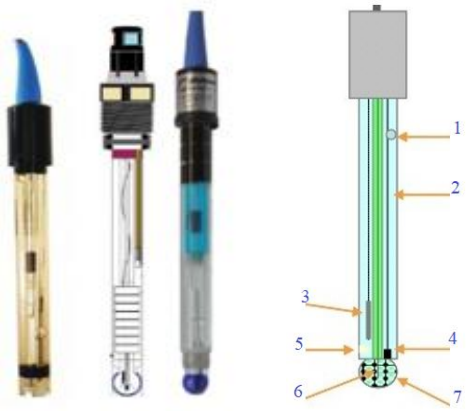
2-rasm. Elektrodning qiyalik koeffitsienti haroratga bo‘liq o‘zgarish grafigi.

Yuqorida keltirilgan o‘lchash tizimiga ega signalni qayd qiluvchi elektrodlarni keltirib o‘tamiz (3-rasm).

3-rasm. pH o‘lcash elektrodlari.

Hozirgi zamonaviy pH o‘lchash vositalari elektrod tizimi yuqorida keltirilgan vazifalarni bajarishda bir to‘plam elektrod (kombinatsiyalashgan) holda birlashtirilgan. Kombinatsiyalashgan elektrodli pH-metrlar qator afzalliklarga ega bo‘lib, bunda o‘lchash va taqqoslash elementlari bir ko‘rpusda

joylashadi, bu esa o‘lchash jarayonini soddalashtiradi, xatoliklar ehtimolligini kamaytiradi, muvozanatni o‘rnatadi, o‘lchash natijalarining barqarorligi hamda harorat kompensatsiyasini ta’minlaydi va boshqa qator imkoniyatlarni o‘zida mujassamlashtiradi (4-rasm).



4-rasm. Kombinatsiyalashgan pH elektrodi.
1-Eritma to‘ldirish ichki tuynigi;
2-elektrolit (odatda KCl eritmasi);
3-taqqoslash (reference) elementi;
4-harorat elementi (datchigi);
5-suyuqlik o‘tishi;
6- o‘lchash elementi;
7-pH shisha membrana.

Kombinatsiyalashgan elektrodlardan foydalanishda yuqorida keltirilgan afzalliklari bilan bir qatorda ba’zi noqulaylik (kamchilik)lar mavjudligini ko‘rishimiz mumkin. Bunga misol tariqasida, texnik xizmat ko‘rsatishning cheklanganligi, ya’ni agar elektrodning biror elementi shikastlansa, butun elektrodni almashtirish, murakkab tuzilishi tufayli tozalashdagi qiyinchiliklar, kuchli kislota yoki ishqoriy muhitda xatolikning ortishi, maxsus eritmalarda saqlash, muntazam kalibrlash talab etilishi va boshqalarni keltirishimiz mumkin.

Xulosa va takliflar

Xulosa o‘rnida shuni aytishimiz mumkinki, suyuqliklar tarkibidagi vodorod ionlari faolligi ko‘rsatkichini o‘lchash turli sanoat tarmoqlarida keng qo‘llaniladi. Hozirgi kunda eritmadagi pH o‘lchashda turli usul va vositalari foydalanib kelinmoqda. Albatta o‘lchash vositasini tanlashda talab etiladigan aniqlik, qo‘llanish sohasi, o‘lchash sharoitlari (laboratoriya, dala sharoiti, sanoat jarayoni), qurilma (elektrod)ning ishlash prinspi, qo‘shimcha funksional imkoniyatlari va boshqa jihatlariga e’tibor qaratish lozimdir. Bu esa muayyan sohalarda qo‘llaniladigan pH-o‘lchagichlarni loyihalash, tezkor o‘lchash usullarini ishlab chiqish, yuqori aniqlikdagi o‘lchashlarni amalga oshirish, qurilma avtomatik ko‘p nuqtali kalibrlash imkoniyatini kengaytirish, barqaror va uzoq muddatli eklektrodlarni yaratish, yangi materiallarni qo‘llash kabi bir qator vazifalar mavjudligini ko‘rsatadi.

References

[1]. Petra Spitzer., Steffen Seitz. German National Metrology Institute. Metrological Traceability Chain for pH Measurement Results.. Journal of Metrology Society of India. *Vol. 25, № 3. 2010. ; pp.191-196.*
[2]. Ritu Tiwari., Gaurav Sanjay Mahalpure. A Detailed Review of pH and its Applications. J Pharm Biopharm Res, 2025, 6(2): 492-505.
[3]. Г. Харнед, Б. Оуэн ; пер. И. И. Липниной, М. С. Стахановой. Физическая химия растворов электролитов – М.: Изд., 630 с.
[4]. Львов А.В. Определение водородного показателя в водном растворе. Методические указания. Севастополь СевГУ 2022.
[5]. Theory. The Theory of pH Measurement. ADS 43-002/rev.C. 2010.
[6]. N.R.Yusupbekov, B.I.Muhammedov, Sh.M.G’ulomov. Texnologik jarayonlarni nazorat qilish va avtomatlashtirish. Darslik 2011.
[7]. Matyakubova P.M., Ismatullayev P.R., Abdullayev A.X., Masharipov Sh.M. O’lchash usullari va vositalari (Fizik-kimyoviy o‘lchashlar qismi). O‘quv qo‘llanma. 2024. 256 b.
[8]. Raxmatullayev S., Ernazarova Z. Suyuqliklardagi vodorod ionlari faolligini aniqlash. “Milliy Standart” ilmiy-texnik jurnali 2024.

UDK: 620.91; 697.1; 536.24

PCM (PHASE CHANGE MATERIALS) VA NANO-SUYUQLIK TEXNOLOGIYALARINING ILMIY-NAZARIY ASOSLARI

S.I. Xamrayev

*[*1]Qarshi davlat texnika universiteti*
e-mail: xamrayevs@bk.ru
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada faza o‘zgaruvchan materiallar (Phase Change Materials, PCM) va nano-suyuqlik texnologiyalarining energiya muhandisligidagi ilmiy-nazariy asoslari tizimli ravishda tahlil qilinadi. PCMlarning faza o‘zgarishi jarayonida yashirin issiqlik hisobiga issiqlik energiyasini yuqori zichlikda akkumulyatsiyalash mexanizmlari hamda ularning asosiy termodinamik va issiqlik-fizik xossalari nazariy jihatdan yoritilgan. Nano-suyuqliklarning issiqlik uzatish jarayonlarini intensivlashtirishdagi roli, xususan nanozarrachalarning issiqlik o‘tkazuvchanlik, konvektiv issiqlik almashinuvi va chegaraviy qatlam jarayonlariga ta’siri mavjud nazariy modellar asosida tahlil qilingan. Shuningdek, PCMlarning past issiqlik o‘tkazuvchanligi bilan bog‘liq cheklovlarni kamaytirishda nano-suyuqliklar va nano-modifikatsiyalangan PCMlardan foydalanish imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. PCM va nano-suyuqlik texnologiyalarining integratsiyalashgan qo‘llanilishi energiya samaradorligini oshirish, harorat tebranishlarini kamaytirish hamda past haroratli energetika tizimlarining barqaror ishlashini ta’minlashga qaratilgan istiqbolli ilmiy yo‘nalish sifatida asoslab berilgan.*

Kalit so‘zlar. *faza o‘zgaruvchan materiallar (PCM), nano-suyuqliklar, yashirin issiqlik, issiqlik akkumulyatsiyasi, past haroratli energetika tizimlari, energiya samaradorligi.*

Аннотация. *В данной статье системно проанализированы научно-теоретические основы технологий фазопереходных материалов (Phase Change Materials, PCM) и наножидкостей в области энергетического машиностроения. Теоретически рассмотрены механизмы аккумулирования тепловой энергии фазопереходными материалами за счёт скрытой теплоты при фазовом переходе, а также их основные термодинамические и теплофизические свойства. Проанализирована роль наножидкостей в интенсификации процессов теплопередачи, в частности влияние наночастиц на теплопроводность, конвективный теплообмен и процессы в пограничном слое на основе существующих теоретических моделей. Кроме того, рассмотрены возможности использования наножидкостей и наномодифицированных фазопереходных материалов для снижения ограничений, связанных с низкой теплопроводностью PCM. Интегрированное применение технологий фазопереходных материалов и наножидкостей обосновано как перспективное научное направление, направленное на повышение энергетической эффективности, снижение температурных колебаний и обеспечение устойчивой работы низкотемпературных энергетических систем.*

Ключевые слова*. фазопереходные материалы (PCM), наножидкости, скрытая теплота, аккумулирование тепловой энергии, низкотемпературные энергетические системы, энергетическая эффективность.*

Abstract. *This article presents a systematic analysis of the scientific and theoretical foundations of phase change materials (Phase Change Materials, PCM) and nanofluid technologies in the field of energy engineering. The mechanisms of thermal energy storage by PCMs through latent heat during phase transition, as well as their fundamental thermodynamic and thermophysical properties, are theoretically examined. The role of nanofluids in enhancing heat transfer processes is analyzed, with particular emphasis on the influence of nanoparticles on thermal conductivity, convective heat transfer, and boundary layer phenomena based on existing theoretical models. In addition, the potential of nanofluids and nano-modified phase change materials to mitigate limitations associated with the low thermal conductivity of conventional PCMs is discussed. The integrated application of PCM and nanofluid technologies is substantiated as a promising scientific approach aimed at improving energy efficiency, reducing temperature fluctuations, and ensuring the stable operation of low-temperature energy systems.*

Keywords. *phase change materials (PCM), nanofluids, latent heat, thermal energy storage, low-temperature energy systems, energy efficiency.*

1. Kirish. Zamonaviy energetika tizimlarida energiya resurslarini samarali qollash, energiya sarfini kamaytirish va qayta tiklanadigan energiya manbalarini kengaytirish global miqyosda muhim ilmiy-texnik masalalardandir.Ushbu masalalarni yechishda issiqlik energiyasini saqlash va uzatish jarayonlarini rivojlantirish judayam muhimdir.Muayyan tarzda, yuqori samarali issiqlik akkumulyatsiya texnologiyalarini rivojlantirish, qizg'in energetika tizimlari uchun zamonaviy davrning asosiy ilmiy vazifalaridan biridir. An’anaviy issiqlik akkumulyatsiya tizimlari energiyani ko‘p hollarda sezilarli issiqlik shaklida ushlaydi. Bunday usul, energiyaning zichligi past bo‘lganidan va katta hajmda issiqlik energiyasini saqlovchi tizimlarga talab borligidan kelib chiqadi.Faza o‘zgaruvchan materiallar (Phase Change Materials, PCM) faza holatining o'zgarishi

vaqtida katta miqdordagi issiqlik energiyasini yashirin issiqlik shaklida yutish yoki chiqarish qobiliyatiga ega. Bu materiallar issiqlik energiyasini nisbatan doimiy haroratda saqlash imkonini beradi. Shu sababli, PCM'lar issiqlik holatini barqarorlashtirish va haroratning o'zgarishlarini kamaytirish nuqtai nazaridan energiya muhandisligida katta ilmiy qiziqish uyg‘otmoqda. Biroq, PCM'larning keng qo'llanilishini cheklovchi asosiy omil ularning nisbatan past issiqlik o'tkazuvchanligidir. Ushbu xususiyat faza o‘zgarish jarayonining sekinlashishiga hamda issiqlik almashinuvining umumiy darajasining pasayishiga olib keladi. Mazkur muammoni hal etishda istiqbolli yo'nalishlardan biri sifatida so'nggi yillarda nano-suyuqlik texnologiyalaridan foydalangan holda ilmiy tadqiqotlar katta sur’atlarda rivojlanmoqda [1-5].

Nano-suyuqliklar, an'anaviy issiqlik tashuvchi suyuqliklarga nano o'lchamdagi zarrachalarni tarqatish orqali yaratiladi. Ushbu tizimlar klassik suyuqliklarga nisbatan issiqlik va fizik xossalari sezilarli darajada yaxshilanadi.Nanozarrachalar harakati, mikro-konvektiv effektlar va chegaraviy qatlamdagi issiqlik almashinuvi jarayonlari nano-suyuqliklarda issiqlik uzatish intensifikatsiyasini ta'minlaydi. Shu bois, nano-suyuqliklar PCM asosidagi tizimlarda issiqlik almashinuvini tezlashtirish va umumiy energiya samaradorligini oshirish uchun istiqbolli issiqlik tashuvchilari sifatida ko'rilmoqda. Ushbu maqolaning asosiy maqsadi faza o'zgaruvchan materiallar va nano-suyuqlik texnologiyalarining ilmiy-nazariy jihatlarini chuqur tahlil qilishdir. Bu terminlar issiqlik akkumulyatsiyasi va issiqlik uzatish jarayonlari doirasidagi muhim fizik mexanizmlarni ochib beradi.Ushbu texnologiyalarni birlashtirish va energiya muhandisligidagi ilmiy ahamiyatini asoslash maqsadida, British hamda boshqa mutaxassislarning hissa qo'shishi muhimdir.

2. Faza o‘zgaruvchan materiallarning (PCM) ilmiy-nazariy asoslari. Faza o‘zgaruvchan materiallar - bu belgilangan harorat oralig‘ida faza holatini o‘zgartirganda katta miqdorda issiqlik energiyasini yashirin issiqlik tarzida qabul qilish yoki chiqarishga qodir bo‘lgan moddalardir. Ushbu jarayon termodinamik nuqtai nazardan deyarli izotermik sharoitda amalga oshadi va issiqlik almashinuvi jarayonlarida haroratning keskin o‘zgarishini minimallashtiradi.Shu sababdan PCM'lar issiqlik energiyasini yuqori zichlikda to'play olishlari va issiqlik rejimini barqarorlashtirishga yordam beruvchi samarali uskunalar sifatida ko'rib chiqiladi.

PCMlarning ishlash prinsipi faza o'zgarishi bilan bog'liq bo'lgan yashirin issiqlik effektini qo'llaydi.Qattiq holatdan suyuq holatga o‘tishda PCM atrof-muhitdan issiqlikni oladi (erish bosqichi), aksincha, suyuq holatdan qattiqqa qaytishga harakat qilganda esa bu energiyani chiqarib yuboradi (qotish bosqichi).Fazalarning o'zgarishi jarayonida haroratning deyarli bir xil qolishi PCM'larni past haroratli energiya tizimlari, ayniqsa isitish va sovitish tizimlari uchun juda qulay qiladi.

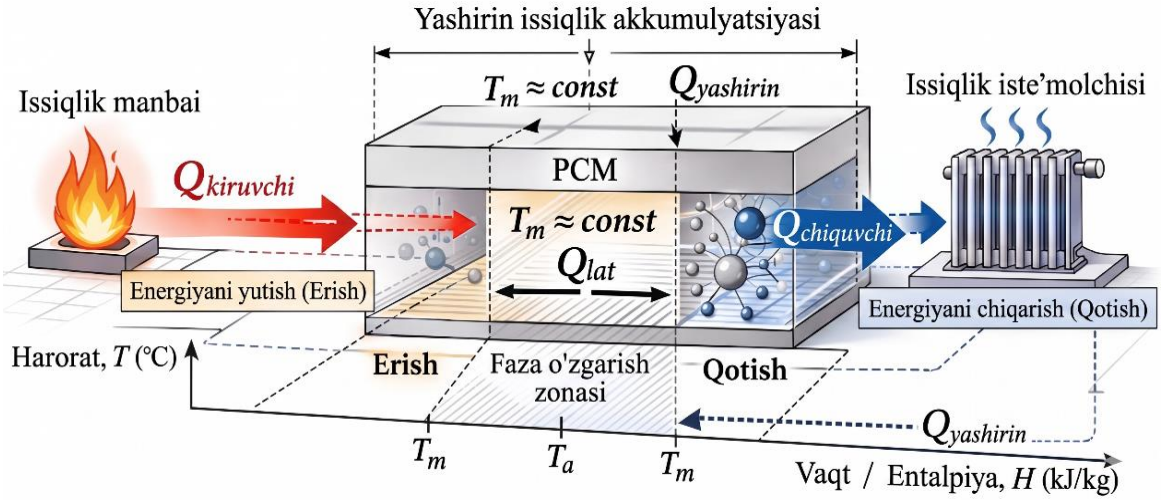
Ilmiy adabiyotlarda PCM'lar kimyoviy xususiyatlariga asoslanib uchta asosiy guruhga bo‘linadi: organik, noorganik va evtektik materiallar.Organik PCM’lar (parafinlar, yog‘ kislotalari va ularning mahsulotlari) kimyoviy barqarorlik, ko‘p marotaba erish-qotish jarayonlarida xossalarining deyarli o‘zgarmazligi va korroziya ta’sirining yo‘qligi bilan ajralib turadi.Biroq, ularning eng katta kamchiliklaridan biri issiqlik o‘tkazuvchanligining pastligi hisoblanadi, bu esa issiqlik almashinuvi jarayonlarini sekinlashtiradi. Noorganik PCMlar, masalan tuz gidratlari, yuqori yashirin issiqlik sig‘imi va nisbatan yaxshi issiqlik o‘tkazuvchanligiga ega bo'lsalar ham, super sovish, faza ajralishi va korroziya muammolaridan aziyat chekishi mumkin.Evtektik PCM'lar aniq va barqaror faza o'zgarish haroratlari bilan ajralib turadi hamda ba'zi holatlarda organik va noorganik PCM'lardan olinadigan afzalliklarni birlashtiradi [6-7].

PCMlarning energiya samaradorligi ularning asosiy termofizik xossalari bilan chambarchas bog‘liq. Asosiy mezonlar orasida faza o‘zgarishi uchun zarur bo‘lgan harorat, yashirin issiqlik miqdori, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti, zichlik, issiqlik sig‘imi hamda termodinamik va kimyoviy barqarorlik mavjud.O’tgan zamonlar uchun issiqlik energetika tizimlari odatda faza o‘zgarish harorati $20-40\ °C$ bo'lgan PCMlarni tanlaydi. Bunday interval bina ichidagi salqin va qulay issiq muhitni ta'minlaydi.

Bundan tashqari, PCM’larning issiqlik almashinuvi jarayonlaridagi tarzi ularning kapsullanish shakli va strukturaviy holatiga bog‘liqdir.PCM’larni kapsulalash yoki ular shakl-barqaror kompozit materiallar sifatida foydalanish, oqish muammosini hal qilib, mexanik va

issiqlikning barqarorligini yaxshilaydi.Bu nuqtai nazardan, PCMlarning strukturaviy o'zgarishi ularning amaliy samaradorligini oshirishga qaratilgan muhim ilmiy sohalardan biridir.

Faza o'zgaruvchan materiallarning issiqlik energiyasini akkumulyatsiya jarayonining fizikasini tushuntirish uchun 1-rasmda PCM asosida issiqlik energiyasini saqlash va qayta chiqarishning soddalashtirilgan nazariy sxemasi taqdim etilgan.



1-rasm. Faza o‘zgaruvchan material (PCM) asosida issiqlik energiyasini akkumulyatsiyalashning nazariy sxemasi.

Rasmda ko‘rinib turibdiki, PCM qattiq holatdan suyuq holatga o‘tish jarayonida tashqi issiqlik manbaidan kelayotgan issiqlikni singdiradi va bu energiya yashirin issiqlik shaklida to‘planadi.Aksincha, suyuq holatdan qattiq holatga o'tish jarayonida PCM oldinroq to'plangan issiqlik energiyasini atrof-muhitga chiqaradi. Faza o‘zgarishi jarayonida haroratning deyarli hozirdagidek saqlanib qolishi PCM'larning issiqlik rejimini barqarorlashtirishdagi asosiy afzalliklaridan biridir.Keltirilgan nazariy sxema PCM'larning past haroratli energetika tizimlarida issiqlik tebranishlarini kamaytirish va umumiy energiya samaradorligini oshirish imkoniyatlarini ilmiy asosda yoritadi. Ushbu cheklovlarni bartaraf etish maqsadida katta hajmdagi issiqlik energiyasini saqlovchi tizimlarga bo‘lgan talabni oshiradigan faza o‘zgaruvchan materiallar (PCM) asosida issiqlik energiyasining takomillashtirilishini davom ettirish zarur.Zichlikda saqlash imkonini ta'minlaydigan jarayonlarning fizik va matematik tavsifi o‘rganiladi.

PCM asosidagi issiqlik akkumulyatsiyasining fizik-matematik tavsifi. 1-rasmda ko‘rsatilganidek, PCM asosidagi issiqlik akkumulyatsiyasi jarayoni ikki muhim bosqichdan iborat.(i) Faza o‘zgarishidan oldin va undan keyingi sezilarli issiqlik (sensible heat) almashinuvi hamda (ii) faza o‘zgarish jarayonida yuz beradigan yashirin issiqlik (latent heat) almashinuvi. PCMning umumiy energiya zaxirasi quyidagi formula asosida aniqlanadi[8]:

$$Q_{PCM} = Q_{sens} + Q_{lat} \quad (1)$$

bu yerda Q_{sens} - faza o‘zgarishidan oldin va undan keyin material haroratining o‘zgarishi bilan bog‘liq sezilarli issiqlik, Q_{lat} - faza o‘zgarish jarayonida akkumulyatsiyalanadigan yashirin issiqlikdir.

PCMning harorati faza o‘zgarish haroratiga yetguniga qadar (qattiq holatda) sezilarli issiqlik quyidagicha aniqlanadi:

$$Q_{sens,s} = m_{cp,s}\,(T_m - T_0), \quad (2)$$

bu yerda m - PCM massasi (kg), cp, s - qattiq fazadagi solishtirma issiqlik sig‘imi $(J \cdot kg^{-1} \cdot K^{-1})$, T_0 - boshlang‘ich harorat (K yoki $°C$), T_m - PCMning faza o‘zgarish harorati (erish harorati)dir.

Faza o‘zgarish davrida (1-rasmda $Tm \approx const$ bilan ifodalangan zona) PCM deyarli o‘zgarmas haroratda issiqlikni yutadi yoki chiqaradi. Ushbu jarayonning energiya miqdori yashirin issiqlik orqali ifodalanadi:

$$Q_{lat} = m\,L \quad (3)$$

bu yerda L - faza o‘zgarishning maxsus yashirin issiqligi ($J \cdot kg^{-1}$). Aynan Q_{lat} ning yuqori bo‘lishi PCMlarni energiyani yuqori zichlikda saqlovchi materiallar sifatida samarali qiladi.

Agar PCM faza o‘zgarishdan keyin ham qizdirilsa (suyuq holatda), sezilarli issiqlik quyidagicha yoziladi:

$$Q_{sens,l} = m_{cp,l}\,(T_f - T_m) \tag{4}$$

bu yerda cp, l - suyuq fazadagi solishtirma issiqlik sig‘imi, T_f - yakuniy harorat.

Demak, 1-rasmda tasvirlangan erish (energiya yutilishi) va qotish (energiya chiqarilishi) jarayonlari energiya balansi nuqtai nazaridan T_m atrofida yuz beruvchi deyarli izotermik almashinuv va $Q_{lat} = m\,L$ bilan belgilanuvchi yashirin issiqlik akkumulyatsiyasi orqali nazariy asoslanadi. Shu sababli PCMlar past haroratli energetika tizimlarida harorat tebranishlarini kamaytirish va issiqlik rejimini barqarorlashtirishning fizik-matematik poydevorini tashkil etadi.

Ushbu jarayonlarni miqdoriy nuqtai nazardan baholash va PCMda issiqlikni qabul qilish va chiqarilishining vaqt bo‘yicha taqsimotini aniqlash maqsadida, keyingi bosqichda faza o'zgaruvchan materiallarning issiqlik xatti-harakatlari entalpiya usuli asosida matematik jihatdan tasvirlanadi.

Entalpiya usuli asosida PCMning matematik tavsifi. PCM asosidagi issiqlik energiyasini akkumulyatsiyalash jarayonida ko‘pincha entalpiya usuli qo‘llaniladi. Bu yondashuv PCMning ochiq va yashirin issiqlik qismlarini bitta energiya funksiyasi orqali tasvirlashga imkon yaratadi. PCMning solishtirma entalpyasi haroratga asoslangan bo‘lib, u quyidagi bo‘lakli funksiya yordamida aniqlanadi[9]:

$$H(T) = \begin{cases} cp, s(T - T_0) & T < T_m \\ cp, s(T_m - T_0) + fL & T = T_m \\ cp, s(T_m - T_0) + L + cp, l(T - T_m), & T > T_m \end{cases} \tag{5}$$

bu f - faza o‘zgarish jarayonidagi suyuq fraksiya $(0 \le f \le 1)$.

Mazkur ifoda 1-rasmda ko‘rsatilgan $Tm \approx const$ holatida PCMda katta miqdordagi energiya harorat deyarli o‘zgarmagan holda akkumulyatsiyalanishini nazariy jihatdan ifodalaydi.

Issiqlik oqimi orqali vaqtga bog‘liq tavsif. PCMning dinamik issiqlik xatti-harakati 1-rasmda ko‘rsatilgan kiruvchi va chiquvchi issiqlik oqimlari orqali ham tavsiflanadi. Energiya balansi vaqt bo‘yicha quyidagi tenglama bilan yoziladi:

$$m\frac{dH}{dt} = Q^{\cdot}{}_{in}(t) - Q^{\cdot}{}_{out}(t), \tag{6}$$

bu yerda m - PCM massasi, $Q^{\cdot}{}_{in}$ - tashqi issiqlik manbaidan PCMga uzatilayotgan issiqlik oqimi, $Q^{\cdot}{}_{out}$- PCMdan issiqlik iste’molchiga uzatilayotgan issiqlik oqimi.

Faza o‘zgarish davrida ($T \approx Tm$) energiya almashinuvi asosan yashirin issiqlik hisobiga amalga oshadi va tenglama soddalashtirilgan holda quyidagicha yozilishi mumkin:

$$mL\frac{df}{dt} = Q^{\cdot}{}_{in} - Q^{\cdot}{}_{out} \tag{7}$$

Bu munosabat PCMning issiqlikni yutish (erish) va chiqarish (qotish) tezligi faza fraksiyasining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi bilan belgilanayotganini ko‘rsatadi.

Qattiq-suyuq fraksiya asosidagi fizik talqin. Faza o‘zgarish jarayonida PCMning holati qattiq va suyuq fazalar aralashmasi sifatida qaraladi va suyuq fraksiya f bilan tavsiflanadi[10-11]:

$$f = \begin{cases} 0, & T < T_m \ \ (to'liq\ qattiq), \\ 0 < f < 1, & T = T_m\ (faza\ o'zgarishi), \\ 1, & T > T_m \ \ (to'liq\ suyuq). \end{cases} \tag{8}$$

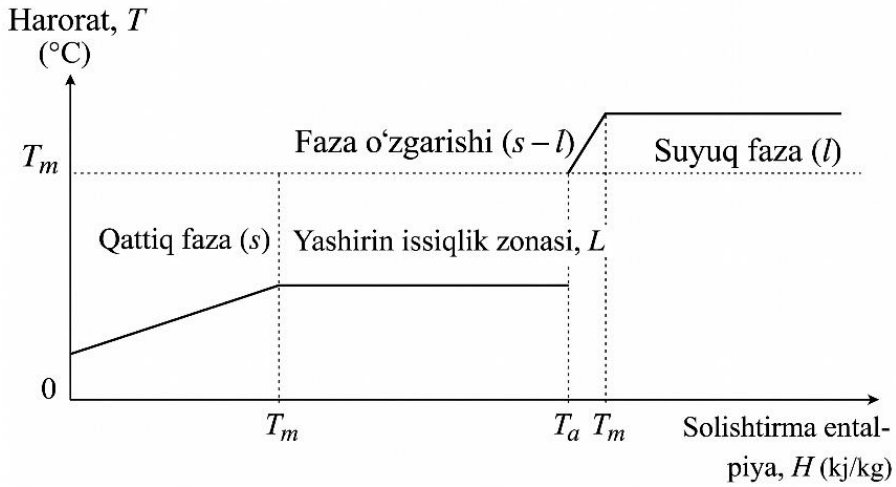
Suyuqlanish yoki qotish jarayonida PCM tomonidan yutilgan yoki chiqarilgan yashirin issiqlik miqdori:

$$Q_{lat} = mLf. \quad (9)$$

Mazkur ifoda 1-rasmda ko‘rsatilgan energiya akkumulyatsiyasi va qayta chiqarilishi jarayonlarining fizik mohiyatini aniq matematik shaklda ifodalaydi.

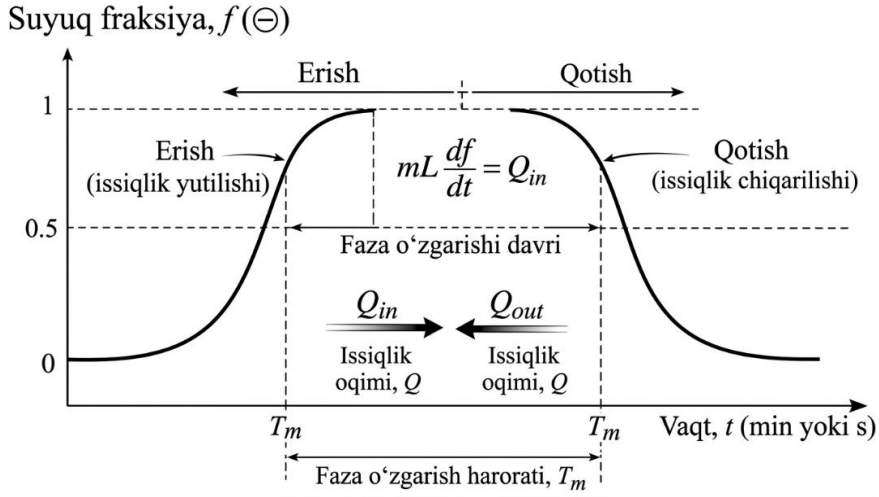
1-rasmda keltirilgan konseptual sxema va 2-3-rasmlarda ifodalangan matematik-grafik bog‘lanishlar PCMlarning issiqlik energiyasini akkumulyatsiyalash mexanizmi faza o‘zgarishi bilan bog‘liq yashirin issiqlik effektiga asoslanishini yaqqol ko‘rsatadi. Konseptual model PCMning erish jarayonida issiqlikni yutishi va qotish jarayonida ushbu energiyani qayta chiqarishini fizik jihatdan tavsiflasa, entalpiya $H(T)$ hamda suyuq fraksiya $f(t)$ orqali berilgan grafiklar ushbu jarayonning qat’iy matematik ifodasini ta’minlaydi.

2-rasmda T_m atrofida haroratning deyarli o‘zgarmasligi fonida entalpiya yoki suyuq fraksiyaning keskin o‘zgarishi PCMlarda energiyaning yuqori zichlikda, ya’ni $Q_{lat} = mLf$ ko‘rinishida akkumulyatsiyalanishini isbotlaydi Issiqlik oqimlari yordamida tuzilgan energiya balansi tenglamalari, PCM ning dinamik issiqlik xatti-harakatini tashqi issiqlik manbai va iste'molchi bilan bog'liq holda vaqt o'tishi davomida aniqlash imkoniyatini ko'rsatadi. Shu tarzda, PCMlarning ilmiy-nazariy mohiyati – harorat tebranishlarini kamaytirish orqali issiqlik energiyasini barqaror saqlash va chiqarish qobiliyatidir. Bu masala konseptual, matematik va grafik jihatdan batafsil asoslangan bo‘lib, keyingi bosqichda nano-suyuq tizimlar bilan bog‘liq.Integratsiyalashgan yondashuvlarni tahlil qilish uchun asosli ilmiy poydevor yaratilgan.



2-rasm. PCMning harorat-entalpiya ($T - H$) grafigi: entalpiya usuli bo‘yicha bo‘lakli $H(T)$ funksiyasi.

Grafikda $T < T_m$ sohasida qattiq fazadagi sezilarli issiqlik almashinuvi, $T \approx T_m$zonasida faza o‘zgarishi jarayonida yuz beruvchi yashirin issiqlik akkumulyatsiyasi ($Q_{lat} = mL$) hamda $T > T_m$ sohasida suyuq fazadagi sezilarli issiqlik almashinuvi tasvirlangan. T_m atrofida entalpiyaning keskin o‘zgarishi harorat deyarli o‘zgarmagan holda katta miqdordagi energiyaning saqlanishini ifodalaydi.



3-rasm. PCMning suyuq fraksiyasi f ning vaqt bo‘yicha o‘zgarishi ($f - t$) va issiqlik oqimlari bilan bog‘lanishi.

Grafikda erish jarayonida suyuq fraksiyaning $f = 0$ dan $f = 1$ gacha ortishi va qotish jarayonida $f = 1$ dan $f = 0$ gacha kamayishi ko‘rsatilgan. Suyuqlanish yoki qotish tezligi df/dt issiqlik oqimlari farqi $Q^{\cdot}_{in} - Q^{\cdot}_{out}$ hamda yashirin issiqlik L bilan aniqlanadi.

1-jadval

Faza o‘zgaruvchan materiallar (PCM) turlari va ularning asosiy issiqlik-fizik xossalari

PCM turi	**Asosiy vakillari**	**Faza o‘zgarish harorati, T_m (°C)**	**Yashirin issiqlik, L (kJ/kg)**	**Issiqlik o‘tkazuvchanlik, λ ($W/m \cdot K$)**	**Afzalliklari**	**Kamchiliklari**
Organik PCMlar	Parafinlar (C_nH_{2n+2}), yog‘ kislotalari	$20-60$	$150-250$	0.15-0.30	kimyoviy va korroziy barqaror, super sovish kuzatilmaydi.	Issiqlik o‘tkazuvchanligi past, yonuvchanlik
Noorganik PCMlar	Tuz gidratlari ($CaCl_2 \cdot 6H_2O$, $Na_2SO_4 \cdot 10H_2O$)	15-120	180–300	0.5-1.0	Yashirin issiqligi yuqori, issiqlik o‘tkazuvchanligi nisbatan katta.	Super sovish, faza ajralishi, korroziya
Evtektik PCMlar	Organik-organik, organik-noorganik aralashmalar	Aniq sozlanadi	170-260	0.2-0.6	Barqaror T_m, yaxshi takrorlanuvchanlik	Murakkab tayyorlash, nisbatan qimmat
Nano-modifikatsiyalangan PCMlar	$PCM + Al_2O_3$, CuO, CNT, $grafen$	20-80	140–260	0.5-3.0	Issiqlik uzatish tezligi yuqori, faza o‘zgarishi tezlashadi	Narxi yuqori, dispersiya muammosi
Shape-stabilized PCMlar	PCM + polimer/g‘ovakli matritsa	20-70	120-220	0.3-1.5	Oqish yo‘q, mexanik barqaror	Yashirin issiqlik biroz kamayadi
Kompozit PCMlar	PCM + metall/grafit ko‘pik	20-100	150-280	1.0-10	Juda yuqori issiqlik uzatish	Og‘irlik va narx

Jadvalda ko‘rsatilganidek, PCMlarning issiqlikni saqlash samaradorligi ularning kimyoviy tarkibi va struktura o‘zgarishlariga bog‘liq. Organik PCMlar mustahkamligini ta’kidlaydi, noorganik PCMlar esa yuqori yashirin issiqlik sig‘imi bilan afzallik qiladi.Zamonaviy nano-modifikatsiya qilingan va kompozit faza o'zgaruvchan materiallar (PCM) issiqlik o‘tkazuvchanlikdagi cheklovlarni pasaytiradi, shuningdek, faza o'tish jarayonlarini tezlashtirishga yordam beradi. Ushbu xususiyatlari ularni past haroratli energetika tizimlari uchun ayniqsa istiqbolli qiladi.

Birinchi rasmda keltirilgan konseptual sxema hamda ikkinchi va uchinchi rasmlarda tasvirlangan matematik-grafik bog‘lanishlar PCM’larning issiqlik energiyasini to'plashi mexanizmining faza o'zgarishi bilan bog'liq yashirin issiqlik effektiga asoslanganligini aniq ko'rsatadi.Konseptual model PCM orqali issiqlikni yutish va qotish jarayonida bu energiyani qayta chiqarishga doir fizik tavsiflar keltirilgan. Entalpiya $H(T)$ hamda suyuq fraksiya $f(t)$ ga asoslangan grafiklar ushbu jarayonning aniq matematik ifodalarini taqdim etadi.

Ikkinchi rasmda T_m atrofida haroratning deyarli bir xil qolishi fonida, entalpiya yoki suyuq fraksiyaning keskin o‘zgarishi PCMlarda energiyaning yuqori zichlikda to‘planganligini ko‘rsatadi. Bu hodisa $Q_{lat} = mL$ formula orqali taqdim etiladi.Uchinchi rasmda faza fraksiyasining vaqt o‘tishi davomida evolyutsiyasi ko‘rsatilgan. Bu PCMning issiqlikni qabul qilish va chiqarish tezligini tashqi issiqlik manbai hamda iste’molchi bilan bog'liq holda qanday aniqlanishini aks ettiradi.Issiqlik oqimlari orqali hosil qilingan energiya balansi tenglamalari PCM (Phase Change Material) ning dinamik issiqlik harakatini vaqt davomida tushunishga yordam beradi.

Shunday qilib, 1-3-rasmlar asosida PCMlarning ilmiy-nazariy mohiyati – issiqlik energiyasini barqaror ushlab turish va chiqarishni ta'minlash imkoniyatidir. Bu jarayon harorat

tebranishlarini kamaytirishga qaratilgan bo‘lib, konseptual, matematik va grafik jihatlarda to‘liq tushuncha berilgan.

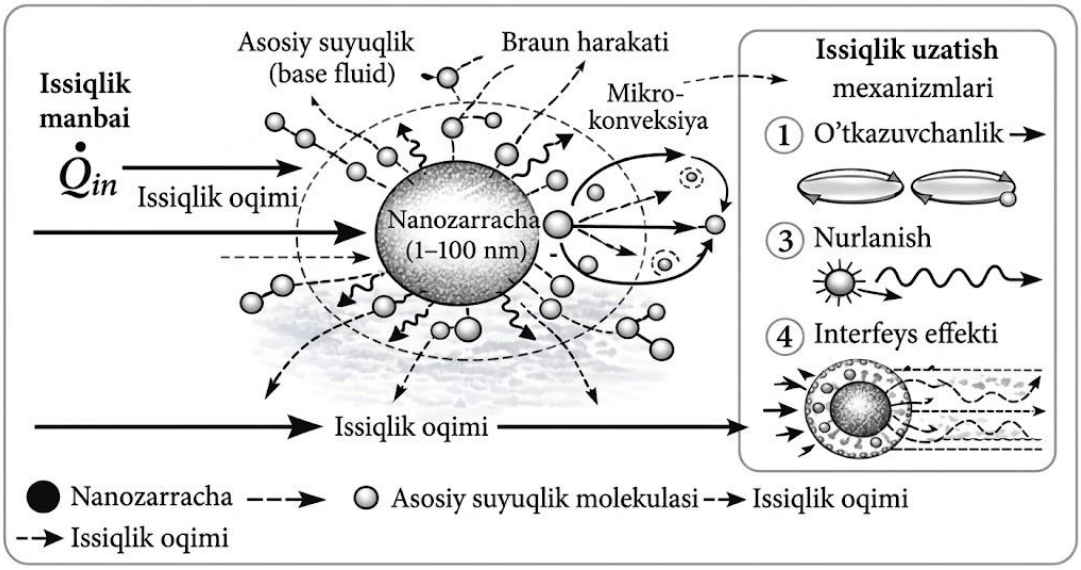
3. Nano-suyuqlik texnologiyalarining nazariy asoslari. Nano-suyuqliklar - bu an’anaviy issiqlik tashuvchi suyuqliklar (suv, etilen glikol, moylar va boshqalar) tarkibiga nanoo‘lchamdagi (odatda $1-100\ nm$) qattiq zarrachalarni dispergatsiyalash orqali hosil qilinadigan geterogen tizimlardir. Nano-suyuqlik texnologiyalarining ilmiy ahamiyati, ularning issiqlik-fizik xossalari klassik suyuqliklarga nisbatan yaxshilanganligi bilan bog'liq. Bu o'zgarish esa issiqlik uzatish jarayonlarini ko'proq samarali qilishga yordam beradi [12-13].

Nano-suyuqliklarda issiqlik uzatish mexanizmi faqat molekulyar issiqlik o‘tkazuvchanlik bilan cheklanmaydi. Nanozarrachalarning Braun harakati, mikro-konvektiv effektlar, zarracha-suyuqlik interfeysida yuzaga keladigan qo‘shimcha energiya almashinuvi hamda chegaraviy qatlamning modifikatsiyasi issiqlik uzatish jarayonining murakkab, ko‘p omilli xarakterga ega ekanligini ko‘rsatadi. Shu sababli nano-suyuqliklar uchun qo‘llaniladigan nazariy modellar klassik issiqlik uzatish yondashuvlarini kengaytirishni talab etadi.

Nano-suyuqliklarning samaradorligi ularning asosiy parametrlariga bog‘liq bo‘lib, ular qatoriga nanozarrachalarning turi, o‘lchami va shakli, hajmiy ulushi, dispersiyaning barqarorligi hamda asosiy suyuqlikning reologik xossalari kiradi. Nazariy tahlillar shuni ko‘rsatadiki, nanozarrachalar konsentratsiyasining ortishi issiqlik o‘tkazuvchanlikni oshiradi, biroq shu bilan birga viskozlikning ortishi gidravlik yo‘qotishlarning kuchayishiga olib kelishi mumkin. Demak, nano-suyuqliklarni qo‘llashda issiqlik uzatish samaradorligi va gidrodinamik qarshilik o‘rtasidagi optimal muvozanatni ta’minlash muhim ilmiy masala hisoblanadi[14].

Nano-suyuqliklarning issiqlik o‘tkazuvchanligi ko‘plab nazariy modellarda nanozarrachalarning hajmiy ulushi va ularning termofizik xossalariga bog‘liq holda ifodalanadi. Biroq zamonaviy yondashuvlarda faqat effektiv issiqlik o‘tkazuvchanlikning ortishi emas, balki konvektiv issiqlik almashinuvida issiqlik berish koeffitsientining oshishi ham asosiy mezon sifatida qaraladi. Bu holat nano-suyuqliklarning issiqlik tashuvchi sifatidagi ustunligini yanada kuchaytiradi.

Nano-suyuqlik texnologiyalarining nazariy jihatdan muhim afzalligi shundaki, ular past haroratli energetika tizimlarida issiqlik uzatish intensivligini oshirish orqali umumiy energiya samaradorligini sezilarli darajada yaxshilash imkonini beradi. Ayniqsa, faza o‘zgaruvchan materiallar bilan birgalikda qo‘llanilganda nano-suyuqliklar PCMlarning past issiqlik o‘tkazuvchanligi bilan bog‘liq cheklovlarni kamaytirib, faza o‘zgarish jarayonlarini jadallashtirishga xizmat qiladi. Shu tariqa nano-suyuqliklar PCM asosidagi issiqlik akkumulyatsiya tizimlarining funksional samaradorligini oshiruvchi muhim nazariy komponent sifatida namoyon bo‘ladi.



3-rasm. Nano-suyuqliklarda issiqlik uzatish mexanizmlarining nazariy sxemasi.

3-rasmda nano-suyuqliklarda issiqlik uzatish jarayonining asosiy nazariy mexanizmlari sxematik ko‘rinishda tasvirlangan. Sxemada asosiy issiqlik tashuvchi suyuqlik tarkibida nanoo‘lchamdagi zarrachalarning mavjudligi natijasida yuzaga keladigan qo‘shimcha issiqlik uzatish mexanizmlari aks ettirilgan. Nanozarrachalar va asosiy suyuqlik o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir issiqlik uzatish jarayonining ko‘p omilli xarakterga ega ekanligini namoyon etadi. Rasmda issiqlik uzatishning asosiy mexanizmlari sifatida issiqlik o‘tkazuvchanlik (konduksiya), konveksiya hamda qattiq-suyuq interfeysida yuzaga keladigan qo‘shimcha issiqlik almashinuvi ajratib ko‘rsatilgan. Nanozarrachalarning Braun harakati va mikro-konvektiv oqimlar chegaraviy qatlamda issiqlik almashinuvini kuchaytirib, nano-suyuqliklarning effektiv issiqlik o‘tkazuvchanligini oshiradi. Shu bilan birga, nanozarracha va suyuqlik orasidagi interfeysda termal qarshilikning kamayishi issiqlik oqimining uzatilishini jadallashtiradi.

Keltirilgan nazariy sxema nano-suyuqliklarda issiqlik uzatish jarayonlarining intensivlashuvi klassik suyuqliklarga nisbatan nafaqat material xossalarining o‘zgarishi, balki mikro- va nano-miqyosdagi fizik jarayonlar bilan ham belgilanishini ilmiy jihatdan asoslaydi. Ushbu mexanizmlar nano-suyuqliklarni past haroratli energetika tizimlarida hamda PCM bilan integratsiyalashgan issiqlik akkumulyatsiya tizimlarida samarali issiqlik tashuvchi sifatida qo‘llash imkoniyatlarini tushuntiradi.

2-jadval.

Nano-suyuqlik turlari va ularning asosiy termofizik xossalari

Nano-suyuqlik turi	**Nanozarrachalar**	**Asosiy suyuqlik**	**Zarracha o‘lchami** (nm)	**Issiqlik o‘tkazuvchanlik ortishi, Δλ (%)**	**Viskozlik ortishi,** $\Delta\mu$ **(%)**	**Afzalliklari**	**Kamchiliklari**
Metall oksidli nano-suyuqliklar	Al_2O_3, CuO, TiO_2, Fe_3O_4	Suv, EG, suv-EG	10 – 50	10 – 40	5 – 30	Arzon, barqaror, keng o‘rganilgan	$\Delta\mu$ ortishi, cho‘kma xavfi
Metall nano-suyuqliklar	Cu, Ag, Al	Suv, moy	5 – 30	20 – 80	10 – 50	Juda yuqori λ, tez issiqlik uzatish	Oksidlanish, yuqori narx
Uglerod asosli nano-suyuqliklar	CNT, $MWCNT$ $grafen$, GNP	Suv, EG, moy	1 – 20	30 – 150	20 – 100	Juda yuqori λ, past φ da samarali	Dispersiya qiyin, narxi yuqori
Gibrid nano-suyuqliklar	Al^2O^3–CuO, CNT-Fe_3O_4	Suv, EG	10 – 60	40 – 120	15 – 70	Sinergiya effekti, moslashtirilgan xossa	Model murakkabligi
Magnit nano-suyuqliklar	Fe_3O_4, $CoFe_2O_4$	Suv, moy	10 – 30	15 – 50	10 – 40	Magnit boshqaruv, adaptiv tizimlar	Magnit maydon talab etadi
Bio-nano-suyuqliklar	Bio-zarrachalar + Al_2O_3	Suv	20 – 80	5 – 25	5 – 20	Ekologik, xavfsiz	λ ortishi cheklangan

Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, nano-suyuqliklarning issiqlik uzatish samaradorligi nanozarrachalarning turi, o‘lchami va hajmiy ulushiga bevosita bog‘liq. Uglerod asosli va gibrid nano-suyuqliklar yuqori issiqlik o‘tkazuvchanlik ortishini ta’minlasa-da, ularning dispersiya barqarorligi va gidravlik qarshilik bilan bog‘liq muammolari mavjud. Metall oksidli nano-suyuqliklar esa issiqlik samaradorligi va ekspluatatsion barqarorlik o‘rtasida optimal muvozanatni ta’minlagani sababli PCM bilan integratsiyalashgan past haroratli energetika tizimlari uchun eng istiqbolli variantlardan biri hisoblanadi.

*Effektiv issiqlik o‘tkazuvchanlik***.** Nano-suyuqlikning effektiv issiqlik o‘tkazuvchanligi birinchi yaqinlashuvda nanozarrachalarning hajmiy ulushi va komponentlarning issiqlik o‘tkazuvchanliklariga bog‘liq holda baholanadi. Soddalashtirilgan chiziqli aralashma yondashuvi quyidagi ko‘rinishda yoziladi[15-16]:

$$k_{eff} \approx k_f\,(1-\varphi) + k_p\,\varphi \tag{10}$$

bu yerda k_f - asosiy suyuqlikning issiqlik o‘tkazuvchanligi, k_p - nanozarrachalarning issiqlik o‘tkazuvchanligi, φ - nanozarrachalarning hajmiy ulushi.

Amaliy nazariy tahlillarda nano-suyuqliklarda issiqlik o‘tkazuvchanlikning ortishi ko‘pincha quyidagi empirik–nazariy ifoda bilan ham tavsiflanadi:

$$k_{eff} = k_f(1 + A\varphi + B\varphi^2)\,, \tag{11}$$

bu yerda A va B - nanozarracha turi, o‘lchami, shakli hamda dispersiya barqarorligiga bog‘liq kalibrlanadigan koeffitsientlardir.

Konvektiv kuchayish: Konvektiv issiqlik uzatish intensivligi ichki oqimlar (quvur yoki kanal) uchun Nusselt soni orqali baholanadi va u quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$Nu = \frac{h D_h}{k_{eff}} \tag{12}$$

bu yerda D_h - gidravlik diametr (quvurda $D_h = D$), h - issiqlik berish koeffitsienti.

Turbulent oqim uchun:

$$Nu = 0.023\,Re^{0.8}\,Pr^{0.4}, \tag{13}$$

bu yerda

$$Re = \frac{\rho u D_h}{\mu}, \qquad Pr = \frac{c_p \mu}{k_{eff}}. \tag{14}$$

Nano-suyuqliklarda ρ, μ, c_p qiymatlari effektiv xossalarga almashtiriladi, biroq issiqlik uzatish intensivlashuvida asosiy rolni odatda k_{eff} ning ortishi o‘ynaydi. Bu holat Pr shuningdek Nu hamda h ning oshishida namoyon bo‘ladi.

*Issiqlik berish koeffitsienti***.** Yuqoridagi ta’riflardan issiqlik berish koeffitsienti quyidagicha aniqlanadi:

$$h = \frac{Nu\,k_{eff}}{D_h}. \tag{15}$$

Demak, nano-suyuqliklarda issiqlik uzatishning intensivlashuvi ikki asosiy omil bilan belgilanadi: (i) nanozarrachalar hisobiga effektiv issiqlik o‘tkazuvchanlik k_{eff} ning ortishi, ya’ni konduktiv komponentning kuchayishi; (ii) mikro-konveksiya va chegaraviy qatlam modifikatsiyasi natijasida Nusselt soni Nu ning oshishi.

Natijada konvektiv issiqlik oqimi Nyuton qonuni bilan quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$Q^{\cdot} = hA\,(T_w - T_b), \tag{16}$$

bu yerda A - issiqlik almashinish yuzasi, T_w - devor harorati, T_b - oqimning o‘rtacha harorati.

Effektiv termofizik xossalar. Nano-suyuqliklar asosiy suyuqlik va nanozarrachalardan iborat dispers aralashma sifatida qabul qilinadi va quyidagi soddalashtirilgan munosabatlar bilan tavsiflanadi:

Zichlik:

$$\rho_{eff} = (1-\varphi)\rho_f + \varphi\rho_p. \tag{17}$$

Issiqlik sig‘imi:

$$(\rho c_p)_{eff} = (1-\varphi)(\rho c_p)_f + \varphi(\rho c_p)_p, \qquad c_{p,eff} = \frac{(\rho c_p)_{eff}}{\rho_{eff}} \tag{18}$$

Viskozlik (kichik φ uchun):

$$\mu_{eff} \approx \mu_f(1 + 2.5\varphi). \tag{19}$$

Gidravlik yo‘qotishlar va nasos quvvati. Nano-suyuqliklarda viskozlikning ortishi oqimda gidravlik yo‘qotishlar (Δp) ning oshishiga olib keladi, bu esa nasos quvvatiga bo‘lgan talabning ortishi bilan namoyon bo‘ladi. Shu sababli nano-suyuqliklarning amaliy samaradorligi issiqlik yutug‘i va gidravlik yo‘qotishlar o‘rtasidagi muvozanat asosida baholanishi lozim. Nano-suyuqliklarda μ_{eff} ning ortishi bosim yo‘qotishlarni oshiradi[17-18].

Quvur oqimi uchun:

$$\Delta p = f\frac{L}{D}\frac{\rho_{eff}u^2}{2}. \quad (20)$$

Laminar rejim:

$$f = \frac{64}{Re} \quad (21)$$

Turbulent rejim:

$$f \approx 0.3164\,Re^{-0.25} \quad (22)$$

Nasos quvvati:

$$W^{\cdot}_{p} = \Delta p\, V^{\cdot} \quad (23)$$

bu yerda $V^{\cdot}$ - hajmiy sarf.

Issiqlik-gidravlik samaradorlik mezoni. Nano-suyuqliklarning amaliy samaradorligi issiqlik uzatish intensivligining oshishi va viskozlik ortishi bilan bog‘liq gidravlik yo‘qotishlar o‘rtasidagi muvozanat asosida baholanadi:

$$\eta_{th-hyd} = \frac{h_{nf}/h_f}{(\Delta pnf/\Delta pf)^{1/3}} \quad (24)$$

Agar $\eta_{th-hyd} > 1$ bo‘lsa, nano-suyuqliklardan foydalanish natijasida issiqlik uzatish intensivligining oshishi viskozlik ortishi bilan bog‘liq gidravlik yo‘qotishlarning ko‘payishidan ustun ekanligini ko‘rsatadi.

Keltirilgan soddalashtirilgan va kuchaytirilgan matematik model nano-suyuqliklarda issiqlik uzatish intensivlashuvini k_{eff} va Nu orqali h ning oshishi bilan, ekspluatatsion cheklovlarni esa μ_{eff} ortishi hisobiga Δp ning ko‘payishi bilan bog‘laydi. Shu bois nano-suyuqliklarni tanlash va optimallashtirishda issiqlik-gidravlik samaradorlik mezonlaridan foydalanish nazariy jihatdan asoslangan hisoblanadi. Ushbu yondashuv PCM bilan integratsiyalashgan tizimlarda issiqlik almashinuvini tezlashtirish bilan birga nasos quvvatiga qo‘yiladigan talablarni muvozanatlashtirish imkonini beradi hamda keyingi bo‘limda integratsiyalashgan PCM-nano-suyuqlik modelini tahlil qilish uchun mustahkam ilmiy asos yaratadi.

4. PCM va nano-suyuqlik texnologiyalarining integratsiyalashgan ilmiy konsepsiyasi.

Faza o‘zgaruvchan materiallar (PCM) va nano-suyuqlik texnologiyalarining birgalikda qo‘llanilishi zamonaviy past haroratli energetika tizimlarida issiqlik energiyasini samarali saqlash va uzatish muammolarini kompleks hal etishga qaratilgan istiqbolli ilmiy yo‘nalish hisoblanadi. Ushbu integratsiyalashgan konsepsiya PCMlarning yuqori energiya zichligiga ega bo‘lgan yashirin issiqlik akkumulyatsiyasi xususiyatlarini nano-suyuqliklarning kuchaytirilgan issiqlik uzatish qobiliyati bilan uyg‘unlashtirishga asoslanadi.

Ilmiy-nazariy tahlillar shuni ko‘rsatadiki, PCMlarning amaliy qo‘llanilishi ko‘pincha ularning past issiqlik o‘tkazuvchanligi bilan cheklanadi, bu esa faza o‘zgarish jarayonlarining sekinlashuviga va issiqlik almashinuvi intensivligining pasayishiga olib keladi. Nano-suyuqliklar esa tarkibidagi nanoo‘lchamdagi zarrachalar hisobiga issiqlik o‘tkazuvchanlik va konvektiv issiqlik almashinuvi ko‘rsatkichlarini oshirib, PCM bilan issiqlik almashinuvi jarayonini sezilarli darajada jadallashtiradi. Natijada PCMning erish va qotish jarayonlari tezlashadi hamda issiqlik energiyasining akkumulyatsiya va chiqarilish sikllari yanada samarali kechadi[19].

Integratsiyalashgan PCM-nano-suyuqlik tizimida nano-suyuqlik issiqlik tashuvchi muhit vazifasini bajarib, tashqi issiqlik manbaidan kelayotgan energiyani PCM zonasiga uzatadi. Issiqlik manbai faol bo‘lgan davrda PCM faza o‘zgarishi orqali energiyani yashirin issiqlik ko‘rinishida akkumulyatsiyalaydi, issiqlik manbai o‘chirilganda esa ushbu energiya nano-suyuqlik yordamida issiqlik iste’molchiga qayta uzatiladi. Bunday yondashuv issiqlik oqimining vaqt bo‘yicha

notekisligini kamaytirib, tizimning termal inertligini va barqarorligini oshiradi. Nano-suyuqliklardan foydalanish PCM asosidagi tizimlarda nafaqat issiqlik uzatish intensivligini kuchaytiradi, balki harorat gradientlarini kamaytirib, PCM hajmi bo‘ylab faza o‘zgarish jarayonining bir tekis kechishini ta’minlaydi. Bu holat PCMning yashirin issiqlik sig‘imidan to‘liqroq va samaraliroq foydalanish imkonini yaratadi. Shu bilan birga, nano-suyuqliklarning viskozligi ortishi natijasida yuzaga keladigan gidravlik qarshilik va nasos quvvatiga qo‘yiladigan talablar issiqlik-gidravlik muvozanat nuqtai nazaridan baholanishi zarur bo‘lgan muhim omillar sifatida qaraladi[20].

Shunday qilib, PCM va nano-suyuqlik texnologiyalarining integratsiyalashgan ilmiy konsepsiyasi issiqlik energiyasini akkumulyatsiyalash va uzatish jarayonlarini yagona tizim doirasida optimallashtirishga qaratilgan bo‘lib, past haroratli energetika tizimlarining umumiy energiya samaradorligini oshirish uchun mustahkam nazariy asos yaratadi. Ushbu konsepsiya keyingi eksperimental tadqiqotlar, matematik modellashtirish va texnologik ishlanmalarni rivojlantirish uchun ilmiy poydevor vazifasini bajaradi.

4. Xulosa. Mazkur maqolada faza o‘zgaruvchan materiallar (PCM) va nano-suyuqlik texnologiyalarining energiya muhandisligidagi ilmiy-nazariy asoslari tizimli ravishda tahlil qilindi. O‘tkazilgan nazariy umumlashtirishlar PCMlarning faza o‘zgarishi jarayonida yashirin issiqlik hisobiga issiqlik energiyasini yuqori zichlikda akkumulyatsiyalash imkoniyatiga ega ekanligini hamda harorat tebranishlarini kamaytirish orqali past haroratli energetika tizimlarida termal barqarorlikni ta’minlashdagi muhim rolini asoslab berdi. Nano-suyuqlik texnologiyalarining nazariy tahlili nanozarrachalarning mavjudligi issiqlik uzatish jarayonlarini kuchaytirishini, effektiv issiqlik o‘tkazuvchanlik va konvektiv issiqlik almashinuvi ko‘rsatkichlarining ortishini ta’minlashini ko‘rsatdi. Shu bilan birga, nano-suyuqliklardan foydalanishda viskozlikning ortishi bilan bog‘liq gidravlik qarshilik va bosim yo‘qotishlari masalalari issiqlik-gidravlik muvozanat nuqtai nazaridan baholanishi zarurligi aniqlab berildi.

PCM va nano-suyuqlik texnologiyalarining integratsiyalashgan ilmiy konsepsiyasi ushbu ikki yondashuvning o‘zaro cheklovlarini kompensatsiyalash imkonini berishini namoyon etdi. Nano-suyuqliklar PCMlarning past issiqlik o‘tkazuvchanligi bilan bog‘liq cheklovlarni kamaytirib, faza o‘zgarish jarayonlarini jadallashtiradi, PCMlar esa nano-suyuqliklar orqali uzatilayotgan issiqlik energiyasini yuqori samaradorlik bilan akkumulyatsiyalaydi. Natijada issiqlik energiyasini saqlash va uzatish jarayonlari yagona tizim doirasida optimallashtiriladi. Umuman olganda, PCM va nano-suyuqlik texnologiyalariga asoslangan integratsiyalashgan yondashuv past haroratli energetika tizimlarida energiya samaradorligini oshirish, issiqlik oqimining vaqt bo‘yicha notekisligini kamaytirish hamda tizimlarning barqaror ishlashini ta’minlash uchun mustahkam ilmiy-nazariy poydevor yaratadi. Olingan xulosalar kelgusida eksperimental tadqiqotlar, matematik modellashtirish va amaliy texnologik ishlanmalarni rivojlantirish uchun yo‘nalish beruvchi ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1]. Khamraev S., Kamolov B., Tadjiboyev S., Axmedova B., Burieva N., Ochilov M., Samatova S., Sharopov U. Experimental and theoretical analysis of thermo-hydraulic performance of a solar-collector-based hydronic floor heating system under climatic conditions of Uzbekistan. Energy, 348 (2026) 140399. https://doi.org/10.1016/j.energy.2026.140399

[2]. S I Khamraev. Study of the combined solar heating system of residential houses. BIO Web of Conferences 71, 02017 (2023) https://doi.org/10.1051/bioconf/20237102017 CIBTA-II-2023

[3]. Uzakov G. N., Charvinski V. L., Ibragimov U. Kh., Khamraev S. I., Kamolov B. I. (2022) Mathematical Modeling of the Combined Heat Supply System of a Solar House. Energetika. Proc. CIS Higher Educ. Inst. and Power Eng. Assoc. 65 (5), 412–421. https://doi.org/10. 21122/1029-7448-2022-65-5-412-421

[4]. Uzakov G.N., Khamraev S.I., Khuzhakulov S.M. Rural house heat supply system based on solar energy // IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering 1030 (2021) 012167 IOP Publishing doi:10.1088/1757-899X/1030/1/012167

[5]. Khamraev S. I, Ibragimov U. Kh Kamolov B.I. Removal of hydrodynamic lesions of a heated floor with a solar collector // APEC-V-2022 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1070(2022) 012018 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/1070/1/012018.

[6]. Zalba B., Marín J.M., Cabeza L.F., Mehling H. Review on thermal energy storage with phase change materials, heat transfer analysis and applications. Applied Thermal Engineering, 2003, vol. 23, no. 3, pp. 251–283.

[7]. Cabeza L.F. (Ed.). Advances in Thermal Energy Storage Systems: Methods and Applications. Woodhead Publishing, Oxford, 2015. 768 p.
[8]. Mehling H., Cabeza L.F. Heat and Cold Storage with PCM: An Up to Date Introduction into Basics and Applications. Springer, Berlin, 2008. 308 p.
[9]. Farid M.M., Khudhair A.M., Razack S.A.K., Al-Hallaj S. A review on phase change energy storage: materials and applications. Energy Conversion and Management, 2004, vol. 45, no. 9–10, pp. 1597-1615.
[10]. Sharma A., Tyagi V.V., Chen C.R., Buddhi D. Review on thermal energy storage with phase change materials and applications. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2009, vol. 13, no. 2, pp. 318-345.
[11]. Ostry M., Charvat P. Materials for advanced heat storage in buildings. Procedia Engineering, 2013, vol. 57, pp. 837–844.
[12]. Eastman J.A., Choi S.U.S., Li S., Yu W., Thompson L.J. Anomalously increased effective thermal conductivity of ethylene glycol-based nanofluids containing copper nanoparticles. Applied Physics Letters, 2001, vol. 78, no. 6, pp. 718–720.
[13]. Choi S.U.S., Eastman J.A. Enhancing thermal conductivity of fluids with nanoparticles. In: Proceedings of the ASME International Mechanical Engineering Congress and Exposition. San Francisco, 1995, pp. 99–105.
[14]. Wang X.Q., Mujumdar A.S. Heat transfer characteristics of nanofluids: a review. International Journal of Thermal Sciences, 2007, vol. 46, no. 1, pp. 1-19.
[15]. Das S.K., Choi S.U.S., Yu W., Pradeep T. Nanofluids: Science and Technology. Wiley, Hoboken, 2007. 416 p.
[16]. Buongiorno J. Convective transport in nanofluids. Journal of Heat Transfer, 2006, vol. 128, no. 3, pp. 240-250.
[17]. Xuan Y., Roetzel W. Conceptions for heat transfer correlation of nanofluids. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2000, vol. 43, no. 19, pp. 3701-3707.
[18]. Kakac S., Pramuanjaroenkij A. Review of convective heat transfer enhancement with nanofluids. International Journal of Heat and Mass Transfer, 2009, vol. 52, no. 13-14, pp. 3187-3196.
[19]. Yu W., Choi S.U.S. The role of interfacial layers in the enhanced thermal conductivity of nanofluids: a renovated Maxwell model. Journal of Nanoparticle Research, 2003, vol. 5, no. 1-2, pp. 167-171.
[20]. Ma Z., Zhang P., Wang R.Z. Review on thermal energy storage with phase change materials and applications in buildings. Energy and Buildings, 2009, vol. 41, no. 10, pp. 1040-1051.

UDK 620.91.:621.383.51

ПАРАБОЛОЦИЛИНДР КОНЦЕНТРАТОРЛИ PV/T ҚУРИЛМАЛАРИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ БЎЙИЧА ИЛМИЙ ИШЛАР ТАҲЛИЛИ

С.Ф. Эргашев, Х.Н. Ахмедова

Фарғона давлат техника университети,
E-mail: abonu5956@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0009-0000-1316-3405
(Қабул қилинди 04.04.2026 й.)

Аннотация. *Мазкур мақолада параболоцилиндр концентраторга асосланган PV/T қурилмаларнинг иш тамойиллари, энергетик самарадорлик, иссиқлик-электр жараёнлари ва илмий адабиётлардаги тадқиқот натижалари атрофлича таҳлил этилди. PV/T тизимлари қуёш нурланишидан бир вақтнинг ўзида электр ва иссиқлик энергиясини олишга имкон бериб, умумий экзергетик самарадорликни кескин оширади. Параболоцилиндр концентратор тушаётган нурланишни фокал чизиққа тўплаб, қабул қилгичдаги энергия зичлигини орттиради. Тадқиқотлар шуни кўрсатдики, инфрақизил нурланишни танлаб концентрациялаш термик ҳам фотоэлектрик самарадорликни бир вақтда яхшилайди. Геометрик концентрация коэффициенти 15–25 бўлганда, тизимнинг умумий самарадорлиги 75–82% га етиши аниқланди. Концентрация коэффициенти, нурланиш даражаси, оқим сарфи ва иш ҳарорати бўйича параметрик таҳлил натижалари баён қилинди. Асосий конструктив қийинчиликлар — оптик кузатиш, иссиқлик бошқаруви ва нарх оптимизацияси — муҳокама этилиб, келгуси тажриба тадқиқотлари учун ўлчов параметрлари таклиф қилинди.*

Калит сўзлар*: PV/T тизимлари; параболоцилиндр концентратор; қуёш энергияси; инфрақизил нурланиш; гибрид коллектор; иссиқлик самарадорлиги; концентрлаштирувчи фотоэлектрик; энергия айланиши.*

Аннотация. *В данной статье подробно проанализированы принципы работы PV/T установок на основе параболоцилиндрического концентратора, их энергетическая эффективность, теплоэлектрические процессы и результаты исследований, представленные в научной литературе. PV/T системы позволяют одновременно получать электрическую и тепловую энергию из солнечного*

излучения, что значительно повышает общую эксергетическую эффективность. Параболоцилиндрический концентратор фокусирует падающее излучение на фокальной линии, увеличивая плотность энергии в приемнике. Исследования показали, что селективная концентрация инфракрасного излучения одновременно улучшает как тепловую, так и фотоэлектрическую эффективность. Установлено, что при коэффициенте геометрической концентрации 15–25 общая эффективность системы достигает 75–82%. Представлены результаты параметрического анализа по коэффициенту концентрации, уровню солнечного излучения, расходу теплоносителя и рабочей температуре. Обсуждаются основные конструктивные сложности — оптическое слежение, тепловое управление и оптимизация стоимости, а также предложены измерительные параметры для будущих экспериментальных исследований.

Ключевые слова: *PV/T системы; параболоцилиндрический концентратор; солнечная энергия; инфракрасное излучение; гибридный коллектор; тепловая эффективность; концентрирующая фотоэлектрика; преобразование энергии.*

Abstract. *This article provides a detailed analysis of the operating principles of PV/T systems based on parabolic trough concentrators, their energy efficiency, thermoelectric processes, and research findings reported in scientific literature. PV/T systems enable the simultaneous generation of electrical and thermal energy from solar radiation, significantly increasing overall exergetic efficiency. The parabolic trough concentrator focuses incoming solar radiation onto the focal line, thereby increasing the energy density at the receiver. Research results indicate that selective concentration of infrared radiation improves both thermal and photovoltaic efficiency simultaneously. It was determined that when the geometric concentration ratio is within the range of 15–25, the overall system efficiency can reach 75–82%. The paper presents the results of parametric analysis based on concentration ratio, solar radiation intensity, flow rate, and operating temperature. Major design challenges — including optical tracking, thermal management, and cost optimization — are discussed, and measurement parameters for future experimental studies are proposed.*

Keywords: *PV/T systems; parabolic trough concentrator; solar energy; infrared radiation; hybrid collector; thermal efficiency; concentrating photovoltaics; energy conversion.*

Кириш. Қайта тикланувчи энергия манбалари орасида қуёш энергияси энг тез суръатлар билан ривожланаётган ва катта истиқболга эга бўлган соҳалардан бири сифатида алоҳида эътибор қозонмоқда. Анъанавий фотоэлектрик (PV) панеллар тушаётган қуёш нурланишини электр токига айлантиради; бироқ элемент ҳарорати ортган сари — стандарт синов шароитидаги 25°C дан бошлаб — ҳар бир даража учун электр самарадорлиги тахминан 0,4–0,5% га пасайиши кузатилади [1]. Ushbu иссиқлик чеклови муаммосини ҳал этиш ва PV элементлардан чиқаётган иссиқликни ҳам иш учун фойдаланиш мақсадида фотоэлектрик-термик (PV/T) гибрид тизимлар яратилган ва жадал тадқиқ этилмоқда.

PV/T коллекторларда фотоэлектрик модул иссиқлик абсорбери билан ягона конструкцияга бирлаштирилади; бу ёндашув битта коллектор юзасидан бир вақтнинг ўзида электр ва фойдали иссиқлик олиш имконини яратади. Термик қисмда иссиқлик узатгич суюқлик — одатда сув, ҳаво ёки совутгич модда — PV модулнинг орқа юзасидан ортиқча иссиқликни олиб кетади; бу орқали элементлар совитилади, иссиқлик эса иситиш, иссиқ сув тайёрлаш ёки саноат эҳтиёжлари учун сарфланади. Икки хил энергия оқимини биргаликда ишлаб чиқариш тизимнинг умумий энергетик ва эксергетик самарадорлигини сезиларли даражада оширади [2].

Параболоцилиндрик концентратор нурланишни кичик абсорбер юзасига тўплайди, шу тариқа қабул қилгичдаги қувват зичлигини оширади ва тизим имкониятларини янада кенгайтиради. Параболик лоток (параболоцилиндр) тизимлари чизиқли фокус геометрияси, нисбатан содда конструкцияси ва қулай оптик хусусиятлари боис концентрлаштирувчи қуёш электр стансиялари (CSP) ичида энг пишиқ ва кенг қўлланиладиган технология ҳисобланади [4]. Бундай концентратор PV/T қабул қилгич билан биргаликда ишлатилганида қуёш спектрининг кўринар қисмини ҳамда инфрақизил (ИК) компонентини йўналтиради; бу эса фотоэлектрик айланишга салбий таъсир кўрсатмай термик энергиядан унумли фойдаланиш имконини беради.

Мазкур мақолада параболоцилиндр ИК концентраторли PV/T қурилмаларнинг иш тамойиллари кўриб чиқилади, асосий энергия баланси ва самарадорлик тенгламалари баён

этилади, адабиётлардаги тадқиқот натижалари таҳлил қилинади ҳамда конструктив чеклов ва перспективли тадқиқот йўналишлари муҳокама этилади.

Параболоцилиндр концентраторнинг иш тамойили. Параболоцилиндр концентратор (ПЦК) парабола кесими шаклида ишланган ойнадан ташкил топади; у параллел тушаётган қуёш нурларини параболанинг f фокус масофасида жойлашган фокал чизиққа акс эттиради. W апертура кенглиги ва φ_rim чизғи бурчаги геометрик концентрация коэффициенти C қийматини белгилайди:

$$C = W / (\pi \cdot d_r) \quad (1)$$

бу ерда d_r — цилиндрик қабул қилгич трубасининг ташқи диаметри. Амалий параболик лоток тизимларида C 10 дан 80 гача ўзгаради, аммо PV/T иловаларида концентрацияни C = 3–25 доирасида сақлаш тавсия этилади, зеро юқорироқ концентрация PV элементларнинг ҳаддан ташқари қизишига олиб келади. Фокал чизиқда PV/T қабул қилгич жойлаштирилади — у иссиқлик ўтказувчан асосга ламинатланган фотоэлектрик элементлардан ва иссиқлик узатгич суюқлик каналидан иборат.

Оптик тўғрилашни кун давомида ушлаб туриш мақсадида концентратор доимий равишда қуёшга кузатиш тизими орқали йўналтириб турилади. Горизонтал шимол–жануб ўқи атрофидаги бир ўқли кузатиш тизими стандарт ечим ҳисобланади. Яхши созланган тизимларда йиллик интерсепт коэффициенти одатда 0,95 дан ошади [4]. Оптик йўқотишлар ойнанинг қайтариш коэффициенти ρ, шиша қоплама ўтказувчанлиги τ ва абсорбер юзасининг ютиш коэффициенти α орқали аниқланади:

$$\eta_{opt} = \rho \cdot \tau \cdot \alpha \quad (2)$$

Параболоцилиндр PV/T концентратор тизимининг таркибий элементлари.

1-жадвал

№	Элемент	Вазифаси
1	Параболик ойна	Қуёш нурларини акс эттириб, фокал чизиққа тўплайди
2	Фокал чизиқ қабул қилгичи	Концентрланган нурланишни қабул қилади; PV/T модул жойи
3	PV/T модул	Кўринар нурни электрга; иссиқликни суюқликни қиздиришга айлантиради
4	Иссиқлик узатгич суюқлик	Абсорбердан суюқлик иссиқликни истеъмолчига узатади
5	Айланиш насоси	Иссиқлик ташувчи суюқликнинг мажбурий конвекциясини таъминлайди

PV/T тизими конфигурацияси ва энергия айланиши. PV/T коллектор ягона қабул қилгич конструкциясида иккита мустақил энергия айланиши тизимини бирлаштиради. Фотоэлектрик ярим тизим — одатда монокристалл ёки поликристалл кремний ёки арсенид галий асосидаги элементлар — тушаётган нурланишнинг бир қисмини ўзгармас ток электр энергиясига айлантиради. Қолган энергия — асосан кам энергияли фотонлар ва термализация йўқотишлари ҳисобига ҳосил бўлган иссиқлик — термик ярим тизим томонидан ютиб олинади ва иш суюқлигига берилади. Қабул қилгич кесими бўйлаб умумий энергия баланси қуйидаги тенглама орқали ифодаланади:

$$E_{умумий} = E_{электр} + E_{иссиқлик} \quad (3)$$

Битта апертура юзасидан икки хил энергия олиш PV/T технологиясининг алоҳида фотоэлектрик ва қуёш-термик коллекторлар олдидаги бош устунлигини ташкил этади. "Handbook of Photovoltaic Science and Engineering" [3] да таъкидланганидек, кремний PV элементларнинг электр самарадорлиги ҳарорат ошган сари пасаяди — шунинг учун концентрлаштирувчи PV қурилмаларида фаол иссиқлик бошқаруви муҳим аҳамият касб этади. Кристалл кремний учун одатдаги ҳарорат коэффициенти $\beta = -0{,}004$ дан $-0{,}005$ $К^{-1}$ гача.

Қуёшдан тушаётган нурланишнинг тахминан 49% ини ташкил қилувчи инфрақизил спектр қисми иссиқлик энергиясини ажратиб олиш учун айниқса мос. Параболик ойна

кўринар ва инфрақизил диапазонларни бирга концентрациялаб, тизимнинг термик чиқишини фотоэлектрик айланишга зиён етказмасдан максималлаштиради [2].

Математик тавсиф

Тушаётган қуёш энергияси

G нурланиши шароитида A апертура юзали концентраторга тушаётган жами қуёш қуввати:

$$Q_{кир} = A \cdot G \ (Вт) \quad (4)$$

Оптик самарадорлик ва ютилган қувват

Оптик йўқотишлар ҳисобга олингандан сўнг қабул қилгичда реал ютиладиган қувват:

$$Q_{абс} = A \cdot G \cdot \eta_{опт} \quad \text{бунда} \quad \eta_{опт} = \rho \cdot \tau \cdot \alpha \quad (5)$$

Юқори сифатли параболик лоток тизимлари учун η_опт одатда 0,70–0,78 оралиғида бўлади [4].

Иссиқлик самарадорлиги. Коллекторнинг иссиқлик самарадорлиги фойдали иссиқлик олишнинг тушаётган қуёш қувватига нисбати орқали аниқланади:

$$\eta_{ис} = [\dot{m} \cdot c_p \cdot (T_{чиқ} - T_{кир})] / (A \cdot G) \quad (6)$$

бу ерда $\dot{m}$ — суюқликнинг массавий оқим сарфи (кг/с), c_p — соленоидли иссиқлик сиғими (Дж/кг·К), $T_{чиқ}$ ва $T_{кир}$ — суюқликнинг чиқиш ва кириш ҳарорати. Duffie ва Beckman [1] Ҳоттел–Виллир–Блисс коллектор самарадорлиги назариясини иссиқлик олиб кетиш омили F_R ва умумий иссиқлик йўқотиш коэффициенти U_L орқали белгилашни ишлаб чиқишга.

Электр самарадорлиги ва ҳарорат боғлиқлиги

T_c иш ҳароратида PV элементларнинг электр самарадорлиги стандарт 25°C дан оғиш линейн функцияси орқали моделланади:

$$\eta_{эл} = \eta_{реф} \cdot [1 - \beta \cdot (T_c - T_{реф})] \quad (7)$$

бу ерда $\eta_{реф}$ — СТШ (G = 1000 Вт/м², $T_{реф}$ = 25°C, AM1.5) шароитидаги электр самарадорлиги; β — самарадорлик ҳарорат коэффициенти (кристалл кремний учун 0,004–0,005 $К^{-1}$). Luque ва Hegedus [3] бу боғлиқликни ва унинг элемент материали ҳамда тузилишига боғлиқлигини батафсил ёритади.

Умумий тизим самарадорлиги

PV/T тизимининг умумий самарадорлиги электр ва иссиқлик самарадорликлари йиғиндиси сифатида аниқланади; бунда иссиқлик ва электр энергиялари термодинамик жиҳатдан эквивалент (бирламчи энергия асосида) деб қаралади:

$$\eta_{умумий} = \eta_{эл} + \eta_{ис} \quad (8)$$

Kalogirou [2] таклиф этган эксергия таҳлили иссиқлик энергиясини Карно омили ($1 - T_{муҳит}/T_{ис}$) орқали ўлчаб, электр ва иссиқлик чиқишларини сифат жиҳатдан таққослашга мустаҳкам асос яратади.

Параболоцилиндр PV/T тизими учун асосий самарадорлик тенгламалари.

2-жадвал

Параметр	Белги / Тенглама	Бирлик
Тушаётган қуёш қуввати	$Q_{кир} = A \cdot G$	Вт
Ютилган қувват	$Q_{абс} = A \cdot G \cdot \eta_{опт}$	Вт
Иссиқлик самарадорлиги	$\eta_{ис} = \dot{m}\, c_p\, \Delta T / (A \cdot G)$	—
Электр самарадорлиги	$\eta_{эл} = \eta_{реф}\,[1 - \beta(T_c - T_{реф})]$	—
Умумий самарадорлик	$\eta_{умумий} = \eta_{эл} + \eta_{ис}$	—

Илмий адабиётлар таҳлили. Қуйидаги жадвалда ушбу тадқиқотда фойдаланилган асосий манбалар, уларнинг муҳим ҳиссалари ва мавзу учун аҳамияти тизимли тарзда келтирилган.

Параболоцилиндр PV/T концентратор тизимлари бўйича асосий илмий манбалар.

3-жадвал

Манба	Адабиёт	Асосий ҳисса	Аҳамияти
[1]	Duffie & Beckman, Solar Engineering of Thermal Processes	Энергия баланси, коллектор самарадорлиги таҳлили, нурланиш моделлаши	Коллектор ҳисоблашлари учун назарий пойдевор
[2]	Kalogirou, Solar Energy Engineering	Қуёш коллекторлари, PV тизимлари, CSP ва эксергия таҳлили	PV/T конфигурациялари ва термик коллектор лойиҳасини ёритади
[3]	Luque & Hegedus, Handbook of PV	PV физикаси, ҳарорат ва нурланиш таъсирида самарадорлик	Ҳарорат коэффициенти ва самарадорлик пасайишини миқдорлайди
[4]	Lovegrove & Stein, CSP Technology	Параболик лоток ва тарелка концентраторлари	Параболоцилиндр геометрияси ва оптикасини батафсил баён этади
[5]	PV/T Systems (Zondag)	Гибрид коллектор, суюқли совитиш, биргаликдаги чиқиш	PV ва термик ярим тизимларни бирлаштиришни тавсифлайди
[6]	Advanced Renewable Energy Systems	Инновацион совитиш стратегиялари, тизим оптималлаштириши	Кенгайтирилган иссиқлик бошқаруви ва оптимизацияни ёритади

Duffie ва Beckman [1] қуёш термик тизимлар учун Ҳоттел–Виллир–Блисс энергия баланси методологиясини асосладилар. Уларнинг қайтарилган ҳарорат параметри (T_кир − T_муҳит)/G орқали коллектор самарадорлигини тавсифлаш усули PV/T концентрлаштирувчи қабул қилгичга бевосита татбиқ этиш мумкин бўлган универсал тавсифлашни беради. Kalogirou [2] эса PV/T тизимларида электр ва иссиқлик чиқишларини умумий асосда баҳолаш зарурати борлигини таъкидлаб, эксергия таҳлилининг муҳимлигини алоҳида кўрсатади.

Параметрик таҳлил ва натижалар

Қуйидаги жадваллар 4-бўлимдаги тенгламалар асосида олинган тасвирий самарадорлик маълумотларини акс эттиради.

PV элемент ҳарорати электр самарадорликка таъсири (η_реф = 20%, β = 0,004 К⁻¹).

4-жадвал

PV элемент ҳарорати, T_c (°C)	Электр самарадорлиги, η_эл (%)
25	20,0
30	19,8
35	19,6
40	19,4
45	19,2
50	19,0
55	18,8
60	18,6

Қуёш нурланиши ва иссиқлик қуввати боғлиқлиги (A = 1 м², η_ис = 0,67).

5-жадвал

Қуёш нурланиши, G (Вт/м²)	Иссиқлик қуввати, Q_ис (Вт)
400	240
500	310
600	380
700	455
800	530
900	600
1000	670

Геометрик концентрация коэффициентининг умумий тизим самарадорлигига таъсири.

6-жадвал

Концентрация коэффициенти, C	Умумий самарадорлик, η_умумий (%)
1	45
3	55
5	62
10	70
15	75
20	79
25	82

6-жадвал маълумотлари оптик концентрация орқали умумий самарадорликни сезиларли даражада ошириш мумкинлигини тасдиқлайди. C = 1 (текис PV/T)да умумий самарадорлик тахминан 45% бўлса, C = 25 да у 82% га кўтарилади. Бу ўсиш нурланиш зичлиги ортган сари термик чиқишнинг кескин кўпайиши билан боғлиқ. Шу бирга, иссиқлик бошқаруви оптималлаштирилмаса, элемент ҳарорати ошиши электр самарадорлигини маълум даражада камайтириши мумкин. Шу сабабли C ≈ 5 дан юқори концентрация коэффициентларида мажбурий суюқликли совитиш муҳим зарурат ҳисобланади [3].

Афзалликлар, камчиликлар ва истиқболли тадқиқот йўналишлари.

Афзалликлар. Параболоцилиндр ИК концентратор PV/T тизимларининг алоҳида фотоэлектрик ва қуёш-термик коллекторларга нисбатан бош устунликлари қуйидагилардан иборат: [1] бирлик ер майдони ҳисобига юқори умумий энергия чиқиши; PV элементларнинг фаол совитилиши — бу электр самарадорлигини барқарорлаштиради ва оширади; [2] саноат жараёнлари, абсорбцион совитиш ёки иситиш учун мос нисбатан юқори ҳарорат даражасидаги иссиқлик ишлаб чиқариш; [4] ягона конструктив ва гидравлик инфратузилма орқали тизимнинг жами нархини камайтириш.

Камчиликлар. Асосий техник чекловлар: концентратор кузатиш механизмининг мураккаблиги ва у учун сарфланадиган қўшимча энергия; оптик фокусни ушлаб туриш учун аниқ қуёш кузатиши заруриги; юқори концентрацияда PV ламинат материалларининг иссиқликдан деградациялашиш эҳтимоли; шунингдек концентратор, танлаб ютувчи қоплама ва совутиш контури учун юқори бошланғич сармоя. Фокал чизиқ кесими бўйлаб нурланишнинг нотекис тарқалиши оптик ва термик муҳандислик нуқтаи назаридан ҳал этилиши лозим бўлган муҳим муаммолиғича қолмоқда [4].

Тажриба тадқиқоти учун тавсия этилган параметрлар

Келгуси тажриба тадқиқотлари учун қуйидаги параметрларни тизимли ўлчаш тавсия этилади:

PV/T концентратор тажриба тадқиқоти учун тавсия этилган ўлчов параметрлари.

7-жадвал

Параметр	Белги	Бирлик	Ўлчов асбоби
Қуёш нурланиши	G	Вт/м²	Пиранометр / пиргелиометр
Суюқлик кириш ҳарорати	T_кир	°C	PT100 / термопара
Суюқлик чиқиш ҳарорати	T_чиқ	°C	PT100 / термопара
PV элемент ҳарорати	T_с	°C	ИК термометр / термопара
Суюқлик оқим сарфи	ṁ	кг/с	Электромагнит дебитометр
Очиқ занжир кучланиши	V_оч	В	Рақамли мультиметр
Қисқа туташув токи	I_қт	А	Ток трансформатори
Максимал электр қуввати	P_макс = V·I	Вт	I–V характеристика ёзувчи

Хулоса. Параболоцилиндр концентраторли PV/T тизимларининг иш тамойиллари, бошқарув тенгламалари ва самарадорлик кўрсаткичлари бўйича ўтказилган ушбу тадқиқот таҳлили асосида қуйидаги асосий хулосалар чиқарилди:

Параболоцилиндр PV/T концентратор тизимлари геометрик концентрация коэффициенти 15–25 бўлганда умумий электр-иссиқлик самарадорлигини 75–82% га етказиши мумкин — бу алоҳида қўлланиладиган технологиялар олдидаги кескин устунликдир.

1. C ≈ 5 дан юқори концентрацияда PV қабул қилгични мажбурий суюқликли совитиш иссиқлик деградациясидан сақлаш ва электр самарадорлигини барқарор ушлаб туриш учун шарт.

2. Оптик самарадорлик $\eta_{опт} = \rho \cdot \tau \cdot \alpha$ кўпайтмаси билан белгиланади ва юқори инъикос коэффициентли ойна материаллари ҳамда танлаб ютувчи қоплама орқали максималлаштирилиши лозим.

3. Умумий қуёш спектрининг тахминан 49% ини ташкил қилувчи инфрақизил нурланиш иссиқлик энергиясини ажратиб олиш учун қимматли манба бўлиб, PV/T концентрлаштирувчи қабул қилгичларда фотоэлектрик айланишга зиён келтирмасдан самарали фойдаланиш мумкин.

4. Аниқ қуёш кузатиши, фокал нурланишнинг нотекис тарқалиши ва ламинат иссиқлик чидамлилиги каби конструктив муаммолар ишончли узоқ муддатли ишлашни таъминлаш учун янада чуқур тажриба ва рақамли тадқиқотни талаб этади.

Адабиётлар

[1]. Duffie, J.A.; Beckman, W.A. Solar Engineering of Thermal Processes, 4-нашр; Wiley: Hoboken, NJ, АҚШ, 2013.

[2]. Kalogirou, S.A. Solar Energy Engineering: Processes and Systems, 2-нашр; Academic Press: Waltham, MA, АҚШ, 2014.

[3]. Luque, A.; Hegedus, S. (таҳр.) Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, 2-нашр; Wiley: Chichester, Буюк Британия, 2011.

[4]. Lovegrove, K.; Stein, W. (таҳр.) Concentrating Solar Power Technology; Woodhead Publishing: Cambridge, Буюк Британия, 2012.

[5]. Zondag, H.A. Flat-plate PV-Thermal collectors and systems: A review. Renew. Sustain. Energy Rev. 2008, 12, 891–959.

[6]. Sukhatme, S.P.; Nayak, J.K. Solar Energy: Principles of Thermal Collection and Storage, 3-нашр; Tata McGraw-Hill: Янги Деҳли, Ҳиндистон, 2008.

SHARLI TEGIRMONNI AVTOMATIK BOSHQARUV TIZIMI BO‘G‘INLARINING DIFFERENSIAL TENGLAMALARI VA UZATISH FUNKSIYALARI TAHLILI

S.G. Shirinov

[1*]*Navoiy davlat konchilik va taexnologiyalar universiteti*
[1]**Mas’ul muallif, e-mail: sohibjonshirinov5@gmail.com:*
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Maqolada sharli tegirmonning yopiq siklli ho‘l maydalash jarayonini avtomatik boshqarish masalalari ko‘rib chiqilgan. Jarayonning statik xarakteristikalari tahlil qilinib, uning nochiziqli va ekstremal xususiyatlari aniqlangan. Maydalash sifati (β) ruda qattiqligi (H), energiya sarfi (P) va ruda uzatish tezligi (Q) parametrlariga bog‘liqligi asosida statik bog‘lanishlar olingan. Yopiq siklli maydalash tizimi birinchi tartibli inersiyali dinamik obekt sifatida yaqinlashtirilgan. Jarayonning differensial tenglamasi tuzilgan bo‘lib, Laplas operatorida uzatish funksiyalari olib chiqilgan. O‘tish xarakteristikasi asosida tizimning asosiy dinamik parametrlari — kuchaytirish koeffitsienti (K), vaqt doimiysi (T) va kechikish vaqti (τ) aniqlash usullari ko‘rsatilgan. Olingan matematik modellar va uzatish funksiyalari sharli tegirmonlarda ekstremal va adaptiv boshqaruv tizimlarini, xususan ANFISga asoslangan aqlli boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish uchun nazariy asos yaratadi.*

Kalit so‘zlar: *sharli tegirmon, avtomatik boshqaruv, yopiq siklli maydalash.*

Abstract. *The article considers the issues of automatic control of the closed-cycle wet grinding process of a ball mill. The static characteristics of the process are analyzed, and its nonlinear and extreme properties are determined. Static relationships are obtained based on the dependence of the grinding quality (β) on the parameters of ore hardness (H), energy consumption (P) and ore transfer rate (Q). The closed-cycle grinding system is approximated as a first-order inertial dynamic object. The differential equation of the process is constructed, and the transfer functions are derived in the Laplace operator. Methods for determining the main dynamic parameters of the system - the amplification coefficient (K), time constant (T) and delay time (τ) - are shown based on the transition characteristic. The obtained mathematical models and transfer functions provide a theoretical basis for the development of extreme and adaptive control systems in ball mills, in particular, intelligent control algorithms based on ANFIS.*

Keywords*: ball mill, automatic control, closed-loop grinding.*

Аннотация. *В статье рассмтриваются вопросы автоматического управления процессом мокрого измельчения в замкнутом цикле шаровой мельницы. Анализируются статические характеристики процесса, определяются его нелинейные и экстремумные свойства. Получены статические зависимости на основе зависимости качества измельчения (β) от параметров твердости руды (H), энергопотребления (P) и скорости переноса руды (Q). Система мокрого измельчения в замкнутом цикле аппроксимируется как инерционный динамический объект первого порядка. Построено дифференциальное уравнение процесса, и выведены передаточные функции в операторе Лапласа. На основе характеристик перехода показаны методы определения основных динамических параметров системы — коэффициента усиления (K), постоянной времени (T) и времени задержки (τ). Полученные математические модели и передаточные функции обеспечивают теоретическую основу для разработки экстремальных и адаптивных систем управления в шаровых мельницах, в частности, интеллектуальных алгоритмов управления на основе ANFIS.*

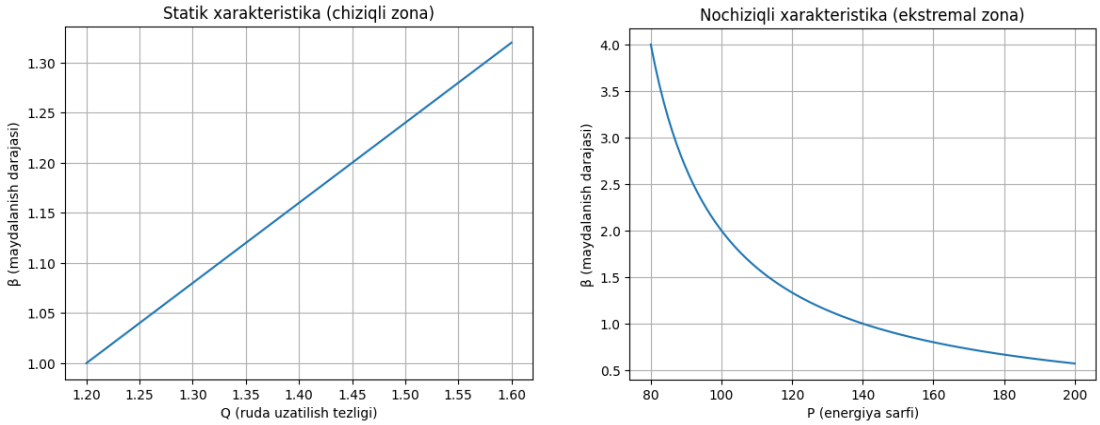
Ключевые слова: *шаровая мельница, автоматическое управление, измельчение с обратной связью.*

1. Kirish.

Klassifikatsiya va maydalash jarayonlari nochiziqli bo‘lib, ularning statik xarakteristikalari ham nochiziqli hisoblanadi. Biroq, kirish parametrlarining ma’lum diapazonida ushbu jarayonlarni chiziqlashtirish mumkin. Ayrim bog‘lanishlar aniq ekstremal xususiyatga ega bo‘lib, masalan, klassifikator chiqishidagi tayyor mahsulot miqdori qattiq modda ulushi va tegirmon quvvatiga bog‘liq holda maksimumga ega. Shuningdek, tegirmon chiqishining parametrlari ham kirishdagi qattiq modda miqdoriga bog‘liq ravishda o‘zgaradi.

Ushbu bog‘lanishlarga asoslanib, maydalash va klassifikatsiya jarayonlarida ekstremal boshqaruvni amalga oshirish mumkin. Bunda tizimning ishlash rejimi shunday tanlanadiki, chiqish

parametrlari maksimal qiymatga yaqinlashadi.GMZ-2 sharli tegirmon tizimi uchun bu bog‘lanishlar ruda qattiqligi H, energiya sarfi P va ruda uzatilish tezligi Q kabi parametrlar bilan aniqlanadi. Ushbu parametrlar o‘zaro nochiziqli bog‘langan bo‘lib, ularning ma’lum kombinatsiyasida tizim chiqishi optimal qiymatga ega bo‘ladi. 1-rasmga o‘xshash statik xarakteristikalar tegirmon va klassifikatorning turli boshqaruv kanallari bo‘yicha ishlashini ifodalaydi. Ushbu xarakteristikalar asosida tizimning optimal ishlash nuqtasi aniqlanadi va ANFIS modeli orqali adaptiv boshqaruv amalga oshiriladi.



a) b)

1-rasm. jarayonining statik xarakteristikalari: a – ruda uzatilish tezligi (Q) – yanchish sifati (β)»;b – energiya sarfi (P)– yanchish sifati (β)».

1-rasmga mos ravishda qurilgan statik xarakteristikalar maydalash jarayonining chiziqli va nochiziqli zonalarini aks ettiradi. Chiziqli zona klassik matematik modellash uchun qulay bo‘lsa, nochiziqli zona ekstremal boshqaruv va ANFIS kabi adaptiv usullarni qo‘llash zaruratini ko‘rsatadi

2. Materiallar va metodlar

Yopiq siklli ho‘l maydalash tizimi avtomatik boshqaruv obyekti sifatida qaraladi. Tizimning kirish va chiqish parametrlarini aniqlash asosida uning matematik modeli shakllantiriladi va keyinchalik ANFIS modeli yordamida adaptiv boshqaruv amalga oshiriladi.

Maydalash jarayoni inersiyali va nochiziqli bo‘lganligi sababli, uni birinchi tartibli dinamik tizim sifatida yaqinlashtirib ifodalash mumkin

$$\frac{d\beta(t)}{dt} = \frac{1}{\tau}\beta(t) + k_1 H(t) + k_2 P(t) + k_3 Q(t)$$

$\beta(t)$ — maydalash sifati (chiqish)

$H(t)$ — ruda qattiqligi (bezovta ta’sir)

$P(t)$ — energiya sarfi (boshqaruv)

$Q(t)$ — ruda uzatilish tezligi (boshqaruv)

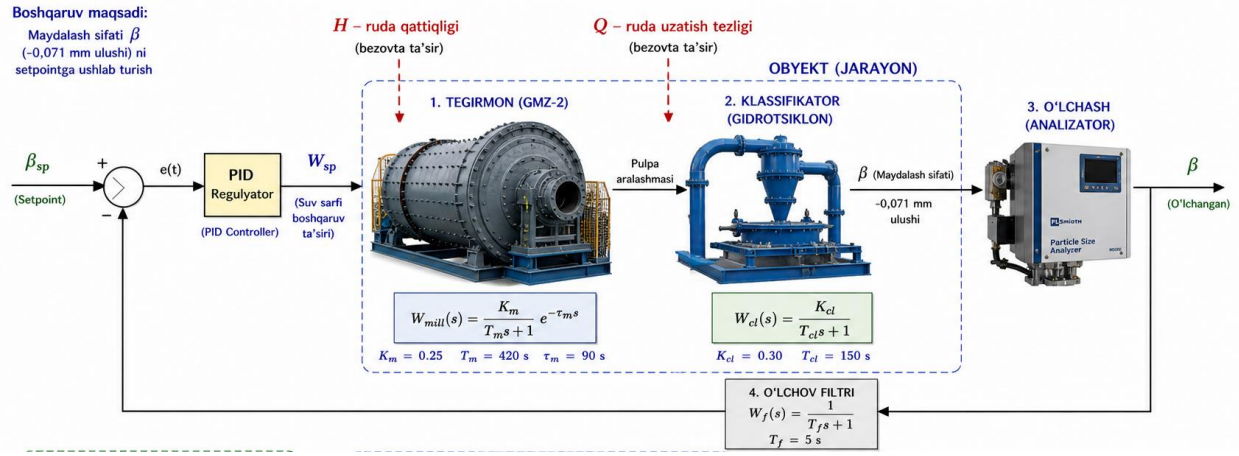
τ — tizimning vaqt doimiysi

k_1, k_2, k_3 — sezgirlik koeffitsientlari

Maydalangan tayyor mahsulot sifati β to’g’ridan to’g’ri sharli tegirmonning elektr energiya sarfiga P, ruda qattiqligiga H va rudani uzatish tezligi Q ga bog’liq bo’ladi

$$\beta = \tau(k_1 H + k_2 P + k_3 Q)$$

Keltirilgan bog’lanish yanchish jarayonining static xarakteristikasini ifodalaydiva kirish parametrining chiqish kattaligigfa ta’sir qiladi. Agar ruda qattiqligi HHH, energiya sarfi P va ruda uzatilish tezligi Q nolga teng bo‘lsa, unda maydalash sifati β ham nolga teng bo‘ladi. Bu tizimda kirish ta’sirlari mavjud bo‘lmaganda chiqish ham hosil bo‘lmasligini ko‘rsatadi. Kirish parametrlarining ortishi bilan maydalash sifati β ham ortadi. Xususan, energiya sarfi P oshishi maydalash jarayonining intensivligini kuchaytiradi, ruda uzatilish tezligi Q esa tegirmon yuklanishiga ta’sir etadi. Ruda qattiqligi H esa jarayonning murakkablik darajasini belgilaydi va uning o‘zgarishi maydalash samaradorligiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi.



2-rasm. Yopiq skilli ho'l maydalash tizimi avtomatik boshqaruv obyekti.

Statik xarakteristika $\beta = \tau(k_1H + k_2P + k_3Q)$ faqat muvozanat holatlari uchun amal qiladi. O‘tish jarayonlarida esa tizim chiqishi β(t) ushbu bog‘lanishdan og‘adi va vaqt bo‘yicha o‘zgaradi. Agar tizim muvozanat holatidan chiqarilsa (masalan, H, P yoki Q keskin o‘zgarsa), chiqish parametri β(t) yangi muvozanat qiymatiga asta-sekin yaqinlashadi. Ushbu yaqinlashish tezligi tizimning vaqt doimiysi τ bilan belgilanadi.

$$\beta(t) = \beta_{eq} + (\beta_0 - \beta_{eq})e^{-t/\tau}$$

β_{eq} — muvozanat qiymat

β_0 — boshlang‘ich qiymat

τ — tizim tezligi

Statik xarakteristika faqat muvozanat rejimlari uchun amal qiladi. O‘tish jarayonlarida tizim chiqishi ushbu bog‘lanishdan og‘adi va vaqt o‘tishi bilan yangi muvozanat holatiga yaqinlashadi. Ushbu yaqinlashish tezligi tizimning vaqt doimiysi bilan aniqlanadi.

Barqarorlik nazariyasiga muvofiq, bezovtalanmagan va bezovtalangan harakat tushunchalarini kiritish mumkin. Bezovtalanmagan harakat sifatida tizimning muvozanat holati qabul qilinadi, ya’ni β=βst=τ(k1H+k2P+k3Q)) mos ravishda, bezovtalangan harakat ushbu muvozanat holatidan og‘ish sifatida qaraladi. Bezovtalangan harakatni ifodalash uchun β kattaligining statik xarakteristikadan og‘ishini quyidagicha belgilaymiz:

$$\Delta\beta(t) = \beta(t) - \beta_{st}$$

U holda bezovtalangan harakat tenglamasi quyidagi ko‘rinishga ega bo‘ladi:

$$d\Delta\beta(t)dt = -\frac{1}{\tau}\Delta\beta(t)$$

Mazkur tenglama tizimning vaqt o‘tishi bilan muvozanat holatiga qaytishini ifodalaydi. Shunday qilib, agar tizim holatini ifodalovchi nuqta statik xarakteristikadan og‘ishgan bo‘lsa, vaqt o‘tishi bilan ushbu og‘ish kamayib boradi va tizim yana muvozanat holatiga yaqinlashadi.

Bezovtalangan harakat uchun $\Delta\beta \to 0$ va $\beta \to \beta_{st}$ bo‘ladi. Bu holatda $\Delta\beta$ ning o‘zgarish tazligi uning o‘ziga proporsional bo‘ladi va quyidagicha tenglama orqali ifodalanadi:

$$\frac{1}{\omega}\frac{d\Delta\beta(t)}{dt} + \Delta\beta(t) = 0$$

$\Delta\beta$ — statik qiymatdan og‘ish

ω — tizim tezligi (jarayon intensivligi)

$T = 1/\omega$ — vaqt doimiysi

Tizimning tezligi rudani yanchish jarayonining tezligini, rudaning aylanish intensevligini, tizimning qanchalik tez tiklanishholatini ifodalaydi hamda o ‘tish jarayonida vaqt bo’yicha tizimni muvozanatga qaytaradi va eksponensial yaqinlashadi.

3. Natijalar va muhokama

Tizimning dinamik harakatini ifodalash uchun chiqish kattaligi β ning o‘zgarishi va muvozanat qiymati o ‘rtasidagi bog ‘lanishni qaraymiz.Ushbu bog ‘lanish quyidagicha yoziladi:

$$\frac{1}{\omega}\frac{d\beta(t)}{dt} + \beta(t) = \beta_{st}$$

Agar statik bog‘lanishni o’rniga quyidgicha ifodalasak umumiy differensial tenglama quyidagicha bo‘ladi:

$$\frac{1}{\omega}\frac{d\beta(t)}{dt} + \beta(t) = \omega\tau\left(k_1 H(t) + k_2 P(t) + k_3 Q(t)\right)$$

Operator ko’rinishi esa quyidagicha yoziladi:

$$B(p)(T_p + 1)K\left(k_1 H(p) + k_2 P(p) + k_3 Q(p)\right)$$

Har bir kanal uchun uzatish funksiyasi quyidagicha yoziladi:

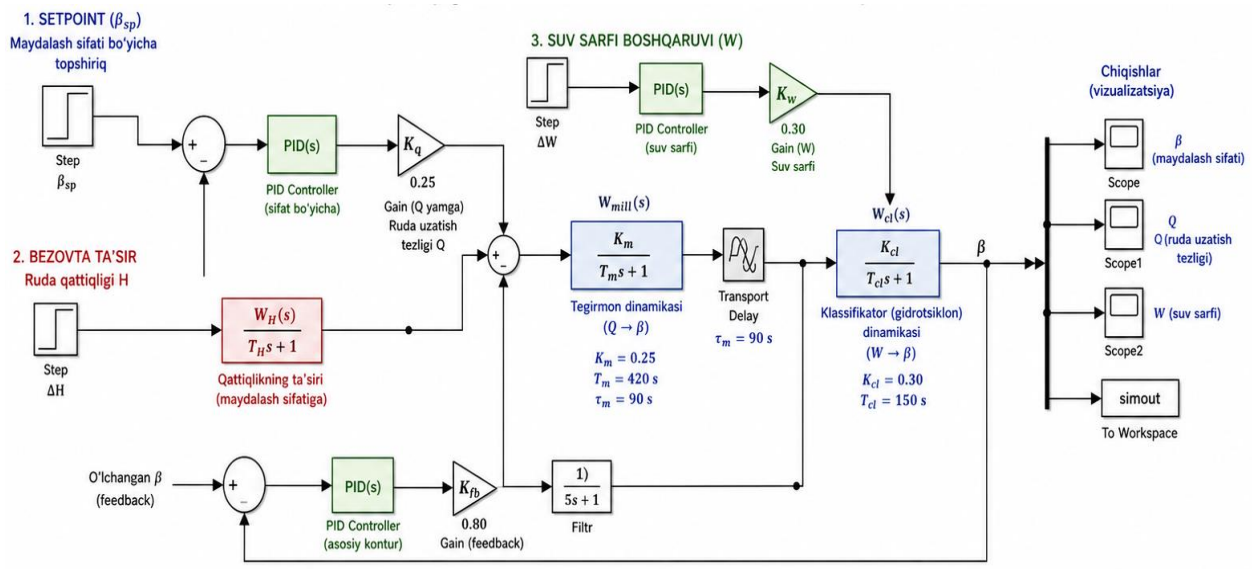
$$W_H(p) = \frac{B(p)}{H(p)} = \frac{Kk_1}{T_p + 1}$$

$$W_P(p) = \frac{B(p)}{P(p)} = \frac{Kk_2}{T_p + 1}$$

$$W_Q(p) = \frac{B(p)}{Q(p)} = \frac{Kk_3}{T_p + 1}$$

T=1/ω — vaqt doimiysi
K — tizim kuchaytirish koeffitsienti
τ — kechikish vaqti
p — Laplas operatori

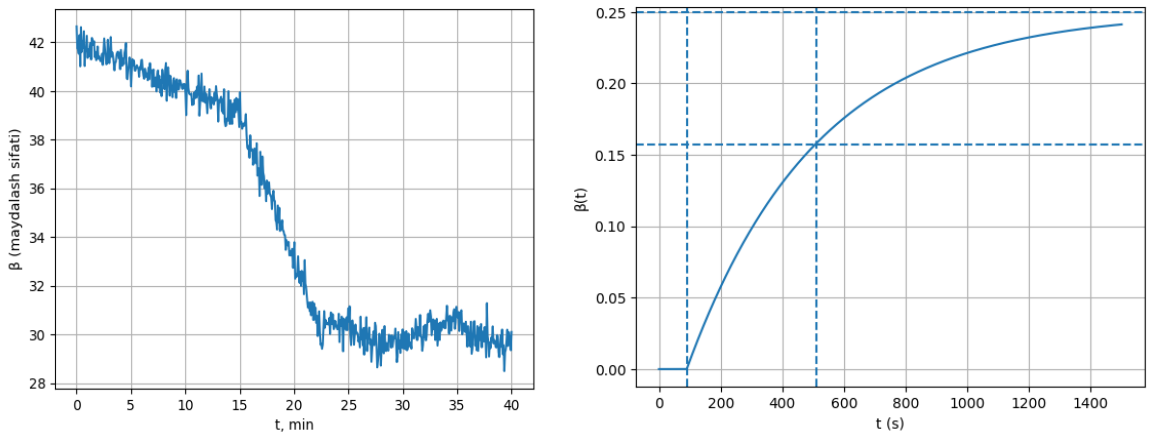
Tizimning dinamik modeli birinchi tartibli inersiyali bo‘g‘in sifatida ifodalanadi. Ushbu modelda chiqish parametr kirish signallarining chiziqli kombinatsiyasiga bog‘liq bo‘lib, vaqt doimiysi va kuchaytirish koeffitsienti bilan tavsiflanadi. Real texnologik jarayonlarda kechikish vaqti mavjud bo‘lgani sababli uzatish funksiyasiga eksponensial kechikish had qo‘shiladi.



3-rasm. Sharli tegirmonning yopiq siklli ho‘l maydalash jarayoni avtomatik boshqaruv tizimining Simulink blok-sxemasi.

Tegirmonining eksperimental xarakteristikasi vaqt bo‘yicha o‘zgarib, dastlab sekin kamayish, keyin keskin o‘zgarish va oxirida barqaror holatga kelish bilan tavsiflanadi. Bu jarayon

texnologik tizimning inersiyali va nochiziqli xususiyatlarini aks ettiradi.(4-rasm)



4-ram. Tegirmonining o‘tish xarakteristikasi kirish parametrining bosqichli o‘zgarishiga nisbatan chiqish parametrining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi.

Obyektning o‘tish xarakteristikasi asosida uning asosiy dinamik parametrlarini aniqlash mumkin. Kuchaytirish koeffitsienti chiqishning turg‘un qiymati orqali, vaqt doimiysi esa 63% ga yetish vaqti orqali aniqlanadi. Kechikish vaqti esa chiqish signali boshlanishigacha bo‘lgan vaqt oralig‘i sifatida baholanadi.

O‘tish xarakteristikasining egri chizig‘idagiburilish nuqtasiga urinma o‘tkazilib quyidagi paramertlar aniqlanadi;

Kechikish vaqti: $\tau = 90s$

Vaqt doimiysi: $T = 420s$

Kuchaytirish koeffitsienti: $k = 0.25$

Natijada ruda sarfi kanali bo‘yicha tegirmonning uzatish funksiyasi quyidagi ko‘rinishda ifodalanadi:

$$W(p) = \frac{0.25}{420p + 1} e^{-90p}$$

4.Xulosa

Maqolada sharli tegirmonning yopiq siklli ho‘l maydalash jarayoni avtomatik boshqaruv obyekti sifatida ko‘rib chiqildi. Jarayonning statik xarakteristikalari tahlil qilinib, uning nochiziqli va ekstremal xususiyatlari aniqlandi. Maydalash sifati (β) ruda qattiqligi (H), energiya sarfi (P) va ruda uzatish tezligi (Q) ga bog‘liqligi asosida statik bog‘lanishlar olingan. Tizim birinchi tartibli inersiyali dinamik bo‘g‘in sifatida yaqinlashtirilib, differensial tenglama tuzildi va Laplas tasvirida uzatish funksiyalari olindi. O‘tish xarakteristikasi asosida kuchaytirish koeffitsienti (K), vaqt doimiysi (T) va kechikish vaqti (τ) kabi asosiy dinamik parametrlarni aniqlash usullari ko‘rsatildi. Olingan matematik modellar va uzatish funksiyalari sharli tegirmonning avtomatik boshqaruv tizimini loyihalash, ekstremal va adaptiv (ANFIS) boshqaruv algoritmlarini ishlab chiqish uchun nazariy asos yaratadi.

Adabiyotlar

[1]. Olimov, J., Ramazonov, B., & Sayfiyev, S. (2024). Increasing efficiency of induction motor by predictive control system. E3S Web of Conferences, 525, 03004.

[2]. Shirinov, S. G. O., Olimov, J. S. O., Jumayev, Z. I., & Sayidov, M. K. (2024). Analysis of patterns of electricity consumption in mining and processing enterprises. Vibroengineering Procedia, 54.

[3]. Eshmirzaev, M., & Narzullayev, B. (2024). Improvement of the control system with the drive of high voltage arc furnaces. Vibroengineering Procedia, 54.

[4]. Olimov, J. S., Fayziyev, S. Sh., Raximov, F. M., Majidov, A. U., & Muxammadov, B. Q. (2023). Controlling power of short-circuited induction motor via modern sensors without speed change. In Proceedings of GEOTECH-2023 Conference. Navoi State University of Mining and Technologies, Navoi, Uzbekistan.

[5]. Almezhghwi, K. A. (2015). Direct torque control of induction motor using fuzzy logic. Nicosia.

[6]. Olimov, J. S., & Raximov, F. M. (2023). Design and development of short-circuited induction motor. In Proceedings of the 4th International Conference on Integrated Innovative Development of Zarafshan Region: Achievements, Challenges and Prospects, Vol. II. Navoi, Uzbekistan.

[7]. Olimov, J. S., & Eshmirzayev, M. A. (2023). Controlling power of induction motor via modern sensors without speed change. In Proceedings of the 6th International Conference on Integrated Innovative Development of Zarafshan Region: Achievements, Challenges and Prospects, Vol. II. Navoi, Uzbekistan.
[8]. Yao, Y. (2016). Study of induction machines with rotating power electronic converter (Doctoral dissertation). Stockholm, Sweden.
[9]. Shang, Z. (2011). Simulation and experiment for induction motor control strategies. Windsor, Ontario, Canada.
[10]. Ibadullaev, M., & Tovbaev, A. N. (2020). Research of ferro-resonance oscillations at the frequency of subharmonics in three-phase non-linear electric circuits and systems. E3S Web of Conferences, 216, 01113.
[11]. Tovbaev, A., Boynazarov, G., & Togaev, I. (2023). Improving the quality of electricity using the application of reactive power sources. E3S Web of Conferences, 390, 06032. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339006032

UO‘K 621.314

YUQORI KUCHLANISHLI HAVO ELEKTR UZATISH LINIYALARIDA TOJLANISH ISROFLARINI KOMPLEKS MONITORING QILISH ASOSIDA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH

A.N. Tovbayev, I.B. Tog‘ayev

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti
ORCID: 0000-0003-2677-6977
e-mail: tovboyev70@mail.ru
ORCID: 0000-0002-4481-874X

Annotatsiya. *Mazkur maqolada yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida yuzaga keladigan tojlanish hodisasi natijasida hosil bo‘ladigan energiya isroflarini kompleks monitoring qilish hamda ularni kamaytirish asosida energiya samaradorligini oshirish masalalari tadqiq etilgan. Tadqiqot davomida elektromagnit, akustik va meteorologik monitoring usullarining texnik imkoniyatlari tahlil qilinib, tojlanish isroflarining elektr energiyasi sifati va uzatish samaradorligiga ta’siri baholangan. Shuningdek, atmosferaning namligi, changlilik darajasi, shamol tezligi va havo haroratining tojlanish jarayoniga ta’siri matematik jihatdan asoslab berilgan. Maqolada yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalarida energiya yo‘qotishlarini aniqlash va baholashning takomillashtirilgan modeli ishlab chiqilib, monitoring tizimining energiya samaradorligini oshirishdagi ahamiyati ko‘rsatib berilgan.*

Kalit so‘zlar: *Yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyasi, tojlanish hodisasi, tojlanish isroflari, energiya samaradorligi, kompleks monitoring, diagnostika, elektromagnit monitoring, akustik monitoring, elektr energiyasi sifati, matematik model.*

Аннотация. *В данной статье исследуются вопросы повышения энергоэффективности высоковольтных воздушных линий электропередачи на основе комплексного мониторинга потерь энергии, возникающих вследствие коронного разряда. В процессе исследования проведён анализ технических возможностей электромагнитных, акустических и метеорологических методов мониторинга, а также оценено влияние коронных потерь на качество электрической энергии и эффективность передачи мощности. Кроме того, математически обосновано влияние влажности воздуха, уровня запылённости, скорости ветра и температуры окружающей среды на процессы коронирования. В статье разработана усовершенствованная модель определения и оценки потерь энергии в высоковольтных линиях электропередачи, а также показана роль системы мониторинга в повышении энергетической эффективности.*

Ключевые слова: *Высоковольтная линия электропередачи, коронный разряд, коронные потери, энергоэффективность, комплексный мониторинг, диагностика, электромагнитный мониторинг, акустический мониторинг, качество электрической энергии, математическая модель*

Annotation. *This article investigates the improvement of energy efficiency in high-voltage overhead transmission lines based on comprehensive monitoring of corona discharge losses. The study analyzes the technical capabilities of electromagnetic, acoustic, and meteorological monitoring methods and evaluates the impact of corona losses on power quality and transmission efficiency. In addition, the effects of air humidity, dust concentration, wind speed, and ambient temperature on corona discharge processes are mathematically substantiated. An improved model for determining and assessing energy losses in high-voltage transmission lines is developed, and the significance of the monitoring system in improving energy efficiency is demonstrated.*

Key words: *High-voltage overhead transmission line, corona discharge, corona losses, energy*

efficiency, comprehensive monitoring, diagnostics, electromagnetic monitoring, acoustic monitoring, power quality, mathematical model.

Kirish.

Tojlanish hodisasi yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalari simlari atrofida elektr maydon kuchlanganligining kritik qiymatdan oshib ketishi natijasida yuzaga keladigan ionlanish jarayoni hisoblanadi. Mazkur jarayon natijasida elektr energiyasining ma’lum qismi issiqlik, elektromagnit nurlanish, ultrabinafsha nurlar va akustik shovqin ko‘rinishida yo‘qotiladi. Ayniqsa, namlik yuqori, atmosfera bosimi past, chang miqdori katta va ob-havo noqulay bo‘lgan hududlarda tojlanish razryadlari intensivligi ortib, elektr energiyasi isroflarining sezilarli ravishda ko‘payishiga olib keladi. Respublikamiz elektr energetika tizimida uzoq masofali 110, 220 va 500 kV kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalari keng qo‘llanilayotganligi sababli, ulardagi tojlanish isroflarini kamaytirish va energiya samaradorligini oshirish muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, Navoiy viloyati kabi quruq va changli iqlim sharoitiga ega hududlarda atmosferaning fizik parametrlari tojlanish hodisasining intensivligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Bu esa mavjud monitoring va diagnostika tizimlarini takomillashtirish zaruratini yuzaga keltiradi [1-5]. Shu sababli yuqori kuchlanishli havo liniyalarida tojlanish holatini o‘z vaqtida aniqlash, uning intensivligini miqdoriy baholash va unga ta’sir etuvchi omillarni diagnostik usullar asosida tahlil qilish muhim ilmiy-amaliy ahamiyati quyidagi 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval. Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyasida atmosferik omillarning tojlanish isroflariga ta’siri

1-jadval

Ob-havo holati	Havo namligi, %	Shamol tezligi, m/s	Changlilik koeffitsiyenti D	Tojlanish isrofi ΔP_t, kW/km	Energiya samaradorligi η, %
Ochiq havo	25	2	0.2	1.10	98.9
Qisman bulutli	40	3	0.3	1.85	98.2
Bulutli	55	4	0.4	2.75	97.4
Yomg‘irli	75	5	0.5	6.80	94.1
Tumanli	90	2	0.6	11.40	90.3

Kompleks monitoring usullarining tojlanish diagnostikasidagi samaradorligi.

2-jadval

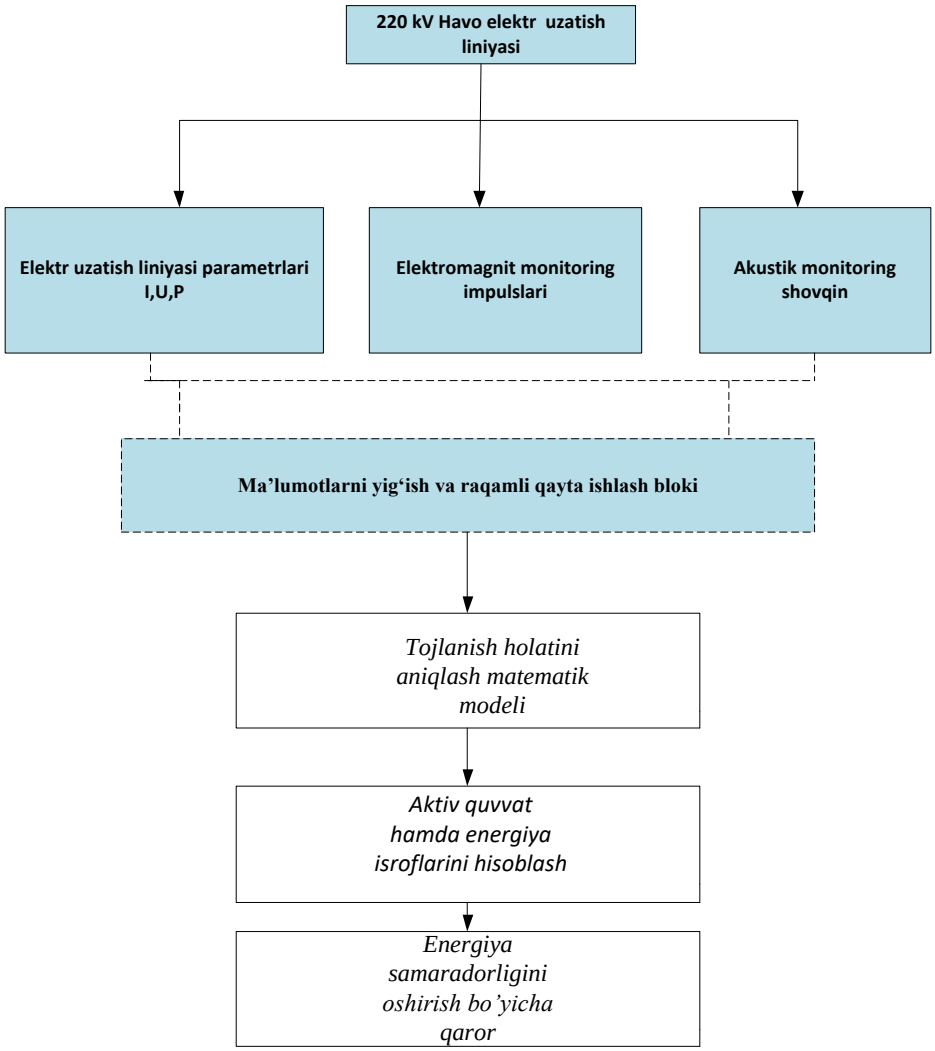
№	Monitoring usuli	Aniqlash aniqligi	Ishonchlilik koeffitsiyenti	Monitoring tezkorligi
1	Elektromagnit monitoring	Yuqori	0.87	Yuqori
2	Akustik monitoring	O‘rta	0.81	O‘rta
3	Optik monitoring	Juda yuqori	0.92	Yuqori
4	Termografik monitoring	O‘rta	0.73	Past
5	Kompleks monitoring tizimi	Juda yuqori	0.96	Yuqori

Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida tojlanish razryadlarining hosil bo‘lishi ko‘p jihatdan atmosfera sharoitlariga bog‘liq hisoblanadi. Havoning namligi ortishi natijasida havo muhitining ionlanish darajasi oshadi va sim atrofidagi elektr maydonning kritik kuchlanganlik qiymati kamayadi. Natijada tojlanish hodisasi kuchayib, elektr energiyasi isroflari ortadi. Bundan tashqari, chang zarrachalari va namlik birgalikda sim yuzasida notekis elektr maydon hosil qiladi. Shamol tezligining ortishi esa ionlangan zarrachalarning harakatini jadallashtirib, tojlanish razryadining intensivligini oshiradi. Shu sababli noqulay meteorologik sharoitlarda elektr uzatish liniyalarining energiya samaradorligi pasayadi [6-10].

Asosiy qism.

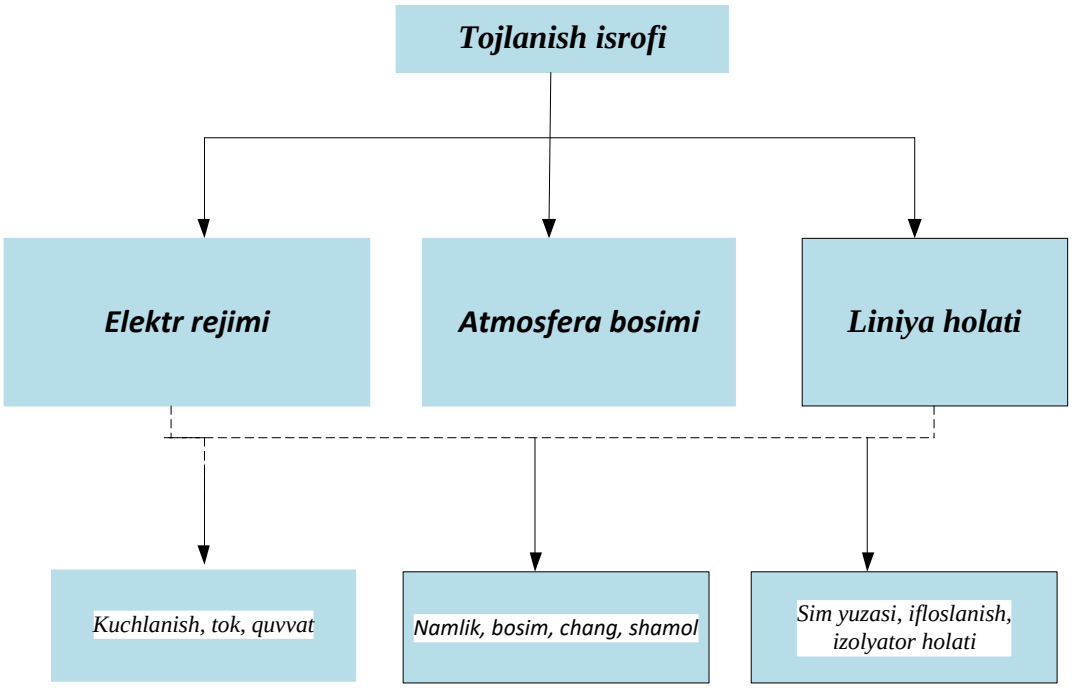
Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida tojlanish hodisasi elektr maydon kuchlanganligining kritik qiymatdan oshishi natijasida yuzaga keladi. Ushbu jarayon sim atrofidagi havo muhitining ionlanishi bilan xarakterlanib, elektr energiyasining ma’lum qismi issiqlik, elektromagnit nurlanish va akustik shovqin ko‘rinishida yo‘qotilishiga sabab bo‘ladi. Ayniqsa, 220 kV va undan yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalarida tojlanish isroflari sezilarli darajada

ortadi hamda elektr uzatish samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Tojlanish hodisasining intensivligi elektr tarmog‘ining ish rejimi va atmosfera sharoitlariga bevosita bog‘liq hisoblanadi. Havoning namligi, changlilik darajasi, shamol tezligi va harorat kabi omillar sim yuzasidagi elektr maydon taqsimotiga ta’sir etadi. Natijada ayrim hududlarda elektr maydonning lokal kuchayishi yuzaga kelib, tojlanish jarayoni jadallashadi. Shu sababli tojlanish isroflarini aniqlashda meteorologik parametrlarni hisobga olish muhim ahamiyatga ega. Tadqiqot davomida yuqori kuchlanishli elektr uzatish liniyalarida tojlanish holatini aniqlash uchun elektromagnit, akustik va optik monitoring usullaridan foydalanildi. Elektromagnit monitoring usuli orqali yuqori chastotali signallar qayd etilib, tojlanish razryadlarining intensivligi baholandi. Akustik monitoring yordamida tojlanish jarayonida hosil bo‘ladigan tovush tebranishlari tahlil qilindi. Shuningdek, ultrabinafsha nurlanishlarni aniqlash asosida optik monitoring usuli ham qo‘llanildi. Monitoring natijalari shuni ko‘rsatdiki, kompleks monitoring tizimi alohida monitoring usullariga nisbatan yuqori aniqlik va ishonchlilikka ega. Bir nechta diagnostika kanallarining integratsiyalashuvi tojlanish holatini real vaqt rejimida aniqlash va energiya isroflarini aniq baholash imkonini beradi. Bu esa elektr uzatish liniyalarining ekspluatatsion samaradorligini oshirish va texnik yo‘qotishlarni kamaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi [11-18].

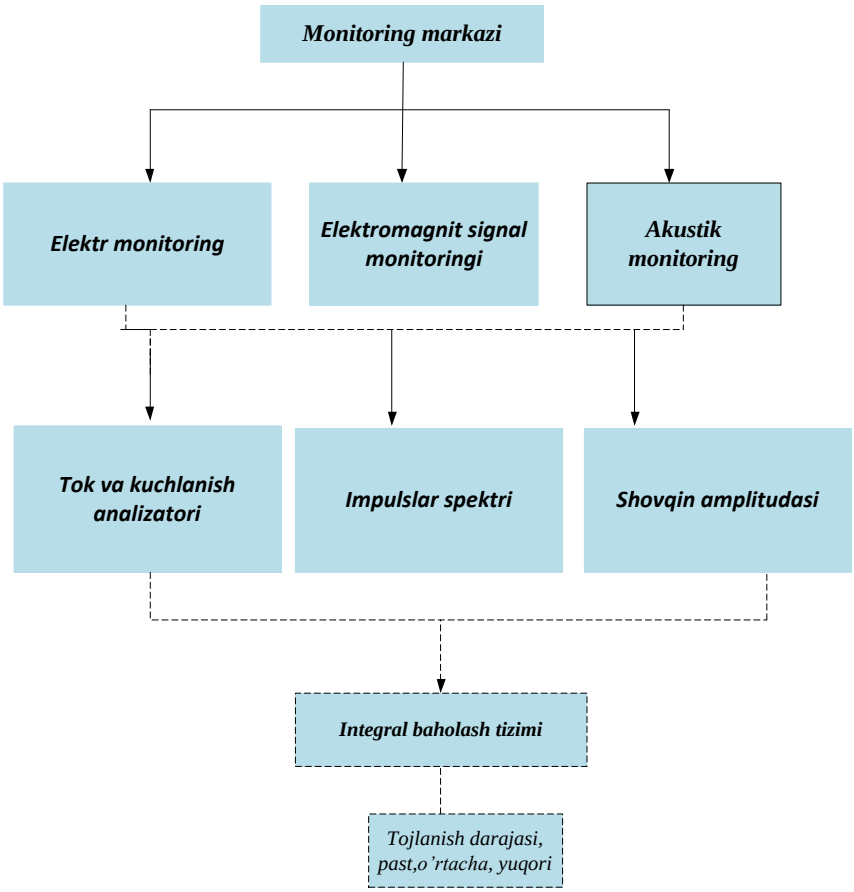


1-rasm. Mazkur blok-sxema yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyasida tojlanish hodisasini monitoring qilishning umumiy tuzilmasini ifodalaydi. Elektr, elektromagnit va akustik monitoring kanallari orqali olingan ma’lumotlar yagona markazda qayta ishlanadi va tojlanish isroflari hisoblanadi.

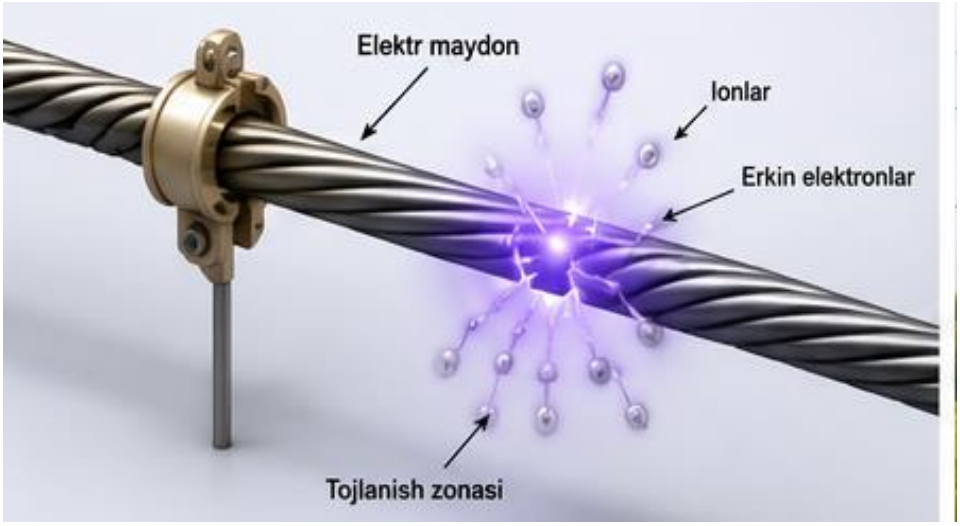
Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida tojlanish hodisasi elektr energiyasi uzatish jarayonining samaradorligi, ishonchliligi va texnik holatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatuvchi muhim fizik jarayonlardan biri hisoblanadi.



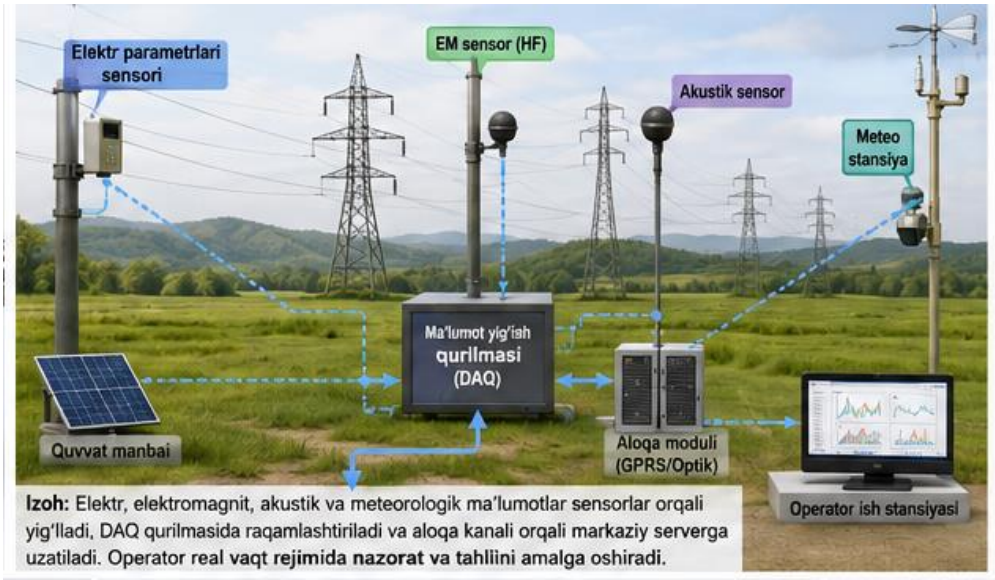
2-rasm. Tojlanish isroflari elektr parametrlaridan tashqari atmosfera sharoiti va liniyaning texnik holatiga ham kuchli bog‘liq bo‘ladi.



3-rasm. Turli monitoring kanallaridan olingan ma’lumotlar yagona tizimda tahlil qilinib, tojlanish darajasi aniqlanadi.



4-rasm. Tojlanish jarayonining fizik holati.



5-rasm. Kompleks monitoring tizimining umumiy ko'rinishi.

Xulosa.

Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida yuzaga keluvchi tojlanish hodisasi elektr energiyasi yo‘qotishlarining asosiy sabablaridan biri hisoblanadi. Ayniqsa, 110–500 kV kuchlanishli elektr uzatish liniyalarida atmosfera sharoiti, o‘tkazgich yuzasining holati, namlik, chang va shamol tezligi kabi omillar ta’sirida tojlanish intensivligi ortadi hamda energiya samaradorligi pasayadi. Shu sababli tojlanish jarayonlarini chuqur monitoring qilish va diagnostika asosida nazorat qilish bugungi kunda elektr energetika tizimining muhim ilmiy-texnik yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Mazkur tadqiqot ishida yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida tojlanish yo‘qotishlarini kamaytirish orqali energiya samaradorligini oshirishning kompleks monitoring tizimi ishlab chiqildi va tahlil qilindi. Tadqiqot davomida elektr parametrlar monitoringi, elektromagnit monitoring, akustik diagnostika va meteorologik parametrlarni birgalikda qo‘llash asosida tojlanish holatini yuqori aniqlikda baholash imkoniyati mavjudligi aniqlandi. Kompleks monitoring tizimi yordamida tojlanish razryadlarini real vaqt rejimida aniqlash, yuqori isrofli uchastkalarni belgilash hamda avariyaoldi holatlarini oldindan prognoz qilish imkoniyati yaratildi. Taklif etilgan monitoring modeli elektr energiyasi isroflarini kamaytirish, uzatish liniyalarining ekspluatatsion ishonchliligini oshirish va texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini qisqartirishga xizmat qiladi. Shuningdek, tadqiqot natijalari asosida atmosfera parametrlarini hisobga oluvchi matematik model va ko‘p kanalli diagnostika algoritmlaridan foydalanish tojlanish yo‘qotishlarini an’anaviy usullarga nisbatan aniqroq baholash

imkonini berishi asoslab berildi. Ayniqsa, elektromagnit va akustik monitoring kanallarining birgalikdagi ishlashi tojlanish zonasini aniqlash aniqligini sezilarli darajada oshirishi ko‘rsatildi. Olib borilgan ilmiy tahlillar natijasida yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida kompleks monitoring tizimlarini joriy etish elektr energiyasi yo‘qotishlarini kamaytirish, energiya samaradorligini oshirish hamda elektr ta’minoti tizimining texnik va iqtisodiy ko‘rsatkichlarini yaxshilashda muhim ahamiyatga ega ekanligi aniqlandi. Kelgusida ushbu yo‘nalishda sun’iy intellekt texnologiyalari, raqamli egizak tizimlari hamda IoT sensorlari asosida avtomatlashtirilgan monitoring platformalarini ishlab chiqish dolzarb ilmiy yo‘nalishlardan biri hisoblanadi.

Foydalanilgan adabiyotlar

[6]. Корсаков В.Г., Сычев М.М., Бахметьев В.В. Синтез и свойства нанодисперсных полупроводников A_2B_6 и нанолюминофоров. Обзор // Конденсированные среды и межфазные границы. - 2012. - Том 14, № 1. - С. 4152.

[7]. I.Togayev, A.Tovbaev, G. Nodirov, Assessment of the quality of electricity by applying reactive power sources, E3S Web of Conferences, 525, 03004 (2024) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452503004

[8]. G.Boynazarov, A. Tovbaev, U. Usarov, Methology of experimental research of voltage quality in electrical circuit, E3S Web of Conferences 548, 03009 (2024) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454803009

[9]. Raximov, F., Taslimov, A., Majidov, A., & Norqulov, A. (2024). Optimization of losses by switching to higher voltage in distribution networks. In E3S Web of Conferences (Vol. 525, p. 03009). EDP Sciences. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452503009

[10]. Boboqulov J., Narzullayev B, Development of a model for diagnosing rotor conditions in the parallel connection of synchronous generators with the network, E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – T. 525. – C. 06001. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452506001

[11]. Narzullayev B. S., Eshmirzaev M. A, Causes of the appearance of current waves in high voltage electric arc furnaces, and methods of their reduction, E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – T. 417. – C. 03003. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341703003

[12]. Akram Tovbaev., Islom Togaev., Uktam Usarov.,Gulom Nodirov, Reactive power compensation helps maintain a stable voltage profile across the network, AIP Conf. Proc. 3331, 060014 (2025). https://doi.org/10.1063/5.0307209

[13]. Asliddin Norqulov, Feruz Raximov, Methods for evaluating financial and economic effectiveness of investment projects in the energy sector with time factor considerations, AIP Conf. Proc. 3331, 030070-1–030070-6. https://doi.org/10.1063/5.0306104

[14]. Shukhrat Abdullaev., Ziyodullo Eshmurodov., Islom Togaev, A systematic analysis of the gradual increase in quality indicators of electricity using reactive power sources involves several steps, AIP Conf. Proc. 3331, 040051 (2025). https://doi.org/10.1063/5.0306786

[15]. Bobur Narzullayev; Javokhir Boboqulov, Improving reliability based on diagnostics of the technical condition of electric motor stator gutters, AIP Conf. Proc. 3331, 030032 (2025). https://doi.org/10.1063/5.0305735

[16]. Abdurakhim Taslimov., Feruz Raximov., Farrukh Rakhimov., Iles Bakhadirov, Optimal parameters and selection criteria for neutral grounding resistors in 20 kv electrical networks, AIP Conf. Proc. 3331, 030048 (2025) https://doi.org/10.1063/5.0306108

[17]. Islom Togaev., Akram Tovbaev., Gulom Nodirov, Systematic analysis of reactive power compensation in electric networks is essential for improving electricity quality enhancing system stability, and reducing operational costs, AIP Conf. Proc. 3331, 030099 (2025) https://doi.org/10.1063/5.0305740

[18]. Abdurakhim Taslimov., Farrukh Rakhimov., Feruz Rakhimov., Vaxobiddin Mo’minov, Analysis of the results of sampling the surfaces of sections of rural electric networks, AIP Conf. Proc. 3331, 030041 (2025) https://doi.org/10.1063/5.0305783

[19]. Numon Niyozov, Anvar Akhmedov, Shukhrat Djurayev, Botir Tukhtamishev, Asliddin Norqulov, Development of a method for forecasting the specific consumption indicator of electric energy, AIP Conf. Proc. 3331, 080008 (2025) https://doi.org/10.1063/5.0305729

[20]. A.Tovboyev, I.Togayev, I.Uzoqov, G. Nodirov, Use of reactive power sources in improving the quality of electricity, E3S Web of Conferences 417, 03001 (2023) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341703001

[21]. N Ataullayev, A Norqulov, B Muxammadov, A Majidov, I Togayev. Principles of protection against single phase earth faults in networks with capacitive current compensation. E3S Web of Conferences 548, 06008. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454806008

[22]. IB Tog’Ayev, AA Tursunova, MA Eshmirzayev. Center of science and enlightenment. Problems and scientific solutions 4 (3), 285-287.

[23]. SF Amirov, AO Ataullaev, MK Sayidov, IB Togayev. Methods of reduction of interference signals in electromagnetic conductors that measure fluid flow. Journal of Physics: Conference Series 2094 (5), 052053.

ENERGOAUDIT ASOSIDA ISSIQLIK ENERGIYASI ISTE'MOLINI KAMAYTIRISHNING NAZARIY ASOSLARI

I.X. Xoliddinov, I.A. Boxodirov, Sh.M. Nabiyev

Farg'ona davlat texnika universiteti
e-mail; islomjon.boxodirov@fstu.uz
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada sanoat korxonalarida issiqlik energiyasi iste'molini energoaudit asosida tahlil qilish va optimallashtirish masalalari ko'rib chiqilgan. Tadqiqot jarayonida issiqlik energiyasi sarfi hisoblab chiqilib, energiya yo'qotish manbalari aniqlangan. Hisob-kitoblar natijasida umumiy energiyaning ma'lum qismi yo'qotilayotgani aniqlanib, ularni kamaytirish bo'yicha ilmiy asoslangan takliflar ishlab chiqilgan. Jumladan, issiqlik izolatsiyasini yaxshilash, tizimni balanslash hamda zamonaviy monitoring va boshqaruv tizimlarini joriy etish orqali energiya samaradorligini oshirish imkoniyatlari asoslab berilgan. Tadqiqot natijasida issiqlik energiyasi yo'qotishlarini kamaytirish va 100 kW dan ortiq energiyani tejash mumkinligi ko'rsatib berilgan.*

Kalit so'zlar: *energoaudit, issiqlik energiyasi, energiya samaradorligi, issiqlik yo'qotishlari, optimallashtirish, sanoat korxonasi, monitoring*

Аннотация. *В данной статье рассмотрены вопросы анализа и оптимизации потребления тепловой энергии на промышленных предприятиях на основе энергоаудита. В ходе исследования были выполнены расчёты потребления тепловой энергии и выявлены основные источники потерь. Результаты показали, что значительная часть энергии теряется в процессе передачи и использования. На основе проведённого анализа предложены научно обоснованные меры по снижению потерь, включая улучшение теплоизоляции, балансировку системы и внедрение современных систем мониторинга и управления. Установлено, что реализация предложенных мероприятий позволяет сократить потери тепловой энергии и обеспечить экономию более 100 кВт энергии.*

Ключевые слова: *энергоаудит, тепловая энергия, энергоэффективность, потери энергии, оптимизация, промышленное предприятие, мониторинг*

Abstract. *This article discusses the analysis and optimization of thermal energy consumption in industrial enterprises based on energy audit methods. During the study, thermal energy consumption was calculated and the main sources of energy losses were identified. The results showed that a significant portion of energy is lost during transmission and utilization processes. Based on the analysis, scientifically grounded measures were proposed to reduce energy losses, including improving thermal insulation, system balancing, and implementing modern monitoring and control systems. The study demonstrates that the proposed measures can reduce thermal energy losses and achieve energy savings of more than 100 kW.*

Keywords: *energy audit, thermal energy, energy efficiency, heat losses, optimization, industrial enterprise, monitorin.*

Hozirgi kunda dunyo miqyosida energiya resurslaridan samarali foydalanish va ularni tejash masalasi eng dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortib borishi, sanoat ishlab chiqarish hajmining kengayishi hamda infratuzilmaning rivojlanishi natijasida energiya iste'moli yil sayin oshib bormoqda. Bu esa mavjud energiya manbalaridan oqilona foydalanish, energiya yo'qotishlarini kamaytirish va energiya samaradorligini oshirish zaruratini yanada kuchaytirmoqda. Ayniqsa, energiya resurslarining cheklanganligi va ekologik muammolarning ortib borishi energiya tejashga bo'lgan e'tiborni yanada oshirmoqda.

Issiqlik energetikasi tizimlari umumiy energiya iste'molining muhim qismini tashkil etadi. Xususan, sanoat korxonalarida texnologik jarayonlarni amalga oshirish, bino va inshootlarni isitish hamda issiq suv bilan ta'minlashda issiqlik energiyasidan keng foydalaniladi. Shu bilan birga, issiqlik energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va iste'mol qilish jarayonlarida sezilarli darajada yo'qotishlar yuzaga keladi. Ushbu yo'qotishlar asosan issiqlik tarmoqlarining eskirganligi, issiqlik izolatsiyasining yetarli emasligi, texnologik jarayonlarning optimal darajada tashkil etilmaganligi hamda energiya hisobining yetarli darajada yo'lga qo'yilmaganligi bilan bog'liq.

Sanoat korxonalarida issiqlik energiyasidan foydalanish samaradorligini oshirish bugungi kunda dolzarb vazifalardan biri hisoblanadi. Chunki energiya resurslarining ortiqcha sarflanishi ishlab chiqarish tannarxining oshishiga, energiya tizimlariga tushadigan yuklamaning ortishiga hamda atrof-muhitga salbiy ta’sirlarning kuchayishiga olib keladi. Shu sababli issiqlik energiyasi iste’molini chuqur tahlil qilish, yo‘qotishlarni aniqlash va ularni kamaytirish bo‘yicha samarali yechimlarni ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi.

O‘zbekiston Respublikasida ham energiya samaradorligini oshirish va energiya resurslarini tejash davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri sifatida belgilangan. So‘nggi yillarda energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish, energiya iste’molini nazorat qilish va optimallashtirishga qaratilgan qator me’yoriy-huquqiy hujjatlar qabul qilindi. Bu esa sanoat korxonalarida energiya boshqaruvi tizimlarini takomillashtirish va zamonaviy yondashuvlarni joriy etishni talab etadi.

Energoaudit energiya iste’molini kompleks baholash, energiya yo‘qotish manbalarini aniqlash va ularni kamaytirish bo‘yicha samarali chora-tadbirlarni ishlab chiqish imkonini beruvchi muhim vosita hisoblanadi. Energoaudit jarayonida energiya iste’moli ko‘rsatkichlari tahlil qilinadi, mavjud tizimlarning texnik holati baholanadi hamda energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha aniq takliflar ishlab chiqiladi. Shu jihatdan, energoaudit nafaqat energiya tejamkorligini ta’minlash, balki ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirishda ham muhim ahamiyatga ega.

Foydalanilgan adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, ishda issiqlik energiyasi iste’molini kamaytirish va energiya samaradorligini oshirishga oid me’yoriy-huquqiy hujjatlar, ilmiy adabiyotlar hamda xalqaro standartlardan kompleks tarzda foydalanilgan. Xususan, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Energiya samaradorligini oshirish to‘g‘risida”gi qarori va “Energiya tejamkorlik to‘g‘risida”gi Qonuni energiya resurslaridan oqilona foydalanish, energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etish hamda sanoat korxonalarida energoaudit tizimini rivojlantirishning huquqiy asoslarini belgilab beradi.[1]

Abdurahmonov Q.X.ning “Energiya tejash asoslari” asarida energiya tejamkorlikning nazariy jihatlari, energiya sarfini kamaytirish usullari hamda energiya resurslaridan samarali foydalanish tamoyillari yoritilgan. Sodiqov A.S.ning “Issiqlik texnikasi va issiqlik ta’minoti tizimlari” nomli adabiyotida esa issiqlik uzatish jarayonlari, issiqlik ta’minoti tizimlarining ishlash prinsiplari va issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirish usullari keng bayon etilgan. Mazkur manbalar ishning nazariy asosini shakllantirishda muhim ahamiyat kasb etadi.[2]

Shuningdek, International Energy Agency (IEA) tomonidan tayyorlangan “Energy Efficiency Report” xalqaro miqyosda energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha zamonaviy tendensiyalar, innovatsion texnologiyalar va amaliy tajribalarni o‘z ichiga oladi. ISO 50001:2018 standarti esa energiya menejmenti tizimlarini tashkil etish va energiya samaradorligini muntazam nazorat qilish bo‘yicha xalqaro talablarni belgilaydi.[3]

Bundan tashqari, “O‘zbekenergo” AJ hisobot materiallari va metodik qo‘llanmalaridan foydalanish orqali mamlakat energetika tizimining amaldagi holati, energiya iste’moli ko‘rsatkichlari hamda energoaudit jarayonlarini tashkil etish bo‘yicha amaliy ma’lumotlar o‘rganildi. Ushbu manbalar tadqiqotning amaliy ahamiyatini oshirish va aniq tavsiyalar ishlab chiqishda muhim manba bo‘lib xizmat qiladi.[4]

Ishning asosiy maqsadi sanoat korxonalarida issiqlik energiyasi iste’molini energoaudit asosida tahlil qilish hamda uni optimallashtirishning samarali usullarini ishlab chiqishdan iborat.
Ishning obyekti sifatida sanoat korxonalarining issiqlik ta’minoti tizimlari tanlangan bo‘lib, ish predmeti esa issiqlik energiyasi iste’molini optimallashtirish jarayonlari hisoblanadi. Qo‘yilgan maqsadga erishish uchun issiqlik energiyasi iste’molini tahlil qilish, energiya yo‘qotish manbalarini aniqlash hamda energoaudit natijalari asosida optimallashtirish usullarini ishlab chiqish vazifalari belgilangan.

Ishning ilmiy yangiligi sanoat korxonalarida issiqlik energiyasi iste’molini samarali boshqarish, energiya yo‘qotishlarini kamaytirish va energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan amaliy yondashuvlarning taklif etilganligi bilan izohlanadi.

Issiqlik energiyasi iste’molini tahlil qilish va optimallashtirish

Sanoat korxonasida issiqlik tizimi uchun quyidagi parametrlar qabul qilindi:

Suv sarfi: G = 12 kg/s

Kirish harorati: $t_1 = 95°C$

Chiqish harorati: $t_2 = 65°C$

Suvning issiqlik sig‘imi: c = 4.2 kJ/(kg·°C)

Issiqlik miqdori quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$Q = G \cdot c \cdot (t_1 - t_2) \quad (1,1)$$

$$Q = 12 \cdot 4.2 \cdot (95 - 65)$$

$$Q = 12 \cdot 4.2 \cdot 30$$

$$Q = 1512 \text{ kW}$$

Korxonaning issiqlik energiyasi iste’moli ≈ 1512 kW

Amaliy tajribaga ko‘ra, issiqlik tizimlarida yo‘qotishlar quyidagicha bo‘ladi:

Quvurlarda: 10–15%

Issiqlik almashinish qurilmalarida: 5–10%

Izolyatsiya yetishmasligi: 5–8%

Umumiy yo‘qotish ≈ 20% deb qabul qilinadi.

Yo‘qotilgan energiya:

Qyo‘qotish = 1512 · 0.20 = 302.4 kW

Foydali energiya:

Qfoydali = 1512 - 302.4 = 1209.6 kW

Hisob-kitob natijalari tahliliga ko‘ra, issiqlik ta’minoti tizimida umumiy energiyaning 302,4 kW qismi turli texnik va ekspluatatsion omillar sabab yo‘qotilayotgani aniqlandi. Mazkur ko‘rsatkich korxona uchun sezilarli darajadagi energetik hamda iqtisodiy yo‘qotishlarni yuzaga keltiradi. Energiya isroflarining asosiy sabablari sifatida issiqlik izolatsiyasi sifatining pastligi, quvur tarmoqlarining eskirganligi, tizimning gidravlik va issiqlik jihatdan noto‘g‘ri balanslanganligi hamda zamonaviy monitoring va nazorat tizimlarining mavjud emasligi qayd etildi. Ayniqsa, quvurlar yuzasidagi issiqlik yo‘qotishlari va issiqlik tashuvchining notekis taqsimlanishi tizim samaradorligining pasayishiga olib kelmoqda.

Tahlillar asosida issiqlik energiyasi yo‘qotishlarini kamaytirish va tizim samaradorligini oshirish bo‘yicha bir qator optimallashtirish chora-tadbirlari tavsiya etildi. Jumladan, issiqlik izolatsiyasini zamonaviy issiqlik saqlovchi materiallar yordamida yaxshilash orqali umumiy issiqlik yo‘qotishlarini 20 % dan 12 % gacha kamaytirish mumkinligi aniqlandi. Bundan tashqari, SCADA va avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarini joriy etish real vaqt rejimida tizim parametrlarini nazorat qilish, avariyaviy holatlarni tezkor aniqlash hamda energiya sarfini optimallashtirish imkonini beradi.

Shuningdek, tizimni gidravlik va issiqlik jihatdan balanslash natijasida issiqlik energiyasining iste’molchilar o‘rtasida bir tekis taqsimlanishi ta’minlanadi va ortiqcha energiya sarflari kamayadi. Zamonaviy yuqori samaradorlikka ega issiqlik almashinish qurilmalarini qo‘llash esa tizimning umumiy foydali ish koeffitsiyentini oshirib, energiya resurslaridan oqilona foydalanishga xizmat qiladi. Natijada issiqlik ta’minoti tizimining texnik, iqtisodiy va energetik samaradorligini sezilarli darajada yaxshilash mumkin bo‘ladi.

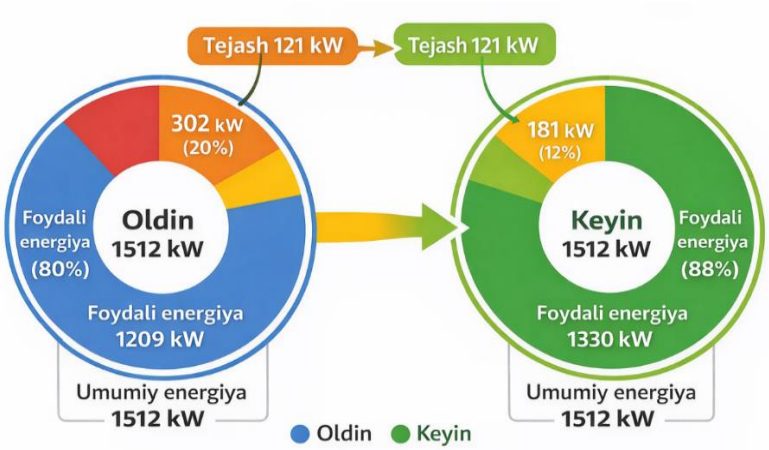
Optimallashtirilgan holatda

Yangi yo‘qotish darajasi: 12%, yo‘qotish yangi = 1512 · 0.12 = 181.4 kW

Tejalgan energiya:

$$\Delta Q = 302.4 - 181.4 = 121 \text{ kW}$$

Energoaudit asosida olib borilgan tahlil natijasida sanoat korxonalarida issiqlik energiyasi iste’moli tizimida sezilarli yo‘qotishlar mavjudligi aniqlandi. Hisob-kitoblar shuni ko‘rsatdiki, umumiy issiqlik energiyasining taxminan 20 foizi turli omillar ta’sirida yo‘qotilmoqda. Ushbu yo‘qotishlar asosan issiqlik tarmoqlarining eskirganligi, izolyatsiyaning yetarli emasligi, tizimning noto‘g‘ri balanslanganligi hamda zamonaviy nazorat va boshqaruv tizimlarining yetishmasligi bilan izohlanadi.



1-rasm; Issiqlik energiyasi balansining optimallashtirihdan oldingi va keying holati.

Issiqlik izolatsiyasini yaxshilash, tizimni balanslash, zamonaviy issiqlik almashinish qurilmalarini joriy etish hamda SCADA asosida monitoring tizimini tashkil etish natijasida energiya yo‘qotishlarini 20 foizdan 12 foizgacha kamaytirish imkoniyati mavjudligi asoslab berildi. Natijada foydali energiya miqdori sezilarli darajada oshib, 100 kW dan ortiq, aniqrog‘i 121 kW energiyani tejashga erishish mumkinligi hisob-kitoblar orqali isbotlandi. Shuningdek, olib borilgan tahlillar shuni ko‘rsatadiki, energoaudit nafaqat energiya tejamkorligini oshirish, balki ishlab chiqarish samaradorligini yaxshilash, energiya xarajatlarini kamaytirish va korxonaning umumiy iqtisodiy ko‘rsatkichlarini yaxshilashda muhim ahamiyatga ega. Kelgusida energiya samaradorligini yanada oshirish uchun raqamli monitoring tizimlarini keng joriy etish, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini rivojlantirish va energiya menejmenti standartlarini amaliyotga tatbiq etish maqsadga muvofiq hisoblanadi.

Adabiyotlar

[1]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Energiya samaradorligini oshirish to‘g‘risida”gi qarori, 2024 yil.
[2]. “Energiya tejamkorlik to‘g‘risida”gi O‘zbekiston Respublikasi Qonuni.
[3]. Abdurahmonov Q.X. – Energiya tejash asoslari, Toshkent, 2020.
[4]. Sodiqov A.S. – Issiqlik texnikasi va issiqlik ta’minoti tizimlari, Toshkent, 2019.
[5]. International Energy Agency (IEA) – Energy Efficiency Report, 2022.
[6]. ISO 50001:2018 – Energy Management Systems – Requirements with Guidance for Use.
[7]. O‘zbekenergo AJ hisobot materiallari va metodik qo‘llanmalar.

AGROSANOAT MAJMUASIDA UZLUKSIZ ISHLOVCHI VERTIKAL YUK TASHUVCHI ELEKTR YURITMASINING ISH REJIMLARINI MODELLASHTIRISH VA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH

B.K. Xaliljonov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
ORCID: 0009-0006-8752-6014
e-mail: botirjon.xaliljonov@fstu.uz
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada agrosanoat majmuasida don va unsimon mahsulotlarni vertikal tashishga mo‘ljallangan vertikal yuk tashuvchi elektr yuritmasining ish rejimlarini optimallashtirish masalalari yoritilgan. Tadqiqotning maqsadi sanoat miqyosidagi uzluksiz ishlovchi transport mashinalarining energiya isroflarini kamaytirish va ekspluatatsion ishonchliligini oshirishdan iborat. Metodologik asos sifatida ishchi mashinaning yuklama hamda salt ishlash rejimlaridagi mexanik xarakteristikalari, shuningdek, o‘zgaruvchan dinamik yuklamalarga moslashtirilgan asinxron dvigatelning mexanik va elektromexanik xarakteristikalari analitik usullarda modellashtirildi. Olingan natijalar ochiq havoda ishlashga mo‘ljallangan motor-reduktorli tizimning ishchi mashina talablariga to‘liq mos kelishini, tarmoqdagi kuchlanish pasayishlarida ham o‘z ishchanligini saqlashini va yuqori termik zaxiraga ega ekanligini ko‘rsatdi. Ishlab chiqilgan boshqaruv va himoya yechimlari dvigatelni o‘ta yuklanishlardan asrash, bekor turish vaqtlarini qisqartirish hamda butun tizimning solishtirma energiya sig‘imini maqbul*

darajaga tushirish orqali agrosanoat korxonalarida umumiy mehnat va energiya unumdorligini oshirishga xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: *Agrosanoat majmuasi, asinxron elektr yuritma, mexanik xarakteristika, elektromexanik xarakteristika, energiya samaradorlik, yuklama diagrammasi, ekspluatatsion ishonchlilik.*

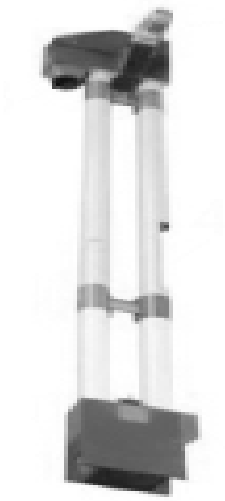
Аннотация. *В данной статье рассматриваются вопросы оптимизации режимов работы электропривода вертикального транспортера, предназначенного для вертикального перемещения зерна и мучнистых продуктов в агропромышленном комплексе. Целью исследования является снижение потерь энергии и повышение эксплуатационной надежности транспортных машин непрерывного действия в промышленных масштабах. В качестве методологической основы аналитическими методами смоделированы механические характеристики рабочей машины в режимах под нагрузкой и холостого хода, а также механические и электромеханические характеристики асинхронного двигателя, адаптированного к переменным динамическим нагрузкам. Полученные результаты показали, что система с мотор-редуктором, предназначенная для работы на открытом воздухе, полностью соответствует требованиям рабочей машины, сохраняет работоспособность даже при падении напряжения в сети и обладает высоким термическим запасом. Разработанные решения по управлению и защите служат для предохранения двигателя от перегрузок, сокращения времени простоев и снижения удельной энергоемкости всей системы до оптимального уровня, тем самым способствуя повышению общей производительности труда и энергоэффективности на агропромышленных предприятиях.*

Ключевые слова: *Агропромышленный комплекс, асинхронный электропривод, механическая характеристика, электромеханическая характеристика, энергоэффективность, нагрузочная диаграмма, эксплуатационная надежность.*

Abstract. *This article discusses the issues of optimizing the operating modes of the electric drive of a vertical conveyor designed for the vertical transportation of grain and flour products in the agro-industrial complex. The aim of the research is to reduce energy losses and increase the operational reliability of continuous transport machines on an industrial scale. As a methodological basis, the mechanical characteristics of the working machine under load and idle modes, as well as the mechanical and electromechanical characteristics of an asynchronous motor adapted to variable dynamic loads, were modeled using analytical methods. The obtained results showed that the motor-reducer system designed for outdoor operation fully meets the requirements of the working machine, maintains its operability even with voltage drops in the power grid, and has a high thermal margin. The developed control and protection solutions serve to protect the motor from overloads, reduce downtime, and lower the specific energy consumption of the entire system to an optimal level, thereby contributing to the increase of overall labor productivity and energy efficiency at agro-industrial enterprises.*

Keywords: *Agro-industrial complex, asynchronous electric drive, mechanical characteristic, electromechanical characteristic, energy efficiency, load diagram, operational reliability.*

1. Kirish. Zamonaviy agrosanoat majmuasida (ASM) qishloq xo‘jaligi mahsulotlarini yetishtirish, yig‘ishtirib olish va qayta ishlash jarayonlarini kompleks mexanizatsiyalash hamda avtomatlashtirish energiya va resurs tejamkorligini ta'minlashning eng muhim shartlaridan biri hisoblanadi. Sohadagi mavjud statistik ma’lumotlar va amaliyot shuni ko‘rsatadiki, mexanizatsiyalashmagan don xirmonlarida donni yig‘ishtirib olingandan keyingi ishlov berish (tozalash, saralash, quritish, saqlash) jarayonlarida traktorlar va kombaynlar yordamida tuproqqa ishlov berish, boshoqli don ekinlarini ekish va yig‘ishtirib olishga nisbatan deyarli ikki barobar ko‘p mehnat hamda energiya sarflanadi. Shu sababli, hosilni nobud qilmasdan saqlash liniyalarini optimallashtirish, xususan, dehqonchilik mexanikasi va sanoat energiya tizimlari sohasidagi dolzarb muammolardan biri bo‘lib qolmoqda. [1-3]

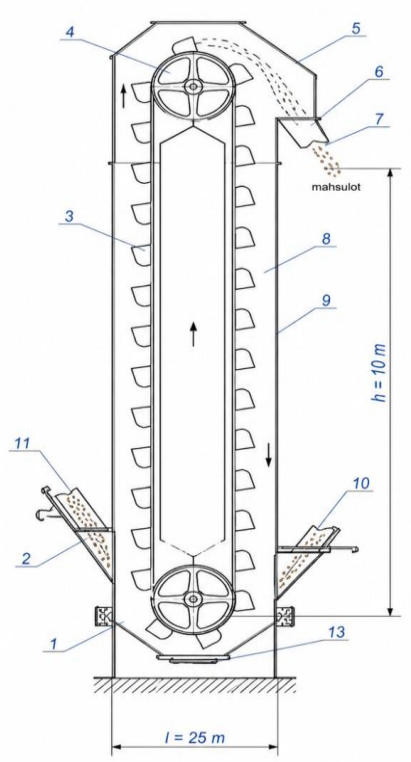


1-rasm. Vertikal yuk tashuvchi elektr yuritmaning tashqi ko‘rinishi.

Donni qayta ishlash liniyalarining ajralmas qismi va uzluksiz ishlovchi asosiy agregatlardan biri – bu elevatorlarda, mexanizatsiyalashgan minoralarda, tegirmonlarda, yorma va aralash yem zavodlarida donni vertikal yo‘nalishda tashish uchun keng qo‘llaniladigan elektr yuritmalar (cho‘michli elevatorlar) hisoblanadi. Sanoat miqyosida vertikal yuk tashuvchi elektr yuritmalarning boshqa turdagi transportyolardan asosiy afzalliklari sifatida transportlanayotgan donning maydalanmasligi va minimal darajada shikastlanishi, agregatning yuqori ishonchliligi va uzoq muddat xizmat qilishi, shuningdek, kesakli materiallarni (masalan, kunjara va boshqa aralashmalarni) ham tashish imkoniyati mavjudligini

e’tirof etish zarur. Eng muhimi, to‘g‘ri loyihalashtirilgan elektr yuritmalar vertikal tashish jarayonida energiyaning minimal sarflanishini ta’minlaydi [4].

Tadqiqot obyekti sifatida tanlangan elektr yuritma qishloq xo‘jaligi va donni qayta ishlash korxonalarida don, granulalar va unsimon mahsulotlarni uzluksiz ravishda vertikal tashish vazifasini bajaradi. Konstruktiv jihatdan ushbu ishchi mashina lenta ko‘rinishidagi egiluvchan tortish organiga ega bo‘lib, uning asosiy elementlari kallak, boshmoq, yuritma, silliq va aspiratsiya shaxtalari, yig‘iluvchi shaxta, lenta, cho‘michlar hamda tarmoq quvurlaridan iborat. Elektr yuritmaning kallak qismi prokat po‘latdan ishlangan bo‘lib, shaxtalarni va tushirish tarmog‘ini ulash uchun flaneslarga ega.



2-rasm. Vertikal yuk tashuvchi elektr yuritmaning texnologik sxemasi: 1,4 - pastki va yuqori barabanlar; 2 - qabul qilish tumshug‘i; 3 - lenta; 5 - kallak; 6 - soyabon; 7 - chiqarish tarmog‘i; 8 - cho‘mich; 9 - quvur; 10 - surma qopqoq; 11 – boshmoq; 13 – vintli tarranglash moslamasi.

Mexanizm barqarorligini ta'minlash maqsadida baraban kiydirilgan yetakchi val dumalash podshipniklariga o‘rnatiladi va maxsus kronshteynlar orqali kallak korpusiga mahkamlanadi.

Ishchi mashinaning asosiy parametri bo‘lgan unumdorlik bug‘doy misolida (zichligi 0,75 t/m³, namligi 20% bo‘lganda) soatiga kamida 20 tonnani tashkil etadi. Tizimning yuklash balandligi 700 mm, tushirish balandligi esa 11810 mm ni tashkil qilib, lenta 1,76 m/s tezlikda harakatlanadi. Har birining sig‘imi 1,16 litr bo‘lgan cho‘michlar lentaga 160 mm qadam bilan maxsus montaj boltlari yordamida qotirilgan. [5-7]

Jarayonning texnologik sxemasiga ko‘ra, mahsulot noriya boshmog‘iga zaslonka o‘rnatilgan yuklash tumshug‘i orqali uzatiladi.

Elektr yuritma yetakchi barabanni (diametri 400 mm) aylantirib, lentani harakatga keltiradi. Boshmoq qismida mahsulotga to‘lgan cho‘michlar yuqoriga – noriya kallagi tomon ko‘tariladi va yetakchi baraban atrofidan aylanib o‘tish vaqtida markazdan qochma kuch ta'sirida tushirish tarmog‘iga bo‘shatiladi [9].

Agregatning yuqori mexanik ko‘rsatkichlariga qaramay, butun liniyaning uzluksiz ishlash ishonchliligi, birinchi navbatda, ishchi mashinaning texnologik rejimiga mos keladigan elektr yuritmani to‘g‘ri tanlash va uning energiya tejamkor boshqaruv tizimini ishlab chiqishga bevosita bog‘liqdir. Ayniqsa, uskuna ochiq havoda (joylashtirish toifasi – xonadan tashqarida, iqlimiy ijrosi – U1) ishlashini inobatga olganda, elektr uskunaning himoya darajasi (IP44) va boshqaruv tizimi qat'iy talablarga javob berishi shart. Boshqarish tizimi masofadan turib qo‘lda boshqarish, yorug‘lik signalizatsiyasi, zanjirlarni qisqa tutashuv toklaridan va avariya holatlarida elektr dvigatelni o‘ta yuklanishlardan himoya qilish funksiyalariga ega bo‘lishi talab etiladi. [10-13]

Shunday qilib, ushbu ilmiy tadqiqot ishining asosiy maqsadi – agrosanoat kompleksidagi vertikal yuk tashuvchi elektr yuritmasining ishlash rejimi, o‘zgaruvchan yuklama xarakteri hamda og‘ir iqlim sharoitlarini hisobga olgan holda, uning energiya samarador elektr yuritmasini ishlab chiqish va optimallashtirishdan iborat. Ushbu maqsadga erishish uchun ishchi mashinaning aniq texnologik xarakteristikasini chuqur tahlil qilish, mashina yuritmasining elektr dvigatelini uning dinamik yuklamalariga asosan tanlash va tekshirish, ishlab chiqilgan elektr yuritmaning energetik ko‘rsatkichlarini aniqlash hamda zamonaviy himoya talablariga javob beruvchi boshqarish sxemasi va qutisini loyihalash kabi muhim vazifalar belgilab olingan.

2. Metodologiya

Agrosanoat majmuasida keng qo‘llaniluvchi va energiya sig‘imi yuqori bo‘lgan texnologik jarayonlarni, xususan, uzluksiz ishlovchi don noriyalarini loyihalashda to‘g‘ri tanlangan elektr yuritma butun tizimning energiya samaradorligini belgilab beradi. [14, 15] Ushbu tadqiqotning metodologik asosi ishchi mashinaning haqiqiy yuklama rejimlarini matematik ifodalash va shunga mos keladigan asinxron dvigatelning mexanik hamda elektromexanik xarakteristikalarini analitik qurishdan iborat. Quyida mashinaning ishlash tartibini va elektr dvigatel dinamikasini tahlil qilish uchun qo‘llanilgan asosiy hisoblash metodikalari keltirilgan.

2.1. Ishchi mashinaning yuklama ostida va salt ishlashdagi mexanik xarakteristikalarini qurish metodikasi

Mexanizatsiyalashgan don xirmonlari va elevatorlarda vertikal tashish mashinalarining energiya isroflarini kamaytirish uchun, avvalo, mashinaning tezlik va yuklama orasidagi bog‘liqliklarini aniq bilish talab etiladi. Buni amalga oshirish uchun ishchi mashinaning nominal burchak tezligi ω_{sn} (rad/s) va uning valiga ta'sir qiluvchi nominal qarshilik momenti M_{sn} (N·m) qiymatlarini aniqlash zarur. Bu tayanch parametrlar mashinaning pasport ma'lumotlariga va uzatma tezligiga ko‘ra quyidagi tenglamalar orqali topiladi:

$$\omega_{sn} = \frac{\pi n_{sn}}{30}$$

$$M_{sn} = \frac{P_{sn}}{\omega_{sn}}$$

bu yerda P_{sn} – ishchi mashinaning nominal iste'mol quvvati (Vt); n_{sn} – chiqish valining nominal aylanish chastotasi (ayl/min).

Elektr yuritma yuklama ostida ishlagan vaqtida, lentaga biriktirilgan cho‘michlarning don massasi bilan to‘lishi va uni vertikal yo‘nalishda ko‘tarishi natijasida murakkab va o‘zgaruvchan qarshilik momenti yuzaga keladi. Yuklama ostidagi mashinaning mexanik xarakteristikasi $M_c = f(\omega_c)$ ko‘rinishida quyidagi dinamik tenglama asosida quriladi:

$$M_c = M_{co} + (M_{sn} - M_{co})\left(\frac{\omega}{\omega_{sn}}\right)^{\alpha}$$

bu yerda M_{co} – mexanizmning tezlikka bog‘liq bo‘lmagan, faqatgina ishqalanish va harakatlanuvchi qismlarning inersiyasidan kelib chiqadigan boshlang‘ich qarshilik momenti (N·m); M_c – o‘rganilayotgan joriy ω burchak tezligidagi mexanizmning umumiy qarshilik momenti (N·m); ω – joriy burchak tezligi (rad/s); α – qarshilik momentining tezlikka bog‘liq holda o‘zgarishini tavsiflovchi daraja ko‘rsatkichi (noriya uchun qat'iy yuklama xarakterini hisobga olib olinadi).

Matematik hisoblashlarni tizimlashtirish uchun parametrlar dastlab nisbiy birliklarda aniqlanib, so‘ngra nomlangan birliklarga o‘tkaziladi. Bu jarayonda tezlikka bog‘liq bo‘lmagan moment hamda tizimni joyidan qo‘zg‘atish (ishga tushirish) momenti hisoblanadi:

$$M_{co} = M_{sn}\mu_{co}$$

$$M_q = M_{sn}\mu_q$$

bu yerda μ_{co} va μ_q – mos ravishda boshlang‘ich qarshilik va qo‘zg‘alish momentlarining karralik koeffitsiyentlari.

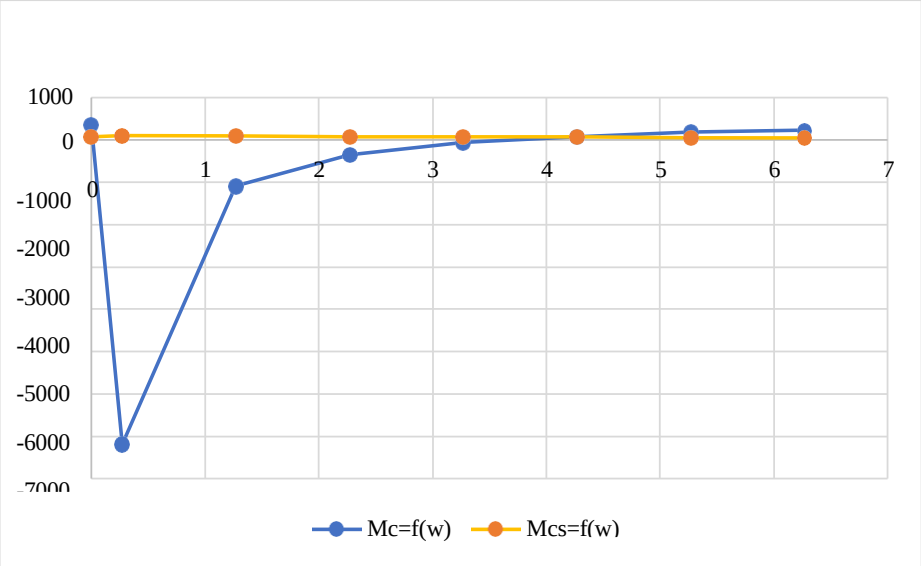
Sanoat obyektlarida agregatlarning salt (bo‘sh) ishlash rejimi ham doimiy uchraydigan texnologik holat bo‘lib, uning mexanik xarakteristikasi yuklamali rejimdan tubdan farq qiladi. Salt ishlashda talab etiladigan quvvat $P_{sn.s}$ nominal quvvatning faqat ma'lum bir qismini tashkil etishi empirik tasdiqlangan (bizning holatda $P_{sn.s} = 0.2P_{sn}$). Shunga mos ravishda salt ishlashdagi tayanch qarshilik momenti topiladi:

$$M_{sn.s} = \frac{P_{sn.s}}{\omega_{sn}}$$

Olingan ushbu tenglamalar yordamida mashinaning barcha rejimlar uchun mexanik xarakteristikalar grafigi quriladi. Shu bilan birga, mashinaning uzluksiz ishlash vaqti bir ish siklida ko‘tarilgan don massasi va noriya unumdorligiga qarab baholanadi. Bir sikl uchun ishlash vaqti t_{ish}, transportyorni yuklash t_{yuk} va tushirish t_{tush} vaqtlari donning tashish masofasi va harakatlanish tezligiga bog‘liq holda hisoblanadi. Transportyorning umumiy ishlash vaqti esa bu davrlarning yig‘indisi sifatida $t_{um} = t_{yuk} + t_{ish} + t_{tush}$ shaklida aniqlanib, yakuniy yuklama diagrammasini $P = f(t)$ shakllantirish uchun asos vazifasini bajaradi.

2.2. Tanlangan elektr dvigatelning mexanik va elektromexanik xarakteristikalarini qurish metodikasi

Ishchi mashinaning dinamik talablariga mos keladigan qisqa tutashuvli rotorli asinxron elektr dvigatelining parametrlarini tahlil qilish, samarali boshqaruv tizimini ishlab chiqishning eng muhim bosqichidir. Dvigatelning mexanik xarakteristikasini an'anaviy yondashuvlar orqali hisoblash katta sirpanish zonalarida chetlanishlar berishi sababli, tadqiqotda aniqlikni oshirish maqsadida Kloss formulasining modifikatsiyalangan, sirpanishga murakkab bog‘liq bo‘lgan E koeffitsiyentini o‘z ichiga olgan ifodasidan foydalanildi:



3-rasm. Ishchi mashinaning yuklama ostidagi va salt ishlashdagi mexanik xarakteristikalari hamda yuklama diagrammasi.

$$M = \frac{2M_{max}(1+E)}{\frac{s}{s_{max}} + \frac{s_{max}}{s} + 2E}$$

bu yerda M – berilgan sirpanishdagi moment (N·m); M_{max} – maksimal (kritik) moment (N·m); s – joriy sirpanish; s_{max} – maksimal momentga mos keluvchi kritik sirpanish.

Kritik sirpanish s_{max} qiymati dvigatelning nominal ko‘rsatkichlari va qutb momentlari karraligi asosida aniqlanadi:

$$s_{max} = s_n \frac{\mu_{max} + \sqrt{\mu_{max}^2 + 2s_n(\mu_{max}-1)} - 1}{1 - 2s_n(\mu_{max}-1)}$$

Stator chulg‘amlarining faol qarshiligi ta'sirini inobatga oluvchi E koeffitsiyenti s ning murakkab funksiyasi bo‘lib ($E = f(s)$), to‘rtta xarakterli nuqtada hisoblanadi:

$$E = \frac{\frac{s}{s_{max}} + \frac{s_{max}}{s} - \frac{2\mu_{max}}{\mu}}{\frac{2\mu_{max}}{\mu_n} - 2}$$

Hisoblangan E asosida moment M ning barcha oraliqdagi qiymatlari olinib, asinxron dvigatelning aniqlashtirilgan mexanik xarakteristika grafigi chiziladi.

Elektr dvigatelning ishlash rejimlarini to‘liq monitoring qilish, rele himoyasi va boshqaruv bloklarini loyihalash uchun elektromexanik xarakteristika $\omega = f(I)$ ham qurilishi shart. Bunga erishish uchun dastlab nisbiy birliklarda salt ishlash va maksimal sirpanishdagi toklar hisoblanadi:

$$i_0 = \sin\varphi_n - \frac{\cos\varphi_n}{\mu_{max} + \sqrt{\mu_{max}^2 - 1}}$$

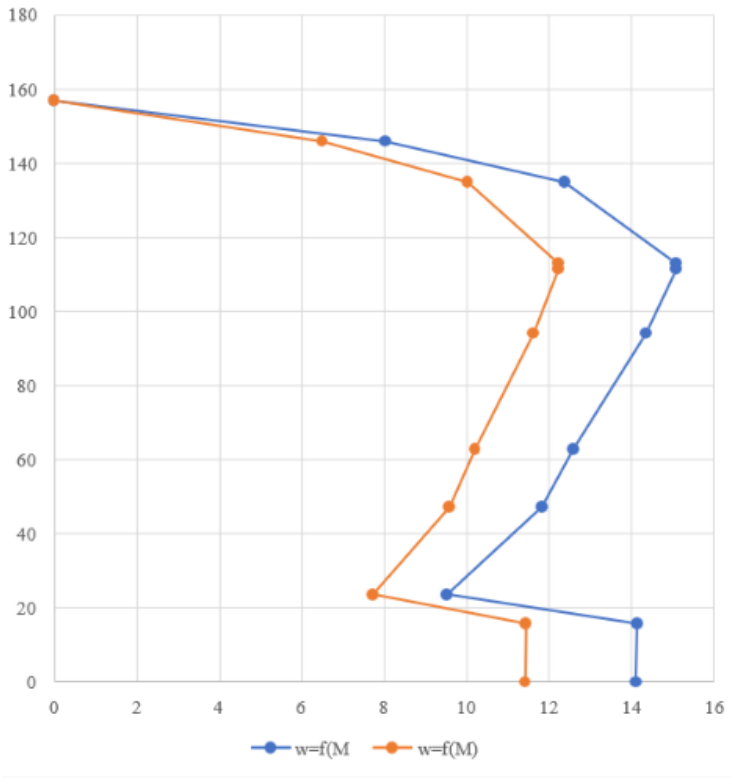
$$i_{sk} = \sqrt{i_0^2 + (1 - i_0^2)\frac{\mu_{max} \cdot s_{max}}{s_n}}$$

Dvigatelning tarmoqdan oladigan haqiqiy nominal toki I_n tormozlanish va ruxsat etilgan parametrlar asosida topiladi:

$$I_n = \frac{P_n}{\sqrt{3}U_n\cos\varphi_n}$$

Elektromexanik xarakteristikani qurishdagi ekstremal holat bu dvigatelning ishga tushish (start) lahzasidir. Bu vaqtda rotor tezligi nolga teng ($\omega_p = 0$) bo‘lib, stator tarmoqdan maksimal ishga tushirish tokini I_p iste'mol qiladi. U dvigatel pasportidagi ishga tushirish toki karraligi k_i asosida $I_p = k_i \cdot I_n$ kabi hisoblanadi. Shunday qilib, to‘rtta asosiy nuqta: salt ishlash holati (I_0, ω_0), nominal rejim (I_n, ω_n), o‘ta

yuklanish holati (I_{sk}, ω_k) va ishga tushish (I_p, 0) koordinatalari xaritalanib, yaxlit elektromexanik xarakteristika chizig‘i olinadi. Ushbu ma'lumotlar agregat energosistemasini kompleks o‘rganish uchun hal qiluvchi ahamiyatga ega.



4-rasm. Tanlangan elektr dvigatelning mexanik va elektromexanik xarakteristikalari.

4. Muhokama va natijalar. Tadqiqotning metodologiya qismida ishlab chiqilgan matematik modellar asosida vertikal yuk tashuvchi qurilma uchun eng maqbul elektr yuritma tizimi tanlandi va uning ish rejimlari baholandi. Texnologik talablarga va ochiq havoda ishlash sharoitiga moslashtirilgan motor-reduktorli dvigatelning mexanik xarakteristikasi ishchi mashinaning yuklama rejimlariga to‘liq muvofiq kelishi aniqlandi. Tahlillar shuni ko‘rsatdiki, tarmoqda kuchlanish pasaygan favqulodda holatlarda ham dvigatel o‘z ishchanligini saqlab qoladi hamda mashinani ishonchli ishga tushirish uchun zarur bo‘lgan yetarli mexanik zaxirani ta’minlaydi.

Elektromexanik xarakteristikalar tahlili natijasida tizimning o‘ta qisqa vaqt ichida barqaror tezlikka erishishi isbotlandi. Bu holat o‘tkinchi jarayonlardagi tok o‘ta yuklanishlarini va unga bog‘liq energiya isroflarini keskin kamaytiradi.

Maqola doirasida ishlab chiqilgan yechim yuqori energetik samaradorlikka erishish imkonini berdi. Elektr dvigatelning o‘rtacha yuklanish va quvvat koeffitsiyentlari maqbul darajada ta'minlanib, tashilayotgan mahsulot massasiga nisbatan solishtirma energiya sig‘imi sezilarli darajada optimallashtirildi.

5. Xulosa. O‘tkazilgan tadqiqotlar va matematik modellashtirish natijasida vertikal yuk tashuvchi konveyer uchun og‘ir iqlim va texnologik sharoitlarga to‘liq javob beradigan, energiya tejamkor elektr yuritma tizimi ilmiy jihatdan asoslandi. Tadqiqot bo‘yicha quyidagi yakuniy xulosalar shakllantirildi:

– Ishchi mashina va elektr dvigatelning mexanik xarakteristikalari o‘zaro muvofiqlashtirildi. Tahlillar tizimning favqulodda holatlarda ham tezkor va barqaror ishga tushishini hamda uzluksiz ishlash uchun yetarli mexanik zaxiraga ega ekanligini tasdiqladi.

– Elektromexanik o‘tkinchi jarayonlar tahlili shuni ko‘rsatdiki, dvigatelning o‘ta qisqa vaqt ichida o‘z nominal tezligiga chiqishi ishga tushirishdagi tok o‘ta yuklanishlari va energiya isroflarini keskin kamaytiradi.

Mazkur ilmiy yechimlar va olingan matematik modellar agrosanoat majmuasida donni qayta ishlash va saqlash liniyalarini kompleks avtomatlashtirish, shuningdek, sanoat korxonalarida energiya va resurs tejamkorligini ta'minlash uchun muhim amaliy tavsiya sifatida xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1] M. Uzbekov, B. Boynazarov, F.Nasretdinova, I. Zoxidov, A. Ashurov and Z. Hamidjonov, “Energy saving using solar air heater collectors.” E3S Web of Conf., 508 (2024) 02001. doi: 10.1051/e3sconf/202450802001

[2] B. Khaliljonov, S. Odilov, B. Soliyev, R. Raxbarov, S. Saydaliyev and X. Muxammadyoqubov, “Investigation of the Thermal State of the Battery in the Operating Cycle of Solar Panels,” 2025 7th International Youth Conference on Radio Electronics, Electrical and Power Engineering (REEPE), Moscow, Russian Federation, 2025, pp. 1-4, doi: 10.1109/REEPE63962.2025.10971161

[3] A. Kuchkarov, M. Uzbekov, B. Boynazarov, B. Abdukarimov, O. Mamatov and Sh. Muminov, “Determining the optimal placement scheme and height of elements that accelerate heat exchange processes in solar air heater collectors through mathematical modeling.” BIO Web Conf., 84 (2024) 02022, doi: 10.1051/bioconf/20248402022

[4] I. N. Rakhmatshoev, U. B. Sharapov, B. K. Khaliljonov, B. G. Soliyev, and N. U. Karimov, “Design and performance analysis of a stand-alone PV system with hybrid energy storage for Uzbekistan,” in Proc. 16th Int.

Conf. on Thermal Engineering: Theory and Applications (ICTEA), Bucharest, Romania, Jun. 18–20, 2025, vol. 1, no. 1, Jul. 2, 2025

[5] I. N. Rakhmatshoev, U. B. Sharapov, B. G. Soliev, B. K. Khaliljonov, and B. T. Jobborov, “Hybrid battery–supercapacitor systems for renewable energy applications: Comparative analysis of off-grid and hybrid PV systems,” in Proc. 15th Int. Conf. on Thermal Engineering: Theory and Applications (ICTEA), Tashkent, Uzbekistan, May 28–Jun. 1, 2024, vol. 1, no. 1, Jul. 2, 2025

[6] S. Odilov, B. Khaliljonov, R. Sultonov, S. Numonjonov and D. Kuchkarova, “Energy-efficient Control Algorithm for a Solar-powered Deep-well Centrifugal Pump,” 2025 7th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, Russian Federation, 2025, pp. 918-922, doi: 10.1109/SUMMA68668.2025.11302384

[7] M. Sobirov, S. Usmonov, B. Khaliljonov, D. Kuchkarova, J. Juraev and N. Karimov, “Enhancing Energy Efficiency in Food Production through Real-time Data Management Using IoT Technologies,” 2025 7th International Conference on Control Systems, Mathematical Modeling, Automation and Energy Efficiency (SUMMA), Lipetsk, Russian Federation, 2025, pp. 75-80, doi: 10.1109/SUMMA68668.2025.11302301

[8] S. Odilov, Z. To‘ychiyev, B. Khaliljonov, B. Jobborov, B. Soliyev and A. Khomidov, “Mathematical Model for Estimating Water Intake and Energy Consumption of Centrifugal Pumps in Irrigation Systems,” 2025 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics), Omsk, Russian Federation, 2025, pp. 1-4, doi: 10.1109/Dynamics68764.2025.11302161

[9] S. Usmonov, D. Kuchkarova, S. Odilov, B. Khaliljonov, B. Jobborov and B. Soliyev, “Development of a Geometrically Summing Voltage Inverter Circuit for Water Pumps Operating in Photoelectric Systems” 2025 Dynamics of Systems, Mechanisms and Machines (Dynamics), Omsk, Russian Federation, 2025, pp. 1-5, doi: 10.1109/Dynamics68764.2025.11302165

[10] S. Odilov, B. Khaliljonov, Sh. Yuldashev, S. Saydaliyev, “Assessment of energy optimization strategies in electrical systems of textile manufacturing facilities”. AIP Conf. Proc. 4 November 2025; 3331 (1): 030075. doi: 10.1063/5.0305850

[11] S. Urmonov, “Study and analysis of geometric and dynamic dimensions of segner type jet turbines”, in E3S Web of Conferences, 2024, vol. 587, Art. no. 01007. doi:10.1051/e3sconf/202458701007

[12] O.O. Bozarov, M.O. Uzbekov, X.A. Egamberdiev, E.M. Begmatov, Analysis of the possibilities of using photo and hydropower potentials to create a micropower plant network (Part 1), Scientific-technical journal (STJ FerPI, 2022, special issue No. 5, 82-85 p. ISSN 2181-7200

[13] M.O. Uzbekov, O.O. Bozarov, E.M. Begmatov, B.A. Kiryigitov “Analysis of the possibilities of utilizing photovoltaic and hydropower potentials to create a network of micro-power plants. (Part 2)” , Scientific-technical journal (STJ FerPI, 2022 special issue №7), 70-75.p ISSN 2181-7200

[14] Sh. Usmonov, R. Sultonov, M. Mamadaliyev, A. Saleem, and D. Kuchkarova, “Increase the operational reliability of the electric drive of the weaving machine.” International Journal of Power Electronics and Drive Systems (IJPEDS, 15(2), 704–714, doi: 10.11591/ijpeds.v15.i2.pp704-714 .

[15] Luther Sule, I.N.G. Wardana, Rudy Soenoko, Slamet Wahyudi, Angled and Curved Bladesof Deep-Water Wheel Efficiency, Australian Journal of Basic and Applied Sciences, 8(6) April 2014, Pages: 186-192.

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ИНФОРМАЦИОННЫХ СИСТЕМ И ТЕХНОЛОГИЙ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВОЙ ЭКОНОМИКЕ

М.Х. Охунов, Д.М. Охунов студент Р.Б. Юсубжонова

Ферганский государственный технический университет
E-mail: mamatdilshod@rambler.ru
(Получена 04.04.2026 г.)

В данной статье проанализированы этапы развития интеллектуальных информационных систем, рассмотрены проблемы и технологии искусственного интеллекта наиболее распространенные к настоящему времени, а также даны определения роботов и классификация робототехники

Ключевые слова: *интеллектуальные системы, искусственный интеллект, экспертные системы, нейросети, нейрокомпьютеры, роботы, робототехника*

Ушбу мақола ақлли ахборот тизимларининг ривожланиш босқичларини таҳлил қилади, ҳозирги кунгача енг кенг тарқалган сунъий интеллект муаммолари ва технологияларини муҳокама қилади, шунингдек роботларнинг таърифлари ва робототехника таснифини беради

Калит сўзлар: *ақлли тизимлар, сунъий интеллект, експерт тизимлари, нейрон тармоқлари, нейрокомпютерлар, роботлар, робототехника*

This article analyzes the stages of development of intelligent information systems, discusses the problems and technologies of artificial intelligence that are most common to date, and also gives definitions of robots and the classification of robotics

Keywords: *intelligent systems, artificial intelligence, expert systems, neural networks, neurocomputers, robots, robotic.*

Много из того, что вчера называли общими и специальными терминами, сегодня называют интеллектуальным. Практически любой созданный, а точнее выпушенный на рынок информационный или технический объект объявляется интеллектуальной системой. В действительности это отчасти мода, а отчасти широкое научное и практическое осознание интеллектуальности как одной из важных характеристик окружающего нас мира.

Примерно в 70-е годы прошлого столетия – начале фазы компьютерной революции был совершен концептуальный прорыв в новой области информатики и вычислительной техники, названной искусственным интеллектом. В эти годы была принята новая концепция, которая утверждала, что эффективность программы при решении задачи зависит от знаний, которыми она обладает, а не только от формализмов и методов вывода, которые она использует [1].

Наиболее значительными работами в области искусственного интеллекта являются разработки мощных компьютерных систем или экспертных систем, т. е. систем основанных на знаниях. Такие программы решения задач с представлением и применением фактических и эвристических знаний, совместной работой экспертов и инженеров по знаниям, разработчиков систем и логическим выводом позволяют переходить к новым информационным технологиям, к новой технологии программирования.

Еще в 1200-х годах появились попытки создания искусственного человека и его разума. Изобретатель Раймонд Луллий сконструировал машину, состоящую из кругов, размеченных буквами и раскрашенных в разные цвета, которые символизировали различные понятия, элементы стихии, субъекты и объекты знания [2]. Разнообразное их сочетание, приводили с помощью логических операций к выводу «формул знаний».

В 40-х годах 20 века с появлением электронно-вычислительных машин искусственный интеллект обрел второе рождение.

Исследования в области искусственного интеллекта имеют две цели:

• выяснение сущности естественного интеллекта (человеческого интеллекта);

• использование машинного интеллекта для преобразования новых знаний и для

решения интеллектуальных задач.

Первую цель выполняют психологи. Они контролируют модель поведения человека при решении задач и затем ее корректируют.

Вторую цель выполняет исследователь. Он синтезирует интеллектуальное поведение системы независимо от методов, которыми пользуются люди.

В соответствии с этими целями искусственный интеллект разделился на два основных направления: нейрокибернетику и кибернетику «черного ящика».

Первое направление утверждает, что мыслить может только человеческий мозг и, соответственно, любая машина должна быть выполнена как человеческий мозг, то есть воспроизвести его структуру, принцип действия.

В конце 1950-х годов начали разрабатываться и создаваться первые нейросети и нейрокомпьютеры американскими учеными У. МакКалоком, У.Питтсом, Ф.Розенблаттом, представляющие и в настоящее время нейрокомпьютерное направление систем искусственного интеллекта.

Второе направление говорит не о принципе действия мыслящего устройства, а об адекватном моделировании его функционирования, то есть поисков алгоритмов решения интеллектуальных задач, другими словами, собственных моделей мышления, а не человеческих.

Работы в области искусственного интеллекта начались с зарождения нейрокибернетики. Так как мозг человека состоит из множества нервных клеток - нейронов, то исследователи пытались строить разумные машины, имитируя поведение коллектива нейронов. Основную идею нейрокибернетики можно сформулировать следующим образом. Единственный объект, способный мыслить,- это человеческий мозг. Поэтому любое мыслящее устройство должно быть обязательно выполнено по образу и подобию человеческого мозга, воспроизводить его структуру, его принцип действия. Таким образом, нейрокибернетика занимается аппаратным моделированием структуры мозга и его деятельности.

В 1943 году У. МакКолак и У. Питтс предложили модель формального логического нейрона который мог находится в двух устойчивых состояниях. Д. Хебб в 1949 году разработал простое правило, позволяющее изменять веса связей между нейронами с целью их обучения. В 1951 году М. Минского и Д.Эдмондс разработали нейрокомпьютер, который содержал 40 нейронов.

Термин «искусственный интеллект» был предложен на семинаре Дартсмутского колледжа (США) в 1956 году. Первые работы по искусственному интеллекту проводились в Массачусетстком технологическом институте под руководством М. Минский и Дж. Маккарти, в университете Карнеги-Меллона под руководством Г. Саймона и А. Ньюэлла. Они и считаются «отцами» искусственного интеллекта.

Работы Г. Саймона и А. Ньюэлла по разработке программы «Логик-теоретик» были предназначены для доказательства теорем в исчислении высказываний. С помощью ее были доказаны ряд теорем, но поиск решений был не эффективен. Таким образом, к концу 60-х годов основное внимание в области искусственного интеллекта стало уделяться методам представления задач и поиску решений, в частности представлению задач в логической форме и автоматическому доказательству теорем на основе метода резолюций.

Первой интеллектуальной системой, нашедшей применение в промышленности, стала экспертная система К1, разработанная Мак-Дермотом в 1982 году. Система К1 применялась для конфигурации компьютерных систем семейства VAX. Коммерческая версия системы, разработанная корпорацией Digital Equipment совместно с университетом Карнегги-Меллона (США), получила название XCON. К 1986 году эта система позволяла корпорации экономить 70 млн долларов ежегодно. Кроме этого, применение системы сократило число ошибок с 30 % до 1 %.

В 1981 году Япония объявляет о начале проекта машин 5-го поколения, базирующихся на принципах ИИ. Этот проект способствовал активизации исследований в области ИИ во

многих странах.

Начало XXI века характеризуется началом исследований и разработкой систем с интеллектуальным интерфейсом: самообучающиеся, адаптивные, а затем и гибридные системы искусственного интеллекта, объединяющие в себе возможности, представленные нейронными сетями и моделями представления знаний [3]. Объединение нейронных сетей и баз знаний может выполняться различными способами. В настоящее время ведутся исследования и разработки систем гибридного интеллекта на основе адаптивного информационного взаимодействия коллективов людей и ЭВМ, т. е. взаимодействие естественных интеллектов в природе, обществе, технике, которые включают в себя системы искусственного интеллекта.

Например, процесс совместной интеллектуальной деятельности студентов и ЭВМ как компонентов системы гибридного интеллекта есть процесс формирования абстрактного алгоритма решения управления данным объектом [4].

Такой процесс может осуществляться как переход коллектива операторов от индивидуальных по языку и субъективных по соотношению с объективной реальностью и между собой (интуитивных) отражений с использованием ассоциативных информационных моделей к психическим моделям, адекватным оперативной структуре задачи, и к возможности построения информационных моделей. Это и есть путь к гибридизации участвующих интеллектов или создания системы человек - машина - среда.

Интеллектуальные информационные системы проникают во все сферы нашей жизни, поэтому становятся неотъемлемым элементом при решении задач автоматизации и управления сложными объектами и процессами.

Современное понятие интеллектуальных систем (ИС) сформировалось в процессе развития теоретических основ кибернетики, современной теории управления, теории алгоритмов, развития современных информационных технологий и обобщения накопленных научных знаний, методов и средств в области искусственного интеллекта (ИИ).

Возникновение понятия интеллектуальных систем тесно связано с понятием искусственного интеллекта и современной теории управления [1-4]. Исследования в области ИИ стали развиваться наиболее активно с 50-х годов прошлого века в связи с развитием средств вычислительной техники, информатики и кибернетики.

На разных этапах развития ИИ исследователями различных направлений ИИ предлагались свои определения ИИ. Так в математическом энциклопедическом словаре приводилось следующее определение: «Искусственный интеллект (от латинского intellectus – познание, понимание, рассудок) это раздел информатики, изучающий методы, способы и приемы моделирования и воспроизведения с помощью ЭВМ разумной деятельности человека, связанной с решением задач». Академик Г.С. Поспелов писал: «под искусственным интеллектом понимается наука о том, как заставить машину делать то, что умеет делать умный человек». В зарубежной литературе применяют определение термина «искусственный интеллект» как «Artificial Intelligence» (AI). В отличие от философии и психологии, искусственный интеллект в области исследований и разработок технических систем ориентирован не столько на понимание, сколько на построение интеллектуальных систем.

На первоначальном этапе развития были выделены и на данный момент остались актуальными следующие **основные проблемы искусственного интеллекта и направления его развития**:

1. Представление знаний.
2. Решение неформализованных задач.
3. Создание комплексных экспертных систем.
4. Интеллектуальный анализ данных.
5. Общение с ЭВМ на естественном языке.
6. Обучение.
7. Когнитивное моделирование (cognos – знание) и моделирование разума.
8. Обработка визуальной информации и робототехника.

В настоящее время существует несколько определений понятия робот.

Робот - (чешек. *Robot*) машина с антропоморфным (человекоподобным) действием; автоматический программно-управляемый манипулятор.

Робот - электронно-механическое устройство, способное к целесообразному поведению в условиях изменяющейся внешней обстановки; выполняющее рабочие операции со сложными пространственными перемещениями.

Робот - любое устройство (механизм), выполняющее предназначенные ему действия, которое одновременно отвечает трем условиям:

1) SENSE: воспринимать окружающий мир с помощью сенсоров. Такими сенсорами могут быть микрофоны, камеры (всех областей электромагнитного спектра), различные электро механические сенсоры и прочее;

2) THINK: понимать окружающий физический мир и строить модели поведения, для того чтобы выполнять предназначенные ему действия;

3) ACT: воздействовать на физический мир, тем или иным способом.

Если одно из вышеназванных условий не выполняется, то устройство не является роботом.

К примеру, автономное транспортное средство можно отнести к робототехнике. Робот-автомобиль обладает сенсорами *(SENSE),* строит модели, понимает окружающий мир и принимает решения *(THINK)* и совершает необходимые действия, чтобы двигаться, выполняя свою задачу *(ACT)* (перевезти пассажиров или груз). Такой робот работает в невероятно сложной, недетерминированной среде, в которой постоянно возникает громадное количество непредвиденных ситуаций. Робот-манипулятор на фабрике имеет простейший сенсор *(SENSE)* (одномерный лазерный дальномер), который контролирует выполнение модели операции *(THINK)* и производит необходимое действие *(ACT),* например, сварку. Эти роботы-автоматы работают в строго детерминированной среде, в которой построенная модель не меняется долгое время. С другой стороны, устройство, которое может воспринимать окружающий мир *(SENSE)* и действовать *(ACT),* но при этом не имеет никакой модели окружающего мира, можно отнести к автоматизации. Широко распространенный пример такого устройства - кофейный автомат.

Существует также принятое деление робототехники на типы в зависимости от общей прикладной области. Для этого используется классификация, предложенная в стандарте ISO 8373:2012:

1) промышленная робототехника;

2) сервисная робототехника.

Промышленный робот – это автоматически управляемый, перепрограммируемый, многоцелевой манипулятор, программируемый по трем и более осям. Он может быть либо зафиксирован в заданном месте, либо может иметь возможность передвижения для выполнения промышленных задач по автоматизации.

Сервисный робот – это робот, выполняющий полезную работу для людей и оборудования, исключая промышленные задачи по автоматизации.

Сервисная робототехника делится на два типа (табл. 1.):

1) для персонального использования. Это те роботы, которых мы приобретаем для использования в нашей повседневной жизни;

2) для профессионального использования. Это роботы, которые приобретаются для того, чтобы использовать их с целью извлечения выгоды при оказании различных услуг.

В настоящее время получили широкое распространение коллаборативные роботы, или коботы - новое направление в развитии промышленной робототехники. Согласно ISO 15066:2016, это робот, сконструированный для непосредственного взаимодействия с человеком в рамках определенного совместного рабочего пространства.

Современный мир вполне осознает, какое значение имеет робототехника. Конечно, до появления роботов, способных свободно общаться со своими владельцами, еще далеко, но уже появились такие, которые могут выполнять определенные виды работ. Искусственный

интеллект появился в роботах-пылесосах, самоочищающихся кошачьих туалетах. Многие наверняка слышали о 3D-печатном роботе, который самостоятельно собирает себя, когда его детали нагреты до определенных температур. Несмотря на то, что пользовательские роботы еще не очень распространены, само появление подобных устройств доказывает, что у людей есть желание создавать подобные инновации.

Таблица 1.

Классификация робототехники

Персональная робототехника	*Профессиональная робототехника*
Работы для домашних задач Развлекательные работы Ассистивные работы для пожилых Другие (личные/домашние) работы	Полевая робототехника Профессиональная уборка Мониторинг и эксплуатация Строительство и снос Логистические системы Медицинская робототехника Спасение и обеспечение безопасности Военное применение Подводные системы Мобильные платформы Работы для продвижения услуг Другие профессиональные работы различного назначения

Роботов можно программировать, и не только на выполнение тех задач, которые человеку не нравятся, но и тех, которые ему просто не под силу. Именно по этой причине в самое ближайшее время развитие робототехники возможно в медицинской сфере. Немецкие ученые работают над созданием нанотехнологий с роботизированными интегрированными элементами. Эти миниатюрные роботы могут быть запрограммированы на перемещение глазной или кровяной жидкости, восстановление повреждений клеток человеческого тела, доставку лекарств. Кроме того, роботы могут заменить людей в инфекционной среде, что особенно актуально в условиях развития различных эпидемий.

На сегодняшний день наблюдается рост мирового рынка использования роботов, (рис. 1.).

2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
11,1	12,3	13,9	15,8	18,1	20,8	23,5	26,1	28,5

Рис.1. Рынок промышленных роботов, $ млрд

Существуют самообучающиеся программы, самообучение происходит в взаимодействии с человеком, например самообучающиеся разговаривающие программы "учатся" сохраняя ответы человека на фразы этой машины. Из этого следует что самостоятельно, на данном этапе развития, программы саморазвиваться не могут.

Основной проблемой, возникающей при попытках создания "электронного разума", по всей видимости, является проблема конструктивного решения подобной машины. Ведущими исследователями в области ИИ было предложено несколько подходов, каждый из которых содержит разумное зерно конструкции машины. Однако какую лучше использовать конструкцию - этого, как свидетельствует практика, точно никто не знает и по сей день, поскольку "разумная машина" так и не была создана. Возможно проблема создания "разумной машины" кроется в недостаточности знаний высших функций деятельности головного мозга? Ведь на настоящий момент времени никто не может точно сказать, например, что такое сознание в понимании мозга и когда оно зарождается у человека. Ведущие специалисты в области искусственного интеллекта и известные философы ведут

дискуссии по этому поводу. Скорее всего, для того, чтобы пытаться построить "разумную машину", которая, несомненно, по конструкции, должна быть схожа с "конструкцией" головного мозга человека, необходимо вначале досконально изучить работу последнего, а также определить своеобразную грань между разумным и неразумным и условия перехода через эту грань, другими словами, условие зарождения сознания [6].

Основной проблемой, возникающей при попытках создания "электронного разума", по всей видимости, является проблема конструктивного решения подобной машины. Ведущими исследователями в области ИИ было предложено несколько подходов, каждый из которых содержит разумное зерно конструкции машины. Однако какую лучше использовать конструкцию - этого, как свидетельствует практика, точно никто не знает и по сей день, поскольку "разумная машина" так и не была создана. Возможно проблема создания "разумной машины" кроется в недостаточности знаний высших функций деятельности головного мозга? Ведь на настоящий момент времени никто не может точно сказать, например, что такое сознание в понимании мозга и когда оно зарождается у человека. Ведущие специалисты в области искусственного интеллекта и известные философы ведут дискуссии по этому поводу. Скорее всего, для того, чтобы пытаться построить "разумную машину", которая, несомненно, по конструкции, должна быть схожа с "конструкцией" головного мозга человека, необходимо вначале досконально изучить работу последнего, а также определить своеобразную грань между разумным и неразумным и условия перехода через эту грань, другими словами, условие зарождения сознания.

В японском Национальном институте по исследованию материи международная группа ученых разработала первый в мире прототип искусственного разума. Там создается искусственный интеллект в буквальном смысле этого слова. После того, как технология биомолекулярного вычисления будет реализована на практике, машины получат то, что на сегодняшний день свойственно только человеку – способность к творчеству в самом широком понимании. Руководитель проекта утверждает, что новый способ обработки информации по принципу напоминает работу человеческого мозга.

В голове каждого из нас миллионы нейронов постоянно взаимодействуют друг с другом, одновременно обрабатывая такое количество информации, с которой не справился бы ни один суперкомпьютер, потому что его принцип остался таким же, как и в первых ЭВМ середины прошлого века – информация между частицами передается только в одном направлении.

Новая технология заключается в том, что у каждой молекулы этих направлений может быть до трех сотен.

Но даже при таком, казалось бы, высоком развитии технологий роботы построенные на таких платформах примитивны, так как подчинены заранее установленному алгоритму, отступать от которого робот сможет лишь в одном случае - если научится самостоятельно мыслить как человек.

Список литературы

[1]. Д.М. Охунов, М.Х. Охунов, М.У. Акбарова. Общая методология оценки и выбора компонентов автоматизированных систем. - САПР и моделирование в современной электронике: сборник научных трудов III международной научно-практической конференции. Брянск, 2019, стр 54-58.

[2]. OkhunovDilshod, OkhunovMamatjon. General methodology of evaluation and selection component sof automated systems. - САПР и моделирование в современной электронике: сборник научных трудов V Международной научно-практической конференции. Брянск, 2021.

[3]. Dilshod Okhunov, Mamatjon Okhunov, Mukaddas Akbarova. Method of calculation of system reliability on the basis of construction of the logical function of the system. E3S Web of Conferences 139, (2019)/ RSES 2019.

[4]. D.Okhunov, S.Semenov, S. Gulyamov, D.Okhunova, M.Okhunov. Tools to support the Development and Promotion of Innovative Projects. SHSwebofConferences 100, 01008(2021) ISCSAI 2021

[5]. https://doi.org/10.1051/SHSconf/202110001008

[6]. Потапов А.С. Технологии искусственного интеллекта/А.С.Потапов // СПб: СПбГУ ИТМО, 2010. - 218 с.

[7]. Люгер, Д.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Д.Ф. Люгер. - М.: Изд. дом "Вильямс", 2003. - 865 с.

ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ГЛАУКОНИТОВЫХ ПЕСЧАННИКОВ ЧАНГИНСКОГО МЕСТОРОЖДЕНИЕ

докторант А.С. Турсунов, У.М. Турдиалиев

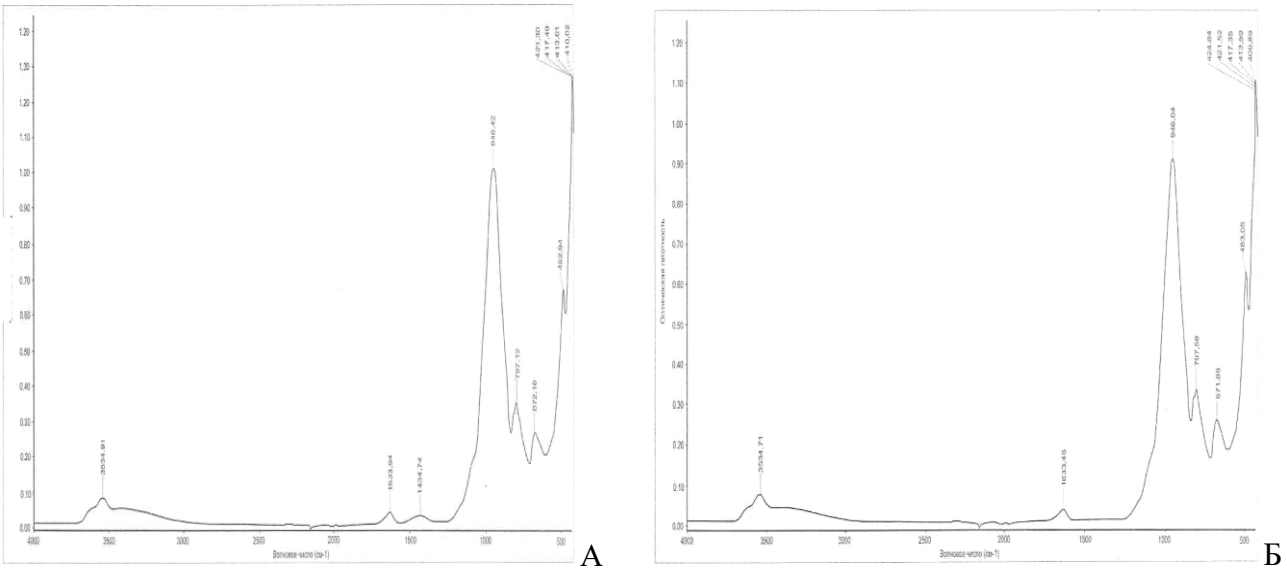
Андижанский государственный технический институт,
ул. Бобуршох, 56, E-mail: turcunov-farpi@mail.ru
(Получена 04.04.2026 г.)

Аннотация. *В статье образцы глауконитовых песчаников исследованы методом ИК-спектрального и рентгеноструктурного анализа. Физико-химические анализы показали, что глауконит месторождения Чанги является сложным калийфосфорсодержащим алюмосиликатом, группы минералов гидрослюд подкласса слоистых силикатов, а кристаллическая структура глауконита представляет собой промежуточный тип между структурой слюды и монтмориллонита и соответствует глауконитам.*
Ключевые слова: *глауконит, глауконитовые песчаники, глауконитовые зёрна, обогащение, минерально-сырьевая база, ресурсы.*
Abstract. *In the article, samples of glauconitic sandstones were studied using IR spectroscopy and X-ray diffraction analysis methods. Physico-chemical analyses showed that the glauconite from the Changi deposit is a complex potassium- and phosphorus-containing aluminosilicate belonging to the hydromica group of the phyllosilicate subclass. The crystalline structure of the glauconite represents an intermediate type between the structures of mica and montmorillonite and corresponds to typical glauconite minerals.*
Key words: *glauconite, glauconitic sandstones, glauconitic grains, beneficiation, mineral resource base, resources.*
Annotatsiya. *Ushbu maqolada glaukonit qumtosh namunalari IR va rentgen difraksiyasi yordamida tahlil qilindi. Fizik-kimyoviy tahlillar shuni ko'rsatdiki, Changi konidan olingan glaukonit gidromitsa minerallar guruhiga mansub, qatlamli silikatlar subklassiga mansub murakkab kaliy-fosfor tutgan alyuminosilikatdir. Uning kristall tuzilishi glaukonitga mos keladigan slyuda va montmorillonit o'rtasidagi oraliqdir.*
Tayanch so‘zlar: *glaukonit, glaukonit qumtoshlari, glaukonit donalari, boyitish, mineral xom ashyo bazasi, resurslar.*

Как известно, физико-химические методы, в том числе ИК - спектроскопические и рентгенофазовые методы анализа, являются наиболее информативными при исследовании природных алюмосиликатных минералов, в частности глауконитов. ИК - спектроскопический анализ природного глауконита Чангинского месторождения показал, что он имеет характерную для алюмосиликатов структуру (рис. 1). На ИК - спектрах (рис. 1(А, Б) исследуемого глауконита полосы поглощения в области 410–500 $см^{-1}$ соответствуют деформационным, а в области 600–1000 $см^{-1}$ валентным колебаниям тетраэдров (TO_4) образующих отверстия в полости глауконита.

Наличие этих полос отвечает валентным колебаниям внутри тетраэдров Si-O(Al) или Al-O(Si)-связей. Четко выраженные пики в области 1434, 1633 $см^{-1}$ относятся к деформационным колебаниям воды. Полосы поглощения в области 3408, 3534 $см^{-1}$ относятся к валентным колебаниям воды.

Более детальное соотнесение частот спектра природного глауконита показало, что область поглощения (410–420) $см^{-1}$ соответствует колебаниям FeO связей. Частоты с максимумами 482 $см^{-1}$ и частоты в области (672–797) $см^{-1}$ относятся к колебаниям Si-O-Al связей. Полосы поглощения 1030 и 820 $см^{-1}$, характерны для колебаний Si-O связей. Присутствие воды описывается широкой полосой в области валентных колебаний воды (3408– 3534) $см^{-1}$. Инфракрасный спектральный анализ. ИК – спектры снимали на приборе спектрометре IR Tracer -100 и «Spekord – 75 IR».

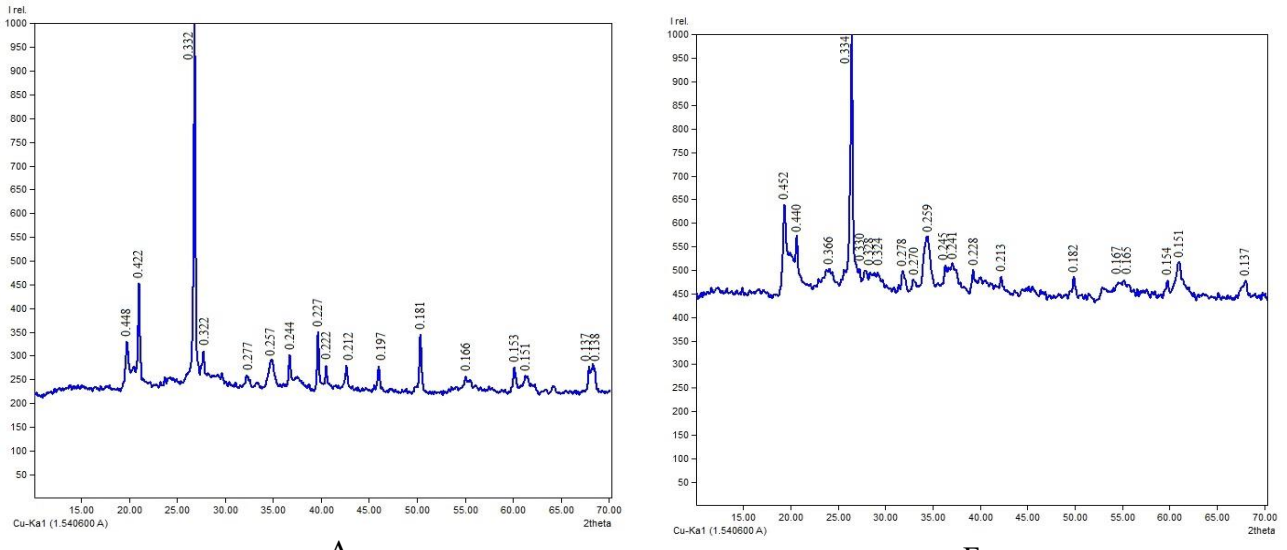


А Б

Рис. 1. ИК-спектральный анализ необогащенного (А) и обогащенного (Б) глауконита

Порошковые образцы были исследованы методами рентгеноструктурного и элементного анализа. В результате проведенных исследований получены следующие основные выводы. Формирование глауконит кварцевых песчаников и песков происходило в прибрежных фациальных условиях вблизи источника привноса терригенного материала в субкислородной и даже анаэробной среде морского осадка. Содержание глауконита в изученных породах составляет 11,58…18,6 % (необогащённых) остальное приходится главным образом на терригенный кварц (82,6…86,8 %). Глауконит характеризуется следующим составом (%): K2O – 6,73…8,89, SiO2 – 49,61…55,99, Fe_2O_3(total) –19,36…26,85, MgO – 3,26…4,91, Al_2O_3 – 3,90…7,31. Идентификацию образцов проводили на основе дифрактограмм, которые снимали на аппарате XRD-6100 (Shimadzu, Japan), управляемый компьютером. Применяли Cu-K_α-излучение (β-фильтр, Ni, λ=1.54178 Å, режим тока и напряжения трубки 30 mA, 40 kV) и постоянную скорость вращения детектора 4 град/мин с шагом 0,05 град. (ω/2θ-сцепление), а угол сканирования изменялся от 10 до 80º. Мощность рентгеновского излучения составлял 2 кВт. На полученных спектрограмм рентгенофазового анализа [1] были определены аморфные и кристаллические фазы данного вещества. По пикам спектрограммы на основе индексов Миллера и межплоскостных расстояний d_{hkl} показаны комплексные соединения, вновь образующиеся на основе карбида кремния.

Рентгенограмма необогащенных и обогащенных глауконитовых песчаников приведена на рисунках 2 (А, Б).



А Б

Рис.2 Рентгенограмма необогащенного (А) и обогащенного (Б) глауконитового песчанника

Рентгенофазовый анализ показывает, что на рентгенограмме необогащённого глауконита (рис.2 А) наблюдается наличие минералов группы кварца d=0.422; 0.332; 0.227; 0.182 нм, глауконита d=0.448; 0.257; 0.153; 0.138 нм. Анализ обогащённого глауконита (рис.2 Б) показывает, что наличие пик относящиеся к кварцу с уменьшением интенсивности d=0.440; 0.334; 0.228; 0.182 нм и с увеличением глауконита d = 0.452; 0.259; 0.151; 0.137 нм .

Рентгенофазовый метод анализа использовали для изучения структуры, состава, свойств сырьевых материалов и продуктов обжига. С его помощью исследовали минералогический и фазовый составы [1, 2]. Монохроматический пучок рентгеновского излучения направляется на образец исследуемого материала, растертого в порошок. На фотоплёнке, свернутой цилиндром вокруг образца, изображение (дебаеграмма) получается в виде колец. Расстояние между линиями одного и того же кольца на дебаеграмме позволяет найти брэгговские углы отражения. Затем, по формуле Брэгга – Вульфа $2d\ sin\Theta=n\lambda$ можно получить отношение d/n расстояния между отражающими плоскостями к порядку отражения. Рентгеновский анализ позволяет решать следующие задачи: определение качественного состава образца, полуколичественное определение компонентов образца, определение кристаллической структуры вещества. Исследование текстуры в поликристаллических материалах. А также, исследование фазового состава вещества и изучение диаграмм состояния, оценка размера кристалликов в образце, точное определение констант решетки, коэффициента теплового расширения, анализ минералов.

Приведены индексы Миллера, а также межплоскостное расстояние d_{hkl} для данных образцов. Нами был использован метод Ритвельда для уточнения структуры по порошковым данным, полученные с помощью рентгеновского излучения [3]. Принцип метода состоит в том, чтобы использовать независимые измерения интенсивности в каждой точке дифрактограммы, описывая профиль линии с использованием аналитических функций, вместо использования интегральной интенсивности рефлексов. Параметры функций, включающие структурные, приборные и другие характеристики, уточняются с помощью нелинейного метода наименьших квадратов. Используя данный метод уточнение мы определели межплоскостное растояние d_{hkl} и индексы Миллера (hkl). Кроме того, используя данный метод мы смогли точно определить и обозначить межплоскостное растояние d_{hkl} и индексы Миллера (hkl). Проведенный нами элементный анализ по методике “Search and Match” software [4] образцов показывает, что образцы обогащенного глауконита по фазовым исследованиям количество глауконита – 51.4% и 48.6% SiO_2. Элементарный состав простых идентифицированных кристалических фаз: O – 50.59%, Si – 37.18%, Al – 6.94%, K-5.03, H – 0.26%, LE – 50.85%. Как известно из литературных данных [2, 7, 9] индексы Миллера применимы во всех сингониях. С увеличением индексом Миллера межплоскостное расстояние уменьшается.

Физико-химические анализы показали, что глауконит месторождения Чанги является сложным калийфосфорсодержащим алюмосиликатом, группы минералов гидрослюд подкласса слоистых силикатов, а кристаллическая структура глауконита представляет собой промежуточный тип между структурой слюды и монтмориллонита и соответствует глауконитам, описанным в работах [5, 6, 8].

Рентгенофазовый анализ и изменения химического состава после обогащения позволили определить, значительное уменьшение интенсивности пика относящегося к кварцу и увеличение интенсивности, относящиеся к глаукониту. В химическом составе тоже наблюдается наибольшее увеличение Fe_2O_3 (хромофора) в образце после мокрого отмучивания, что значительно улучшает красящие способности глауконита. Результаты показали, что глауконитовый концентрат полученный методом мокрого отмучивания позволяет использовать его в качестве красящего пигмента для получения зелёных керамического изделий и использовать в строительной промышленности.

Список литературы:

[1]. ХейкорД.М., Зевин Л.С. Рентгеновские методы исследования строительных материалов, М, Стройиздат, 1965, 220 с.

[2]. Е.Ф. Беленький, И.В. Рискин Химия и технология пигментов Издание третье. Гос. Научно-техническое издательство химической литературы. Ленинград 1960 г. стр 479, 481-485.

[3]. М.Л .Левченко, А.М. Губайдулина, Т.З.Лыгина Оптимальные технологии получения сорбентов и пигментов из природных силикатов сложного состава. Вестник Казанского технологического университета. 2009. №4. стр.45-49.

[4]. Адылов Д.К., Мирзаев А.Ж., Черниченко Н.И., Махсудова З.И., Ибрагимов О. «Физико-химические методы исследования природного глауконита» “Бюллетень строительной техники” строительные материалы. Москва. №5 (1041) 2021. 23-26 стр.

[5]. Мирзаев А.Ж., Одилов Д.К., Махсудова З.И., Черниченко Н.И., Назирова Р.М. Глауконит таркибли табиий жинслар ва уларнинг асосидаги махсулотлар. Илмий – техник журнал. 2021. Том 24 спец. Выпуск №1. Фергана, Фер ПИ стр.166-171.

[6]. Мирзаев А.Ж., Одилов Д.К., Якубов С.И., Махсудова З.И., Урманов И.Т. Одий глауконит ва унинг ажойиб хусусиятлари хакида. Сайт Министерства инновационного развития размещено 10.11.2021 http://indep.uz/oddij-glaukonit-va-uning-azhojib-hususiyatlari-%d2%b3a%d2%

[7]. Tursunov A., Turdialiev U., Orazimbetova G. Theoretical basis for the beneficiation of glauconite containing sedimentary iron // Science and Education in Karakalpakstan. №3/1, 2025. 190-191 pp.

[8]. Турсунов А.С., Турдиалиев У.М., Оразимбетова Г.Ж. Обогащения глауконитовых руд по методу простого отмучивания // Разработка и технология получения композиционных материалов. №3, 2025. 68-70 стр.

[9]. Турсунов А.С., Турдиалиев У.М., З.М. Орипова З.М. Технологическая схема отмучивания глауконитсодержащих пород месторождения “Чанги” // Scientific-technical journal (STJ FerSTU. 2025 №13. 2018-2021 стр.

BRO‘YLER VA ODDIY TOVUQ GO‘SHTI O‘RTASIDAGI FARQLAR

H.H. Hamroliyev, B.N. Sattarova

Farg‘ona davlat texnika universiteti
e-mail: hamroliyevhojiakabar9@gmail.com
e-mail:b.sattarova@gmail.com
(Qabul qilindi 18.03.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu maqolada bro‘yler va oddiy tovuq go‘shti o‘rtasidagi asosiy farqlar ilmiy asosda tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida ularning o‘sish tezligi, oziqlanish xususiyatlari, go‘shtining kimyoviy tarkibi, oziqaviy qiymati va inson salomatligiga ta’siri o‘rganiladi. Shuningdek, sanoat va tabiiy sharoitda yetishtirilgan parranda mahsulotlari o‘rtasidagi sifat farqlari ham tahlil qilinadi. Maqolada bro‘yler va oddiy tovuq go‘shtining afzalliklari va kamchiliklari yoritilib, iste’molchilar uchun ilmiy asoslangan tavsiyalar beriladi.*

Kalit so‘zlar: *bro‘yler, oddiy tovuq, parranda go‘shti, oziqaviy qiymat, oqsil, parrandachilik, oziq-ovqat xavfsizligi*

Аннотация: *В данной статье научно анализируются основные различия между мясом бройлерных и обычных кур. В ходе исследования рассматриваются их темпы роста, особенности кормления, химический состав мяса, пищевая ценность и влияние на здоровье человека. Также анализируются различия в качестве продукции, полученной в промышленных и естественных условиях. В статье освещаются преимущества и недостатки обоих видов мяса и даются научно обоснованные рекомендации для потребителей.*

Ключевые слова: *бройлер, обычная курица, мясо птицы, пищевая ценность, белки, птицеводство, пищевая безопасность*

Abstract: *This article provides a scientific analysis of the main differences between broiler chicken meat and traditional (native) chicken meat. The study examines growth rate, feeding characteristics, chemical composition, nutritional value, and their effects on human health. It also analyzes quality differences between poultry raised under industrial and natural conditions. The advantages and disadvantages of both types of meat are discussed, and scientifically grounded recommendations for consumers are provided.*

Keywords: *broiler chicken, native chicken, poultry meat, nutritional value, protein, poultry farming, food safety.*

Kirish

So‘nggi yillarda parrandachilik sohasi jadal rivojlanib, aholini arzon va sifatli go‘sht mahsulotlari bilan ta’minlashda muhim tarmoqlardan biriga aylandi. Ayniqsa, bro‘yler tovuqlarni sanoat asosida yetishtirish texnologiyalarining keng joriy etilishi qisqa muddat ichida katta hajmda go‘sht ishlab chiqarish imkonini yaratdi. Bu esa aholining oqsilga bo‘lgan ehtiyojini qondirishda muhim omil bo‘lib xizmat qilmoqda. Shu bilan birga, an’anaviy usulda yetishtiriladigan oddiy tovuqlar ham ekologik tozaligi va tabiiy oziqlanishi bilan ajralib turib, oziq-ovqat sifat jihatidan alohida ahamiyat kasb etadi.

O‘zbekiston Respublikasida qishloq xo‘jaligi, xususan parrandachilik tarmog‘ini rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri sifatida belgilangan. Jumladan, O‘zbekiston Respublikasi prizidenti Shavkat Mirziyoyev Miromonovich tomonidan qabul qilingan qaror va farmonlarda chorvachilik hamda parrandachilikni modernizatsiya qilish, mahsulot yetishtirish hajmini oshirish, sifat va xavfsizlikni ta’minlash masalalariga alohida e’tibor qaratilgan. Xususan, parrandachilikni rivojlantirishga qaratilgan davlat dasturlari orqali zamonaviy texnologiyalarni joriy etish, ishlab chiqarishni kengaytirish va eksport salohiyatini oshirish bo‘yicha keng ko‘lamli ishlar amalga oshirilmoqda.

Shu bilan birga, oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlash, aholining sog‘lom va sifatli mahsulotlarga bo‘lgan ehtiyojini qondirish dolzarb masala hisoblanadi. Sanoat asosida yetishtirilgan bro‘yler tovuqlar va tabiiy sharoitda parvarishlangan oddiy tovuqlar o‘rtasidagi farqlarni ilmiy asosda o‘rganish ushbu jarayonda muhim ahamiyatga ega. Chunki iste’molchilar uchun mahsulot tanlashda uning oziqaviy qiymati, xavfsizligi va biologik xususiyatlari muhim mezon hisoblanadi.

Mazkur maqolaning maqsadi bro‘yler va oddiy tovuq go‘shti o‘rtasidagi farqlarni biologik, texnologik va oziqaviy jihatdan kompleks tahlil qilishdan iborat. Shuningdek, ushbu mahsulotlarning inson salomatligiga ta’siri, ularning afzallik va kamchiliklarini aniqlash hamda ilmiy asoslangan xulosalar berish orqali iste’molchilar uchun to‘g‘ri tanlov qilishga ko‘maklashish ko‘zda tutilgan.

1. Bro‘yler va oddiy tovuqlarning biologik va o‘sish xususiyatlari

Bro‘yler tovuqlar seleksiya va genetik tanlash asosida tez o‘sish xususiyatiga ega bo‘lgan parranda turi hisoblanadi. Ular qisqa vaqt — odatda 35–45 kun ichida yuqori tirik vaznga erishadi. Bu esa intensiv parrandachilikda yuqori samaradorlikni ta’minlaydi. Oddiy tovuqlar esa tabiiy sharoitda o‘sib, ularning rivojlanish davri 4–6 oy davom etadi.

Bro‘ylerlarda metabolizm tezligi yuqori bo‘lib, energiya asosan tana massasini oshirishga yo‘naltiriladi. Oddiy tovuqlarda esa metabolik jarayonlar nisbatan sekin kechadi va organizmning umumiy rivojlanishi muvozanatli tarzda amalga oshadi. Natijada bro‘yler go‘shti yumshoq, suvga boy va tez pishadigan bo‘lsa, oddiy tovuq go‘shti zichroq, tolali va kuchli strukturaga ega bo‘ladi.

Jadval 1. Bro‘yler va oddiy tovuqlarning biologik farqlari

Ko‘rsatkichlar	Bro‘yler tovuq	Oddiy tovuq
O‘sish muddati	35–45 kun	120–180 kun
Vazn yig‘ish tezligi	Juda yuqori	O‘rtacha
Metabolizm	Tez	Sekinroq
Genetik xususiyat	Sun’iy seleksiya	Tabiiy shakllangan
Hayot faoliyati	Intensiv	Tabiiy

Yuqoridagi ma’lumotlariga ko‘ra, bro‘yler tovuqlar tez o‘sish va yuqori vazn yig‘ish xususiyatlari bilan ajralib turadi. Bu ularning genetik seleksiya asosida yaratilganligini ko‘rsatadi. Oddiy tovuqlar esa tabiiy rivojlanish jarayoniga ega bo‘lib, ularning o‘sish muddati ancha uzoq davom etadi. Shu sababli bro‘ylerlar intensiv ishlab chiqarishga mos bo‘lsa, oddiy tovuqlar tabiiy va ekologik barqaror tizimning mahsuli hisoblanadi.

2. Kimyoviy tarkibi va oziqaviy qiymatidagi farqlar

Bro‘yler va oddiy tovuq go‘shtining kimyoviy tarkibi ularning oziqlanishi va yetishtirish sharoitiga bevosita bog‘liq. Bro‘yler go‘shtida suv miqdori yuqoriroq bo‘lib, bu uning yumshoqligini ta’minlaydi. Yog‘ miqdori ham ba’zan yuqoriroq bo‘lishi mumkin, ayniqsa sanoat

yemlari bilan boqilganda. Oddiy tovuq go‘shtida esa oqsil zichligi yuqoriroq va mushak tolalari mustahkamroq bo‘ladi. Bu esa uning oziqaviy qiymatini oshiradi. Tabiiy oziqlanish natijasida oddiy tovuq go‘shtida mikroelementlar va biologik faol moddalar miqdori ham ko‘proq bo‘lishi kuzatiladi.

Jadval 2. Kimyoviy tarkib va oziqaviy qiymat taqqoslanishi (100 g mahsulotda)

Ko‘rsatkichlar	Bro‘yler tovuq	Oddiy tovuq
Oqsil	18–22 g	20–25 g
Yog‘	5–12 g	3–8 g
Suv	65–75%	60–70%
Energiya	150–200 kkal	130–180 kkal
Vitamin va minerallar	O‘rtacha	Yuqoriroq

2-jadval natijalari shuni ko‘rsatadiki, bro‘yler va oddiy tovuq go‘shti tarkibida muhim oziq moddalari mavjud bo‘lsa-da, ularning nisbatida farqlar kuzatiladi. Xususan, oddiy tovuq go‘shtida oqsil miqdori nisbatan yuqoriroq va zichroq shaklda bo‘ladi, bu esa uning oziqaviy qiymatini oshiradi. Bro‘yler go‘shti esa suv va yog‘ miqdorining nisbatan yuqoriligi sababli yumshoq va tez hazm bo‘ladigan mahsulot sifatida tavsiflanadi.

3. Texnologik va ishlab chiqarish farqlari

Bro‘yler tovuqlar asosan sanoat asosida, yopiq tizimlarda va maxsus balanslangan yemlar yordamida yetishtiriladi. Bu tizim yuqori samaradorlikni ta’minlasa-da, ba’zi hollarda antibiotiklar va ozuqa qo‘shimchalari qo‘llanilishi bilan bog‘liq. Oddiy tovuqlar esa ko‘pincha ochiq yoki yarim ochiq sharoitda, tabiiy oziq manbalari bilan boqiladi. Bu esa mahsulotning ekologik tozaligini oshiradi, ammo ishlab chiqarish hajmi past bo‘ladi.

Jadval 3. Yetishtirish texnologiyasi bo‘yicha farqlar

Ko‘rsatkichlar	Bro‘yler tovuq	Oddiy tovuq
Yetishtirish usuli	Sanoat (intensiv)	Tabiiy (ekstensiv)
Oziqlanish	Sun’iy yemlar	Tabiiy oziqa
Antibiotik qo‘llanish	Mavjud (ba’zan)	Juda kam
Ekologik tozalik	O‘rtacha	Yuqori
Ishlab chiqarish hajmi	Juda yuqori	Past

3-jadvalda keltirilgan ma’lumotlar bro‘yler va oddiy tovuqlarni yetishtirish texnologiyalari o‘rtasidagi asosiy tafovutlarni aks ettiradi. Bro‘ylerlar sanoat asosida intensiv usulda yetishtiriladi, bu esa yuqori ishlab chiqarish hajmini ta’minlaydi. Biroq, bunday tizimda ozuqa qo‘shimchalari va antibiotiklardan foydalanish ehtimoli mavjud. Oddiy tovuqlar esa tabiiy sharoitda parvarishlanib, ekologik toza mahsulot sifatida baholanadi, ammo ishlab chiqarish samaradorligi pastroq bo‘ladi.

4. Inson salomatligiga ta’siri va xavfsizlik jihatlari

Bro‘yler tovuq go‘shti tez hazm bo‘lishi va yumshoqligi sababli keng iste’mol qilinadi. U organizmni tez energiya va oqsil bilan ta’minlaydi. Biroq, noto‘g‘ri ishlab chiqarish jarayonida antibiotik qoldiqlari mavjud bo‘lishi ehtimoli inson salomatligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Oddiy tovuq go‘shti esa tabiiy oziqlanish tufayli ekologik toza hisoblanadi va unda kimyoviy moddalarning mavjudligi ehtimoli pastroq. Shu sababli u ko‘proq sog‘lom ovqatlanish tarafdorlari tomonidan afzal ko‘riladi.

Jadval 4. Salomatlik va xavfsizlik jihatlari

Ko‘rsatkichlar	Bro‘yler tovuq	Oddiy tovuq
Hazm bo‘lishi	Tez	Sekinroq
Allergiya xavfi	O‘rtacha	Past
Antibiotik qoldiqlari	Ehtimol mavjud	Deyarli yo‘q
Ekologik tozalik	O‘rtacha	Yuqori
Sog‘liq uchun foyda	Yuqori	

4-jadval tahlili shuni ko‘rsatadiki, har ikkala turdagi go‘sht ham inson salomatligi uchun foydali bo‘lishi mumkin, biroq ularning xavfsizlik darajasida farqlar mavjud. Bro‘yler go‘shti tez hazm bo‘lishi bilan ajralib turadi, ammo noto‘g‘ri ishlab chiqarish jarayonida antibiotik qoldiqlari xavfi mavjud bo‘lishi mumkin. Oddiy tovuq go‘shti esa ekologik tozaligi va tabiiyligi bilan ustunlikka ega bo‘lib, sog‘lom ovqatlanish nuqtai nazaridan ko‘proq afzal ko‘riladi.

Xulosa: O‘tkazilgan ilmiy tahlillar shuni ko‘rsatadiki, bro‘yler va oddiy tovuq go‘shti o‘rtasida biologik, texnologik hamda oziqaviy jihatdan sezilarli farqlar mavjud. Bro‘yler tovuqlar qisqa muddatda intensiv usulda yetishtirilishi, yuqori samaradorligi va yumshoq, tez hazm bo‘ladigan go‘shti bilan ajralib turadi. Bu esa ularni aholining keng qatlamlari uchun arzon va ommaviy oqsil manbai sifatida muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi. Oddiy tovuq go‘shti esa tabiiy sharoitda yetishtirilgani sababli ekologik tozaligi, mushak tolalarining zichligi va biologik faol moddalarga nisbatan boyligi bilan ajralib turadi. Shu jihatdan u sog‘lom ovqatlanish nuqtai nazaridan yuqori sifatli mahsulot sifatida baholanadi.

Shu bilan birga, bro‘yler ishlab chiqarish jarayonida qo‘llaniladigan intensiv texnologiyalar, jumladan, ozuqa qo‘shimchalari va antibiotiklardan foydalanish ayrim hollarda oziq-ovqat xavfsizligi bilan bog‘liq xavflarni yuzaga keltirishi mumkin. Oddiy tovuqlarda esa bunday xavflar nisbatan kam uchraydi, biroq ishlab chiqarish hajmining pastligi va narxining yuqoriligi ularning keng iste’molini cheklaydi.

Umuman olganda, har ikkala turdagi parranda go‘shti ham inson organizmi uchun muhim oziq-ovqat manbai hisoblanadi. Ularni tanlashda mahsulotning sifati, kelib chiqishi va iste’mol maqsadini inobatga olish zarur. Eng muhim jihat — muvozanatli ovqatlanishni ta’minlash va sifatli, xavfsiz mahsulotlarni iste’mol qilishdan iboratdir.

Adabiyotlar

[1]. FAO (Food and Agriculture Organization). Poultry Sector Review and Development Trends. Rome, 2023.
[2]. Codex Alimentarius Commission. Code of Hygienic Practice for Poultry Meat. FAO/WHO, 2024.
[3]. Hafez, H.M., Attia, Y.A. Challenges to the Poultry Industry: Current Status and Future Prospects. Poultry Science, 2020.
[4]. Windhorst, H.W. Dynamics and Patterns of Global Poultry Meat Production. World Poultry Science Journal, 2021.
[5]. Mugabe, N.A. et al. Comparative Analysis of Broiler and Native Chicken Meat Quality. Frontiers in Animal Science, 2025.
[6]. O‘zbekiston Respublikasi “Oziq-ovqat mahsulotlari xavfsizligi to‘g‘risida”gi Qonuni, 2020 yilgi tahriri.
[7]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining parrandachilikni rivojlantirishga oid qaror va farmonlari, 2021–2023.
[8]. O‘zbekiston Respublikasi sanitariya qoidalari va me’yorlari (SanPiN), oziq-ovqat xavfsizligi bo‘yicha, 2021–2023.

UDK 664

BIODIVERSITY CONSERVATION AND FOOD SAFETY BASED ON AN INTEGRATED MODEL OF ENERGY EFFICIENT DRYING AND PROCESSING TECHNOLOGIES

T.K. Jabborov[1], N.M. Kurbanov[2], I.T. Jabborov[2], M.Z. Siddikov[2]

[1]Ferghana State Technical University
[2]Namangan State Technical University
islombek.jabborov.97@mail.ru

(Received on April 4 th, 2026)

Abstract. *The article covers issues of biodiversity conservation and food security based on an integrated model of energy efficient drying and processing technologies. In drying processes, scientific approaches have been analyzed in the direction of optimizing heat exchange, reducing waste and preserving the natural properties of products. The study developed an integrative model that reduces energy consumption based on innovative biotechnological and digital control systems. The results show that such a*

model increases energy efficiency in food processing by 15-20% and allows for the preservation of up to 55–70% of biologically active substances.

Keywords: *energy efficient technologies, drying process, integrated model, Food Safety, biodiversity, heat exchange, waste-free production.*

Annotatsiya: *Maqolada energiya tejamkor quritish va qayta ishlash texnologiyalarining integratsiyalashgan modeli asosida biologik xilma-xillikni muhofaza qilish hamda oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash masalalari yoritilgan. Quritish jarayonlarida issiqlik almashinuvini optimallashtirish, chiqindilarni kamaytirish va mahsulotlarning tabiiy xususiyatlarini saqlab qolish yo'nalishidagi ilmiy yondashuvlar tahlil qilingan. Tadqiqotda innovatsion biotexnologik va raqamli boshqaruv tizimlari asosida energiya sarfini kamaytiruvchi integratsion model ishlab chiqildi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, bunday model oziq-ovqat mahsulotlarini qayta ishlashda energiya samaradorligini 15-20 % ga oshirib, biologik faol moddalarning 55-70 % gacha saqlanishiga imkon beradi.*

Kalit so'zlar: *energiya tejamkor texnologiyalar, quritish jarayoni, integratsiyalashgan model, oziq-ovqat xavfsizligi, biologik xilma-xillik, issiqlik almashinuvi, chiqindisiz ishlab chiqarish.*

Аннотация: *В статье рассматриваются вопросы защиты биоразнообразия и обеспечения безопасности пищевых продуктов на основе интегрированной модели энергоэффективных технологий сушки и переработки. Проанализированы научные подходы к оптимизации теплообмена в процессах сушки, сокращению отходов и сохранению природных свойств изделий. В ходе исследования была разработана интеграционная модель снижения энергопотребления на основе инновационных биотехнологических и цифровых систем управления. Результаты показывают, что такая модель позволяет сохранять до 55-70% биологически активных веществ, повышая энергоэффективность обработки пищевых продуктов на 15-20%.*

Ключевые слова: *энергоэффективные технологии, процесс сушки, интегрированная модель, безопасность пищевых продуктов, биоразнообразие, теплообмен, безотходное производство.*

Introduction. One of the most important global challenges facing humanity in the 21st century is the issue of food safety associated with limited energy resources, climate changes, and reduced biodiversity. On a global scale, the need for the introduction of energy-efficient technologies in the systems of storage, processing and continuous supply of agricultural products is increasing. Drying processes, especially based on thermal energy, are the most energy-consuming stage in terms of maintaining the quality of fruits and vegetables and other biological raw materials. Therefore, the development of an integrated model of energy-efficient drying and processing technologies is one of the most relevant areas of Science and practice today.

Due to the high heat losses in traditional drying technologies, the uncontrolled drying process and the uneven distribution of air, the natural color, taste and nutritional value of products are significantly reduced. This condition poses a serious problem, especially for fruits and vegetables, legumes and medicinal plants that make up the biodiversity. Because the breakdown of vitamins, flavonoids, essential oils and other biologically active substances in their composition reduces not only the quality of food, but also its positive effect on human health. Therefore, during the drying process, the need arises to create a complex system that includes heat exchange, moisture output speed, air flow direction and efficient control of energy sources.

Methods. Integrated model refers to real-time monitoring of all stages of drying and processing processes through a single control system, based on energy flow processing (recuperation), waste reduction and digital monitoring. Through this approach, the process is formed not only as an energy efficient, but also as an environmentally sustainable system. As a result of the introduction of integrative technologies, the biochemical composition of the product is maintained by 55-70%, while energy consumption is reduced by 15-20%, which serves as an important factor in ensuring food safety.

In the integrated model, energy savings reached 18-25% through the reuse of thermal energy (recuperation), the combination of infrared and convective heat sources, as well as automatic humidity control. The following table lists these differences:

Another important aspect is Biodiversity Conservation. Drying and processing processes make it possible to preserve natural types of biological resources, to use them in a renewable form.

The drying and processing processes of fruit and vegetable products (in particular, apples, dates, carrots and grapes) were selected as the object of the study. The subject of the study, on the other hand, includes energy conservation in the drying process, heat exchange, moisture output rate, storage of biologically active substances and factors affecting the quality of the product.

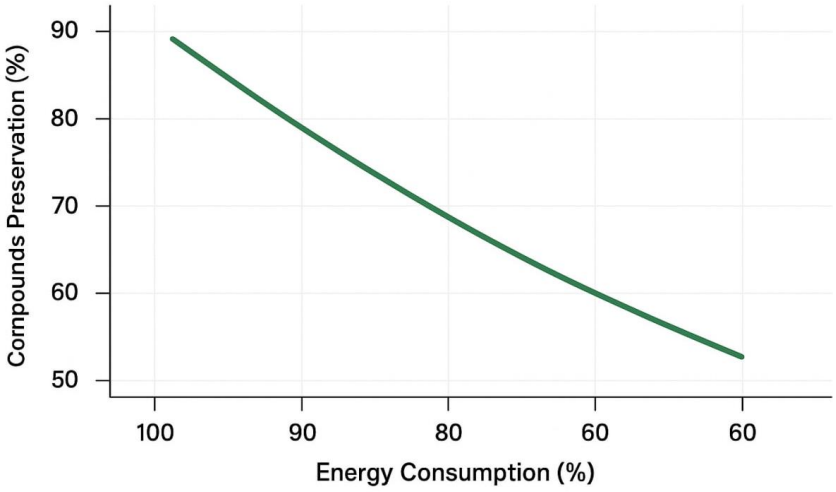
Comparison of energy consumption and efficiency indicators.

Table-1.

№	Type of drying technology	Average energy consumption (kWh/kg)	Thermal efficiency (%)	Moisture reduction rate (g/s)
1	Traditional convective drying	3.5	55	0.17
2	Infrared drying system	2.7	65	0.19
3	Integrated energy-efficient model	2.5	78	0.23

Through the use of energy-efficient technologies, waste gases, heat pollution and excessive water consumption are reduced, which serves to maintain an ecological balance. In this context, the integrated model under development is based on the principles of sustainable development through the conservation and processing of Natural Resources, in line with the concept of a “green economy”.

An integrated approach was used to create an integrated model of energy efficient drying and processing technologies, evaluate it and determine the effectiveness of practical application. In the study, the methods of physical, biotechnological, thermodynamic, digital and environmental analysis were harmonized, and the energy, technological and biochemical indicators of processes were studied on the basis of a comparative analysis.

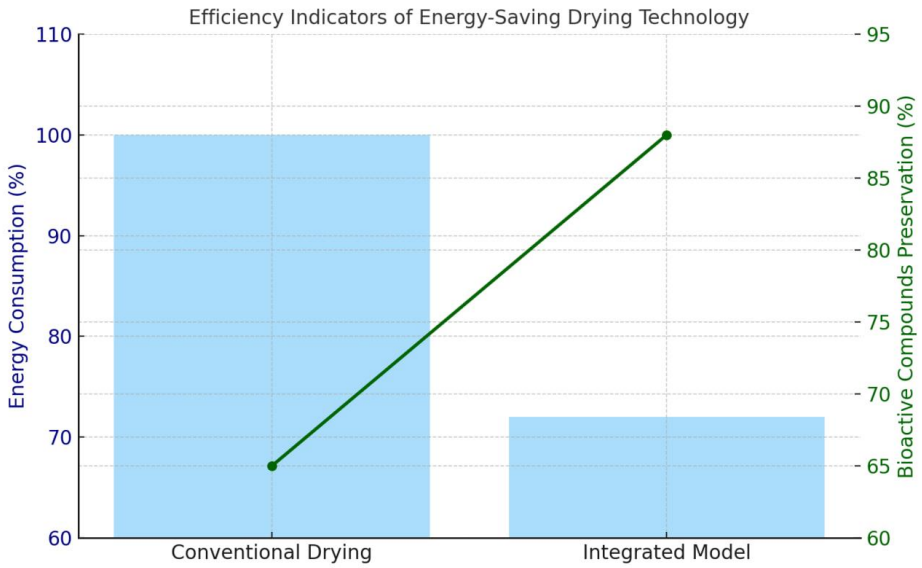


Graph 1. Energy consumption bioactive compounds preservation.

The experimental work was carried out at the laboratory of energy efficient systems at the Tashkent State Technical University and at the Department of processing technologies of the agricultural scientific center of Uzbekistan. The following technical means were used for drying:

- Modular energy-efficient dryer,
- Digital temperature and humidity sensors,
- Automatic control unit based on a PID controller,
- Heat recovery module,
- Infrared and convective heat generators,
- Portable analyzers for measuring the quality of food products (moisture, vitamin C, pH, sugar content).
-

Results. The experimental results obtained were analyzed using the Student t-test, ANOVA (variance analysis), as well as the Pearson correlation coefficient. Each experiment was repeated at least three times, and the average values were calculated with a reliability of ±3%. Such an analytical approach increased the reliability of the results and made it possible to scientifically confirm the effectiveness of the Integrative model.



Graph 2. Efficiency indicators of energy-saving drying technology.

The following methods were used to detect changes in product quality:

- Spectrophotometric method – determination of the amount of vitamin C, carotenoids and phenolic compounds;
- Gas chromatography – measurement of the percentage of preservation of essential oils and bioactive components;
- Thermogravimetric analysis - determination of the dynamics of moisture release during drying;
- Digital thermal imaging inspection – monitoring heat distribution and detecting temperature irregularities;
- pH-metric control - assessment of changes in acidity levels.

The emission of heat, steam and CO_2 during the drying process is reduced to 30-40% in integrated systems. The following table illuminates these indicators:

Environmental performance indicators.

Table-2.

№	Technological-process type	CO_2 emissions (kg/t product)	Heat emission (MJ/t)	Wet waste (%)
1	Traditional	190	320	85
2	Infrared	155	210	60
3	Integrated model	120	180	50

As a result of the analysis, the complex energy efficiency index (CESI) was calculated based on the following formula:

$$GESI = \frac{Q_{save}}{Q_{input}} \times \frac{N_{bio}}{N_{toss}} \times 100\% \quad (1)$$

Discussion. The results show that integrated energy-efficient drying technologies:

- Reduces energy consumption by 10-15%;
- Ensures the preservation of up to 65% of biologically active substances;
- Reduces CO_2 emissions by up to 30%;
- Supports food security, biodiversity, and ecological sustainability as an integrated system.

Conclusion. Based on the results of the study, it can be noted that the integrated model of energy-efficient drying and processing technologies not only increases energy efficiency, but is also an important scientific and practical solution for maintaining biodiversity and ensuring the safety of food.

1. Scientific conclusions:

- Energy consumption optimization-in the integrated model, the loss of thermal energy is reduced to 15-25%, which increases the overall efficiency of the production process.
- Storage of biologically active substances-compared to the control group (conventional drying), the content of vitamins, polyphenols and antioxidants is maintained at a level of 10-20% higher.
- Environmental impact-environmental sustainability is ensured through the reuse of waste heat, reduced emissions of waste air and steam.
- As a result of combining the Integrated System Model — infrared, convective and heat pump technologies under a single control system, the process parameters are automatically balanced.

2. Practical results:

- The introduction of energy-efficient technologies at processing plants reduces energy consumption per unit of product by 10–25%.
- The quality indicators of dried fruit and vegetable products (humidity, color, smell, taste, nutritional value) comply with international standards (FAO, ISO).
- Innovative devices developed on the basis of domestic raw materials provide an effective result as an import replacement technology.

3. Recommendations:

- In the scientific and technological direction, it is recommended to control the process in real time by integrating drying models with digital monitoring systems.
- In industrial practice, it is advisable to develop energy-saving drying complexes for small and medium-sized enterprises in a modular form.
- In environmental policy — state programs for the introduction of waste-free and low-carbon technologies, the application of such systems should be separately encouraged.
- In education and scientific research - in the direction of food engineering, it will be useful to establish scientific projects and applied laboratories on integrated energy systems.
- It is recommended to study the experience of advanced countries in international cooperation and jointly develop sustainable drying technologies adapted to the conditions of Uzbekistan.

References

[1]. Абдурахмонов, М. А., Йўлдошев, Ш. Ш. Меваларни қайта ишлаш технологияси. - Тошкент: Ўқитувчи, 2005. - 356 б. - Б. 97-124.

[2]. Синицын, В. А. Современные методы консервирования и хранения овощей и фруктов. – Москва: Колос, 2001. - 412 с. - С. 205-246.

[3]. Носиров, У. Н., Рахматов, Д. Ш. Озиқ-овқат технологиясида қуритиш жараёнлари. – Самарқанд: СамДУ нашриёти, 2012. - 298 б. - Б. 54-89.

[4]. Кудряшов, А. Ф. Инновационные технологии переработки плодоовощного сырья. – Санкт-Петербург: Профессия, 2015. - 375 с. - С. 145-188.

[5]. Раҳимов, Ш. А., Сафаров, К. М. Озиқ-овқат маҳсулотларини қайта ишлаш технологиялари. – Тошкент: “Фан”, 2010. - 322 б. - Б. 67-103.

[6]. Курочкин, И. Н. Энергосберегающие процессы сушки пищевого сырья. – Москва: дели принт, 2016. - 264 с. - С. 89-132.

[7]. Ходжаев, Б. Х., Каримов, Ф. Т. Мева ва сабзавотларни сақлаш ва қайта ишлашда илғор технологиялар. – Тошкент: “Ўзбекистон”, 2018. – 340 б. – Б. 101–154.

FARG‘ONA VILOYATIDA KICHIK BIZNES VA XUSUSIY TADBIRKORLIKNING IQTISODIYOT TARMOQLARIDAGI ROLI TAHLILI

A.A. Usmanov, J.J. Ortiqov[1]

Farg‘ona davlat texnika universiteti,
E-mail: Usmanov.a@ferpi.uz
Tel: +998 90 560 49 57
[1]Iqtisodiyot ta’lim yo’nalishi talabasi
E-mail:jamshidbekortiqov737@gmail.com
Tel: +998 94 114 99 30
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Bugungi kunda kichik biznes va xususiy tadbirkorlik O‘zbekiston iqtisodiyotining barqaror o‘sishida muhim omil hisoblanadi. Ayniqsa, Farg‘ona viloyatida ushbu sohaning rivojlanishi hududiy iqtisodiyotning asosiy dvigateliga aylangan. Mazkur maqolada Farg‘ona viloyatida kichik biznes va xususiy tadbirkorlikning iqtisodiyot tarmoqlari – sanoat, qurilish, qishloq xo‘jaligi, xizmatlar, transport, shuningdek, tashqi savdo va bandlikdagi asosiy ko‘rsatkichlari 2010–2025 yillar dinamikasida tahlil qilingan. Tahlil natijalariga ko‘ra, Farg‘ona viloyatida kichik biznesning sanoat mahsuloti hajmi 733,6 mlrd so‘mdan (2010) 19 341,4 mlrd so‘mga (2024) yetib, 26,4 baravar oshgan. Qurilish sohasida 359,7 mlrd so‘mdan 13 098,3 mlrd so‘mga (36,4 baravar), xizmatlar sohasida 1 240,3 mlrd so‘mdan 25 770,5 mlrd so‘mga (20,8 baravar) o‘sgan. Bandlik ko‘rsatkichi 1 031,8 ming kishidan 1 229,3 ming kishiga (19,1 foizga) oshgan. Eksport hajmi 82,4 mln dollardan 504,7 mln dollarga (6,1 baravar) o‘sgan. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2026-yil 4-fevraldagi PF-17-son “Mahalliy ishlab chiqarish va sanoat kooperatsiyasini yangi tizim asosida rivojlantirish bo‘yicha birinchi navbatdagi chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi Farmoni va 2025–2026 yillardagi boshqa qonunchilik hujjatlarida kichik biznesni qo‘llab-quvvatlash bo‘yicha joriy etilayotgan mexanizmlar tahlil qilingan. Maqolada sohani yanada rivojlantirish bo‘yicha ilmiy asoslangan taklif va tavsiyalar ishlab chiqilgan.*

Kalit so‘zlar: *Farg‘ona viloyati, kichik biznes, xususiy tadbirkorlik, sanoat, qurilish, xizmatlar, eksport, bandlik, sanoat kooperatsiyasi, soliq imtiyozlari, kreditlash.*

Kirish. O‘zbekiston Respublikasida kichik biznes va xususiy tadbirkorlikni rivojlantirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2026-yil 4-fevraldagi PF-17-son “Mahalliy ishlab chiqarish va sanoat kooperatsiyasini yangi tizim asosida rivojlantirish bo‘yicha birinchi navbatdagi chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi Farmonida yirik korxonalarning ishlab chiqarish zanjirlariga kichik va o‘rta biznes subyektlarini keng jalb qilish, mahalliy mahsulotlar ishlab chiqarishni kengaytirish hisobiga mahsulot tannarxini pasaytirish va mahalliy ishlab chiqarishning global yetkazib berish zanjirlariga integratsiyalashuvini ta’minlash asosiy vazifalar etib belgilangan [1]. Shuningdek, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yildagi tadbirkorlar bilan ochiq muloqotida belgilangan vazifalarni amalga oshirish doirasida 2026–2027 yillarda tadbirkorlik faoliyatini qo‘llab-quvvatlash, zarur moliyaviy va infratuzilmaviy sharoitlarni yaratish uchun jami 270 trillion so‘m yo‘naltirilishi belgilangan [2]. Farg‘ona viloyati aholi soni bo‘yicha eng yirik hududlardan biri sifatida kichik biznes va xususiy tadbirkorlikni rivojlantirishda alohida ahamiyatga ega. Shu nuqtai nazardan, viloyatda kichik biznesning iqtisodiyot tarmoqlaridagi asosiy ko‘rsatkichlarini tahlil qilish dolzarb ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Adabiyotlar sharxi. Mavzuga doir adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, kichik biznes va xususiy tadbirkorlikning iqtisodiy o‘sishdagi roli ko‘plab olimlar tomonidan o‘rganilgan. A.G. Aganbegyan (2010) real sektorni modernizatsiya qilishda kichik biznesning roli muhim ekanligini ta’kidlagan [3]. A. Komov (2013) kredit tizimining real sektorga ta’sirini o‘rganib, kichik biznes subyektlarini kreditlashda banklarning konservativ siyosati ularning rivojlanishiga to‘sqinlik qilayotganini qayd etgan [4]. Sh.N. Axunova (2017) O‘zbekistonda kichik biznesning YaIMdagi ulushi 2016-yilda 56,9% ga yetganini va bandlikdagi ulushi 10,4 mln kishini tashkil etganini ta’kidlagan [5]. O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi ma’lumotlariga ko‘ra, 2023-yilda kichik tadbirkorlik subyektlarining YAIMdagi iqtisodiy faoliyat turlari bo‘yicha eng yuqori ulushi

qishloq, o‘rmon va baliqchilik xo‘jaligida – 95,6%, qurilishda – 77%, xizmatlar sohasida – 40,4% va sanoatda – 21,4% ni tashkil etgan [6]. Farg‘ona viloyati bo‘yicha esa kichik biznesning hududiy YaHMdagi ulushi bo‘yicha alohida tahlillar yetarlicha emas. Ushbu maqola mavjud ilmiy bo‘shliqni to‘ldirishga qaratilgan.

Asosiy qism. Tadqiqotda statistik tahlil usullari – dinamik qatorlar, o‘sish sur’atlarini hisoblash, tendensiya tahlili va qiyosiy tahlil usullari qo‘llanilgan. Ma’lumotlar manbai – Farg‘ona viloyati kichik biznes ko‘rsatkichlari (2010–2025) hamda O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi Statistika agentligining rasmiy ma’lumotlari. Tahlil davri 2010–2025 yillarni qamrab oladi. Tahlil jarayonida kichik biznesning sanoat, qurilish, qishloq xo‘jaligi, xizmatlar, transport, tashqi savdo va bandlik sohalaridagi ishlab chiqarish hajmi ko‘rsatkichlari asosiy e’tibor markazida bo‘ldi.

Farg‘ona viloyatida kichik biznes va xususiy tadbirkorlikning iqtisodiyot tarmoqlaridagi asosiy ko‘rsatkichlari hajmi

Yillar	Sanoat *(mlrd so‘m)*	Qurilish *(mlrd so‘m)*	Eksport *(mln AQSH dollari)*	Import *(mln AQSH dollari)*	Savdo *(mlrd so‘m)*	Qishloq, o‘rmon va baliq xo‘jaligi *(mlrd so‘m)*	Xizmatlar *(mlrd so‘m)*	Yo‘lovchi aylanmasi *(mln Yo‘lovchi km)*
2010	733,62	359,70	82,37	95,47	1 669,10	2 642,80	1 240,30	7 558,57
2011	1 003,30	539,80	63,15	143,42	2 240,30	3 818,20	1 610,10	8 153,33
2012	1 254,04	638,10	51,77	176,04	2 915,40	4 764,70	2 067,00	9 010,37
2013	1 721,10	907,20	93,78	189,97	3 587,60	5 776,50	2 603,30	9 746,16
2014	2 329,68	1 212,00	104,92	224,49	4 350,00	7 244,10	3 390,40	10 649,90
2015	3 075,26	1 462,40	140,03	239,93	5 543,40	9 119,60	3 985,90	11 684,12
2016	3 652,00	1 642,77	142,48	223,08	7 077,60	9 932,90	5 163,80	12 631,57
2017	3 864,22	1 707,36	227,43	241,68	8 236,10	12 564,10	5 742,48	13 022,11
2018	5 368,53	2 707,40	221,52	475,95	9 957,76	17 493,40	6 891,41	13 346,05
2019	7 204,99	3 759,80	306,47	652,77	12 148,09	18 382,50	8 439,60	13 453,99
2020	9 986,80	5 010,90	319,00	669,63	14 675,20	20 967,80	9 758,60	12 513,33
2021	12 708,17	6 099,10	393,00	750,60	19 232,07	27 095,30	12 186,42	14 760,72
2022	13 323,40	6 951,30	428,70	903,20	20 813,80	33 723,50	14 150,60	15 355,30
2023	17 508,50	7 860,20	469,70	1 056,60	24 728,20	37 501,40	17 568,40	15 508,10
2024 (yanvar-dekabr)*	19 341,40	13 098,30	504,70	1 079,40	28 938,80	42 155,10	25 770,50	15 964,70
2025 (yanvar-iyun)*	11 558,20	7 054,80	209,60	613,50	15 040,30	19 114,30	22 828,40	7 584,25
2025 (yanvar-sentabr)*	18 084,3	11 395,7	424,20	968,30	21 628,20	33 231,40	36 243,20	11 948,10

Farg‘ona viloyatida kichik biznes va xususiy tadbirkorlikning sanoat mahsuloti hajmi 2010-yilda 733,6 mlrd so‘mni tashkil etgan bo‘lsa, 2024-yilga kelib bu ko‘rsatkich 19 341,4 mlrd so‘mga yetgan. Bu 26,4 baravar o‘sishni anglatadi. Eng yuqori o‘sish 2023–2024 yillarda kuzatilgan bo‘lib, 2023-yilda 17 508,5 mlrd so‘mdan 2024-yilda 19 341,4 mlrd so‘mga oshgan. 2025-yilning yanvar-sentabr oylarida sanoat mahsuloti hajmi 18 084,3 mlrd so‘mni tashkil etgan. Sanoat sohasidagi bunday yuqori o‘sish kichik biznes subyektlarining ishlab chiqarish tarmoqlariga faol kirib borayotganidan dalolat beradi.

Qurilish sohasida kichik biznesning hajmi 2010-yilda 359,7 mlrd so‘mdan 2024-yilda 13 098,3 mlrd so‘mga yetgan. Bu 36,4 baravar o‘sishni anglatadi. Qurilish sohasidagi eng yuqori o‘sish 2023–2024 yillarda kuzatilgan: 2023-yilda 7 860,2 mlrd so‘mdan 2024-yilda 13 098,3 mlrd so‘mga oshgan. 2025-yilning yanvar-sentabr oylarida qurilish ishlari hajmi 11 395,7 mlrd so‘mni tashkil etgan. Qurilish sohasining bunday yuqori o‘sishi viloyatda infratuzilma va uy-joy qurilishi loyihalarining faollashganini ko‘rsatadi.

Qishloq, o‘rmon va baliq xo‘jaligi sohasida kichik biznesning hajmi 2010-yilda 2 642,8 mlrd so‘mdan 2024-yilda 42 155,1 mlrd so‘mga yetgan. Bu 16,0 baravar o‘sishni anglatadi. O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi ma’lumotlariga ko‘ra, 2023-yilda kichik tadbirkorlikning qishloq xo‘jaligidagi ulushi respublika bo‘yicha 95,6% ni tashkil etgan [6]. Farg‘ona viloyatida ham bu ko‘rsatkich yuqori darajada. 2025-yilning yanvar-sentabr oylarida qishloq xo‘jaligi mahsuloti hajmi 33 231,4 mlrd so‘mni tashkil etgan. Qishloq xo‘jaligi sohasida kichik biznesning yetakchi roli fermer xo‘jaliklari va tomorqa yer egalarining faolligi bilan izohlanadi.Xizmatlar sohasida kichik biznesning hajmi 2010-yilda 1 240,3 mlrd so‘mdan 2024-yilda 25 770,5 mlrd so‘mga yetgan. Bu 20,8 baravar o‘sishni anglatadi. 2025-yilning yanvar-sentabr oylarida xizmatlar hajmi 36 243,2 mlrd so‘mni tashkil etgan. Xizmatlar sohasining o‘sish sur’ati so‘nggi yillarda keskin oshgan – 2023-yilda 17 568,4 mlrd so‘mdan 2024-yilda 25 770,5 mlrd so‘mga yetgan. Bu viloyat iqtisodiyotining postindustrial rivojlanish bosqichiga o‘tayotganini ko‘rsatadi.Transport sohasida yuk tashish hajmi 2010-yilda 23,6 mln tonnadan 2024-yilda 62,9 mln tonnaga yetgan (2,7 baravar). Yuk aylanmasi 2010-yilda 588,6 mln tonna-km dan 2024-yilda 2 031,1 mln tonna-km ga yetgan (3,5 baravar). Yo‘lovchi tashish hajmi 2010-yilda 344,6 mln yo‘lovchidan 2024-yilda 696,5 mln yo‘lovchiga yetgan (2,0 baravar). Yo‘lovchi aylanmasi 2010-yilda 7 558,6 mln yo‘lovchi km dan 2024-yilda 15 964,7 mln yo‘lovchi km ga yetgan (2,1 baravar). Transport xizmatlarining o‘sishi viloyatda logistika va transport infratuzilmasining rivojlanayotganidan dalolat beradi.

Tashqi savdo sohasida kichik biznesning eksport hajmi 2010-yilda 82,4 mln AQSh dollarini tashkil etgan bo‘lsa, 2024-yilga kelib 504,7 mln AQSh dollariga yetgan. Bu 6,1 baravar o‘sishni anglatadi. Import hajmi esa 2010-yilda 95,5 mln dollardan 2024-yilda 1 079,4 mln dollarga oshgan (11,3 baravar). Eksportning importdan past o‘sishi tashqi savdo saldosining manfiyligiga olib kelgan. 2025-yilning yanvar-sentabr oylarida eksport 424,2 mln dollar, import 968,3 mln dollarni tashkil etgan. Importning eksportdan yuqori o‘sishi kichik biznes subyektlarining mahalliy ishlab chiqarishga emas, balki import qilinadigan tovarlarga bo‘lgan talabining yuqoriligini ko‘rsatadi.Bandlik sohasida kichik biznesda bandlar soni 2010-yilda 1 031,8 ming kishidan 2017-yilda 1 229,3 ming kishiga yetgan. 2017 yildan keyin ma’lumotlar to‘liq keltirilmagan bo‘lsa-da, tendensiya o‘sishda davom etgan. Kichik biznesda bandlikning o‘sishi viloyatda ish o‘rinlari yaratish va ishsizlik muammosini hal etishdagi muhim omil hisoblanadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2026-yil 4-fevraldagi PF-17-son Farmoni bilan Sanoat kooperatsiyasi va davlat xaridlari agentligi tashkil etilgan bo‘lib, uning asosiy vazifalaridan biri yirik korxonalarning ishlab chiqarish zanjirlariga kichik va o‘rta biznes subyektlarini keng jalb qilishdir [1]. Shuningdek, Farmonda 2026-yil 1-iyuldan boshlab mahalliy ishlab chiqaruvchilarning raqobatbardoshligini oshirish uchun davlat xaridlarida mahalliy ishlab chiqaruvchilar ishtirok etgan taqdirda 8-15 foizgacha preferensiyalar belgilangan [1]. Ushbu chora-tadbirlar kichik biznesning sanoat kooperatsiyasi orqali rivojlanishiga katta turtki beradi.O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yildagi tadbirkorlar bilan ochiq muloqotida belgilangan vazifalarni amalga oshirish doirasida 2026–2027 yillarda tijorat banklari tomonidan kichik va o‘rta biznes uchun 250 trillion so‘m yo‘naltirilishi belgilangan [2]. Bundan tashqari, “Tadbirkorlikni rivojlantirish kompaniyasi” AJ tomonidan kamida 5 mingta tadbirkorlik loyihalarini amalga oshirish uchun 4 trillion so‘mlik moliyaviy qo‘llab-quvvatlash choralari ko‘rilmoqda [2]. 2025-yil 1-noyabrdan boshlab esa kichik tadbirkorlikning mikroloyihalari 500 million so‘mgacha bo‘lgan kreditlarni yillik 6 foizgacha qayta moliyalashtirish imkoniyatiga ega bo‘ldi [7].

Farg‘ona viloyatida kichik biznes va xususiy tadbirkorlikni rivojlantirish bo‘yicha hududiy darajada ham muhim ishlar amalga oshirilmoqda. Farg‘ona tumanida “o‘zini o‘zi band qilish – yakka

tartibdagi tadbirkor – kichik biznes – o‘rta biznes – yirik korxona” zanjiri asosida tadbirkorlik subyektlarini bosqichma-bosqich rivojlantirish masalalari muhokama qilinmoqda [8].

Tahlil natijalari quyidagi muhim tendensiyalarni ko‘rsatadi. Birinchidan, Farg‘ona viloyatida kichik biznesning barcha tarmoqlarda barqaror o‘sishi kuzatilgan. Eng yuqori o‘sish qurilish sohasida (36,4 baravar), keyin sanoat (26,4 baravar) va xizmatlar (20,8 baravar) sohalarida qayd etilgan. Ikkinchidan, kichik biznesda bandlikning o‘sishi (19,1 foiz) viloyatda ish o‘rinlari yaratishdagi muhim rolni ko‘rsatadi. Uchinchidan, eksportning importdan past o‘sishi tashqi savdo saldosining manfiyligiga olib kelgan – bu muammoni hal qilish uchun import o‘rnini bosuvchi ishlab chiqarishlarni rivojlantirish zarur. To‘rtinchidan, davlat tomonidan kichik biznesni qo‘llab-quvvatlash bo‘yicha qabul qilinayotgan qonunchilik hujjatlari (sanoat kooperatsiyasi, imtiyozli kreditlar, soliq imtiyozlari) sohani yanada rivojlantirish uchun mustahkam huquqiy asos yaratmoqda.

Xulosa va takliflar. Farg‘ona viloyatida kichik biznes va xususiy tadbirkorlik iqtisodiyotning barcha tarmoqlarida barqaror o‘sib bormoqda. Sanoat mahsuloti hajmi 26,4 baravar, qurilish 36,4 baravar, xizmatlar 20,8 baravar, qishloq xo‘jaligi 16,0 baravar, eksport 6,1 baravar oshgan. Bandlik ko‘rsatkichi 19,1 foizga o‘sgan. Ushbu erishilgan yutuqlarni saqlab qolish va rivojlantirish, shuningdek, mavjud muammolarni (importga bog‘liqlik, kredit olishdagi qiyinchiliklar, ma’muriy to‘siqlar) hal etish uchun quyidagi ilmiy asoslangan taklif va tavsiyalarni berish maqsadga muvofiq:

- sanoat kooperatsiyasini kengaytirish – yirik sanoat korxonalari va kichik biznes o‘rtasida kooperatsiya aloqalarini yo‘lga qo‘yish, mahalliy butlovchi qismlar ishlab chiqarishni rivojlantirish orqali import o‘rnini bosish;
- kreditlash tizimini takomillashtirish – kichik biznes subyektlariga beriladigan kreditlar bo‘yicha foiz stavkalarini pasaytirish, kredit berish muddatlarini uzaytirish va “bir darcha” tamoyili asosida kreditlash tizimini joriy etish;
- ma’muriy to‘siqlarni kamaytirish – litsenziyalash, ruxsat berish va nazorat qilish tizimlarini soddalashtirish, elektron xizmatlar ko‘lamini kengaytirish;
- eksportni rag‘batlantirish – eksport qiluvchi kichik biznes subyektlariga subsidiyalar va imtiyozli kreditlar ajratish, yangi tashqi bozorlarga chiqishda ko‘maklashish;
- infratuzilmani rivojlantirish – kichik sanoat zonalari, biznes-inkubatorlar va texnoparklar tashkil etish, ularni zarur infratuzilma bilan ta’minlash;
- raqamlashtirish – kichik biznes subyektlarining faoliyatini raqamlashtirish, elektron hisobot berish tizimini takomillashtirish, “Yagona elektron kooperatsiya birja portali”ni joriy etish;
- kadrlar malakasini oshirish – kichik biznes subyektlari xodimlari uchun bepul o‘quv kurslari, seminarlar va treninglar tashkil etish.

Adabiyotlar

[1]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2026-yil 4-fevraldagi PF-17-son “Mahalliy ishlab chiqarish va sanoat kooperatsiyasini yangi tizim asosida rivojlantirish bo‘yicha birinchi navbatdagi chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi Farmoni. – Qonunchilik ma’lumotlari milliy bazasi, 07.02.2026-y.

[2]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “2025-yildagi O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining tadbirkorlar bilan ochiq muloqotida belgilangan vazifalarni amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi Farmoni. – Qonunchilik ma’lumotlari milliy bazasi, 2026.

[3]. Аганбегян А. Г. Модернизация реального сектора экономики // Деньги и кредит. – 2010. – № 3. – С. 6.

[4]. Комов А. Анализ системы кредитования реального сектора экономики // Русское экономическое общество. – 2013. – № 141. – С. 8.

[5]. Ахунова Ш.Н. Мамлакат барқарор иқтисодий ўсишини таъминлашда кичик бизнес ва хусусий тадбиркорлик фаолиятининг ўрни // “Иқтисодиёт ва инновацион технологиялар” илмий электрон журнали. – 2017. – № 4. – Б. 1–6.

[6]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti huzuridagi Statistika agentligi. O‘zbekiston Respublikasida kichik tadbirkorlik subyektlarining iqtisodiy faoliyat turlari bo‘yicha YAIMdagi ulushi. – 14.03.2024.

[7]. 2025-yil 1-noyabrdan kuchga kiradigan qonunchilik o‘zgarishlari. – Anhor.uz, 2025.

[8]. Farg‘ona tumanida kichik va o‘rta biznes vakillari bilan ochiq muloqot. – Farg‘ona tumani hokimligi, 2025.

[9]. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining “Kichik biznes va xususiy tadbirkorlik subyektlarining huquqlari, erkinliklari va qonuniy manfaatlarini himoya qilishga ko‘maklashish tartibi to‘g‘risida”gi Nizomi. – LEX.UZ, 2011.

UDK 537.62.(063.2)

MUTAXASSISLIK FANLARINI O‘QITISHDA IMITATSION-VARIATIVLIK VA SUN’IY INTELLEKT TEXNOLOGIYALARINING INTEGRATSIYASI

J.G‘.Obidov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
ORCID: 0000-0001-9891-0966
e-mail: jamshidobidov19@gmail.com
(Qabul qilindi 18.03.2026 y.)

Annotatsiya. *Mazkur maqolada mutaxassislik fanlarini o‘qitishda imitatsion-variativlik yondashuvi hamda sun’iy intellekt texnologiyalarining integratsiyasi masalalari tahlil qilinadi. Bugungi kunda gipermatn, gipermedia, grafika va kompyuterli ovoz dasturlarining yaratilishi axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan ta’lim jarayonida samarali foydalanish bilan bir qatorda, fan mavzulari bo‘yicha noan’anaviy darslarni tashkil etish imkonini bermoqda. Innovatsion metodlar asosida yaratiladigan imitatsion modellar talabalarning mustaqil ta’lim jarayonidagi faolligini oshiradi hamda murakkab jarayon va obyektlarni vizual, interaktiv va variativ shaklda o‘rganishga xizmat qiladi.*

Kalit so‘zlar: *innovatsion metod, innovatsion texnologiyalar, imitatsion model, education modeling, imitatsion-variativlik, modellashtirish, sun’iy intellekt, mustaqil ta’lim, mutaxassislik fanlari, didaktik xususiyatlar.*

Аннотация. *В данной статье анализируются вопросы интеграции имитационно-вариативного подхода и технологий искусственного интеллекта в преподавании специализированных дисциплин. В настоящее время создание гипертекста, гипермедиа, графических и компьютерных звуковых программ не только обеспечивает эффективное использование информационно-коммуникационных технологий в образовательном процессе, но и позволяет организовывать нетрадиционные занятия по учебным дисциплинам. Имитационные модели, разработанные на основе инновационных методов, повышают активность студентов в процессе самостоятельного обучения, а также способствуют изучению сложных процессов и объектов в визуальной, интерактивной и вариативной формах.*

Ключивые слова*: инновационный метод, инновационные технологии, имитационная модель, имитационно-вариативность, моделирование, искусственный интеллект, самостоятельное обучение, специализированные дисциплины, дидактические особенности.*

Abstract. *This article analyzes the issues of integrating a simulation-variative approach and artificial intelligence technologies in the teaching of specialized disciplines. At present, the development of hypertext, hypermedia, graphics, and computer-based audio programs not only ensures the effective use of information and communication technologies in the educational process but also enables the organization of non-traditional classes across academic subjects. Simulation models developed on the basis of innovative methods enhance students’ engagement in independent learning and facilitate the study of complex processes and objects in visual, interactive, and variative forms.*

Keywords: *innovative method, innovative technologies, simulation model, simulation-variability, modeling, artificial intelligence, independent learning, specialized disciplines, didactic features.*

Kirish.

Mustaqil ta’lim jarayonini samarali tashkil etish bugungi kunda oliy ta’lim tizimining ustuvor vazifalaridan biri hisoblanadi. Talabaga o‘quv materialini tushunarli, tizimli va qiziqarli tarzda yetkazish uchun turli metod va yondashuvlardan foydalanish zarur. Aynan metodik xilma-xillik talabaning bilishga bo‘lgan ichki ehtiyojini faollashtiradi, fan mazmuniga nisbatan qiziqishini oshiradi hamda o‘quv natijalarining samaradorligini ta’minlaydi. Shu bois innovatsion texnologiyalarni o‘qitishda eng avvalo ularning qaysi metod asosida tashkil etilishi muhim ahamiyat kasb etadi.

Metod tushunchasi uslub bilan chambarchas bog‘liq bo‘lib, u o‘qitish jarayonida maqsadga erishish yo‘lida qo‘llaniladigan usullar majmuasini anglatadi. Turli uslublardan samarali foydalanish orqali talabaga mustaqil ta’lim mazmunini sifatli yetkazish mumkin. Metod faqat til o‘rganish jarayonida emas, balki texnik, tabiiy va ijtimoiy sohalarda ham keng qo‘llanilib, bilimni tizimli egallashga xizmat qiladi. Ayniqsa, innovatsion texnologiyalarni o‘qitishda metodning to‘g‘ri

tanlanishi o‘quv jarayonining samaradorligini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Metod tushunchasi nafaqat virtual laboratoriyalarni o‘rganish jarayonida, balki metrologiya va standartlashtirish sohasida ham keng qo‘llanilmoqda. Bugungi kunda ushbu yo‘nalishdagi zamonaviy kasblarni o‘qitishda ham ilg‘or metodlardan foydalanish orqali imitatsion modellarni yaratish va ularni ta’lim jarayoniga integratsiya qilish imkoniyati mavjud. Chunki metod virtual resurslarni amaliyotga tatbiq etish, xususan, sifat menejmenti tizimi va sertifikatlashtirish jarayonlarini modellashtirish, ularni funksional holatda ishga tushirish hamda tegishli foydalanuvchilar - talabalar va mutaxassislarga samarali yetkazib berish jarayonini ta’minlaydi. Demak imitatsion modellar orqali virtual resurslar yaratishda nafaqat uning o‘quv metodik qarashlariga balki uning me’yoriy tarkibiga ham e’tibor qaratish kerak . Chunki tarkib orqali uning yo‘nalishi anqlanadi. Strukturasi tuzilib jarayonni yaratish tuziladi.

Imitatsion model yaratish jarayonida virtual laboratoriyalar, ayniqsa mahsulot sifatini nazorat qilish va metrologik o‘lchash jarayonlariga oid vizual mavzular tanlab olinadi hamda ularga tasviriy grafik elementlar orqali dinamik harakat beriladi. Bunda ishlab chiqarish bosqichlari, uskunalar ishlash prinsipi va texnologik operatsiyalar ketma-ketligi vizuallashtirilgan holda modellashtiriladi. Yakuniy bosqich esa asosan tekshirish va sinovdan o‘tkazishdan iborat bo‘lib, unda yaratilgan imitatsion modelni ta’lim jarayonida hamda amaliy ishlab chiqarish sharoitlariga yaqin muhitda qo‘llash imkoniyati yuzaga keladi. Ta’lim modellashtirish muhitlari (ingliz. Education modeling) hozirda ancha keng tarqalgan kasbiy funksiyalari bo‘lajak muhandis-metrolog yoki mahsulot sifati menejerlarini tayyorlashda, umuman olganda qo‘llaniladigan har bir Imitatsion atama “odam - mashina” deb ataladi. Haqiqatga maksimal darajada yaqinlashishni ta’minlash, masalan ta’lim sohalari muhandislarga optimal qarorlar va turli xil ta’lim trayektoriyalari uchun kognitiv mezonlarni ishlab chiqishga imkon beradi.

Muntazam va nostandart professional vaziyatlar. Kelajakda sifatli ta’limni, xususan, mustaqil ta’lim samaradorligini oshirishda maqsadli imitatsion-variativlikni shakllantirishga yo‘naltirilgan kreativ-modellashtiruvchi o‘quv muhiti alohida ahamiyat kasb etadi [1]. Metrologiya, standartlashtirish va mahsulot sifati menejmenti ta’limida sifatni boshqarish tizimining turli aspektlarini qamrab oladi hamda kasbiy ko‘nikmalar tajribasi orqali mustaqil ta’lim jarayonida talabaning faol rolini aniqlashtirish va mustahkamlashga xizmat qiladi.

Innovatsion metodlar asosida imitatsion modellarni ishlab chiqish. Innovatsion metodlar asosida imitatsion modellarni yaratish imkoniyati kengaymoqda. Chunki metod virtual resurslarni shakllantirish, ularni tizimlashtirish va o‘quv jarayoniga tatbiq etish mexanizmini belgilab beradi. Imitatsion modellar yordamida yaratiladigan virtual muhit nafaqat o‘quv-metodik yondashuvlarga, balki uning me’yoriy va tarkibiy tuzilishiga ham tayanishi lozim. Mazmun va tarkibning aniqligi modelning yo‘nalishini belgilaydi, strukturaviy tuzilishi esa jarayonni imitatsion-variativlik asosida shakllantirish imkonini beradi. Imitatsion modelni qurish jarayonida mutaxassislik fanlaridan, ayniqsa innovatsion texnologiyalar bilan bog‘liq mavzularni tanlab olish, ularni grafik tasvirlar, dinamik elementlar va interaktiv vositalar bilan boyitish muhim ahamiyatga ega. Bu jarayon modelning to‘laqonli ishlab chiqilganini bildiradi. Modellashtirish muhiti hamda uni tashkil etuvchi imitator tizimli ravishda ishlab chiqiladi va yakuniy bosqichda tayyor model amaliy qo‘llash orqali sinovdan o‘tkaziladi. Shu tariqa imitatsion-variativlik yondashuvi mustaqil ta’lim samaradorligini oshirishda muhim didaktik vosita sifatida namoyon bo‘ladi.

Ta’lim jarayonini maqsadga muvofiq va tizimli tashkil etishning optimal yo‘li sifatida modellashtirish tanlandi. Shu bois tadqiqot doirasida pragmatik hamda tizimli-funksional yondashuvga asoslangan pedagogik model ishlab chiqildi.

Imitatsion-variativlik asosida takomillashtirilgan modellar yaratishda o‘quv-metodik aksiomalari hamda uning me’yoriy tarkibi. Zamonaviy jamiyat taraqqiyotida innovatsion sohaning jadal rivojlanishi, iqtisodiyotda intellektual mahsulotlar, axborot texnologiyalari hamda ilmiy-texnik va innovatsion faoliyat ulushining ortib borishi natijasida innovatsiyalar mamlakat boyligining ajralmas va muhim tarkibiy qismiga aylandi. Shu kontekstda, metrologiya va

standartlashtirish sohalarida zamonaviy ishlab chiqarish texnologiyalari va intellektual resurslarning samarali integratsiyasi milliy iqtisodiyot uchun strategik ahamiyat kasb etadi. Bugungi kunda ular foydali qazilmalar, ishlab chiqarish quvvatlari, intellektual salohiyat hamda texnologik innovatsiyalar kabi strategik resurslar qatorida qaralmoqda.

1-rasm. Sun’iy intellekt asosida “Imitatsion-variativ o‘qitish modeli”.

Shuningdek, bozor islohotlarining izchil amalga oshirilishi, mamlakatning jahon hamjamiyatiga integratsiyalashuvi hamda global iqtisodiy tizimda bilim va axborotning ahamiyati ortib borishi, yangi texnologiyalar va kapital bozori o‘rtasidagi aloqalarning kuchayishi sharoitida, mahsulot sifati menejmenti sektorlarini innovatsion rivojlantirish dolzarb strategik vazifa sifatida namoyon bo‘ladi. Bu esa, o‘z navbatida, imitatsion-variativlik asosida takomillashtirilgan modellarni yaratishda talab qilinadigan o‘quv-metodik aksiomalar va me’yoriy asoslarni ilmiy jihatdan aniqlash va tizimlashtirishning ahamiyatini yanada oshiradi.

Dunyoning yetakchi rivojlangan va rivojlanayotgan mamlakatlarida rivojlanish umumiy qonuniyatlari va tendensiyalarini bilish, shuningdek, boy tabiiy resurslar, ishlab chiqarish va ilmiy-texnik salohiyatga ega bo‘lgan O‘zbekistonning o‘ziga xos sharoitlarini hisobga olgan holdagina O‘zbekistonning innovatsion rivojlanish yo‘liga o‘tish yo‘llari va usullarini ishlab chiqish mumkin .

Zamonaviy dunyoda intellektual mahsulotlarning tijoratlashuvi hamda fan va texnikaning jamiyatdagi o‘rni tubdan o‘zgarib borayotgani sababli, nafaqat davlat darajasida, balki metrologiya, standartlashtirish va muvofiqlikni baholash korxonalari va pastki boshqaruv pog‘onalarida ham ilmiy-texnik va innovatsion faoliyatga resurslar ajratish hamda uning natijalarini amaliyotga tatbiq etish borasida aniq tasavvurlarga ega bo‘lish zarurdir. Bu esa mamlakat, mintaqa, tashkilot va hatto individual shaxslar miqyosida belgilangan ijtimoiy-iqtisodiy maqsadlarga samarali erishishni ta’minlaydigan mustaqil innovatsion siyosatni ishlab chiqishni talab etadi. Shunday jamiyat sharoitida inson faoliyatida, xususan, metrologiya va mahsulot sifati menejmenti ta’lim jarayonini tezlashtirish va samaradorligini oshirish maqsadida axborot-kommunikatsiya texnologiyalari (AKT) bilan uyg‘un holda kompyuter imitasion hamda imitatsion-variativlik asosida takomillashtirilgan model (KIM) tushunchasi shakllana boshladi. Ushbu atama nafaqat ta’lim sohasida, balki ishlab chiqarish, boshqaruv, tibbiyot, iqtisodiyot va boshqa amaliy sohalarda ham keng qo‘llanmoqda [2].

Imitatsion-variativlik asosida takomillashtirilgan model - bu real tizim yoki jarayonni kompyuterda modellashtirish va uni turli variantlarda sinovdan o‘tkazish imkonini beruvchi konseptual va dasturiy majmua bo‘lib, u foydalanuvchiga vaqt, xarajat va resurslarni tejagan holda turli vaziyatlarni o‘rganish, tahlil qilish va optimal yechimlarni topish imkonini beradi. Bunday modelning asosiy afzalligi shundaki, u real tajribani xavfsiz virtual muhitda takrorlaydi, jarayon parametrlarini o‘zgartirish orqali esa natijalarning variativ tahlilini amalga oshirish imkonini yaratadi.

Imitatsion-variativlik asosida takomillashtirilgan model (lot. modulus - o‘lchov, me’yor) - bu biror obyekt yoki obyektlar tizimining obrazi, namunasi yoki tasviri hisoblanadi. Masalan, metrologiyada mahsulot muvofiqligini baholash jarayonining imitatsion-variativlik asosida takomillashtirilgan modeli-standart asosida sertifikatlashtirish bosqichlarining simulyatsiyasi, mahsulot xavfsizligini ta’minlashda esa laboratoriya sinovlari va metrologik tekshiruv jarayonining virtual modeli bo‘lishi mumkin [3].

3. Tadqiqot metodologiyasi. Bo‘lajak muhandislarga qo‘yiladigan malaka talablari doirasida imitatsion-variativ o‘qitish texnologiyalarini egallash muhim ustuvor yo‘nalishlardan biri sifatida qaraladi. Ushbu talablarga muvofiq, talabalar o‘quv materiallarini zamonaviy pedagogik texnologiyalar asosida o‘zlashtirishi, umumiy va xususiy didaktik qonuniyatlarga tayangan holda o‘zining individual qobiliyatlarini rivojlantirishi, kasbiy faoliyatga oid bilimlarini chuqurlashtirishi hamda innovatsion faoliyatning samarali usul va vositalaridan foydalanish ko‘nikmalarini egallashi lozim. Ayniqsa, metrologiya va standartlashtirish bu talablar ishlab chiqarish jarayonlarining murakkabligi va tez o‘zgaruvchanligi bilan yanada dolzarb ahamiyat kasb etadi.

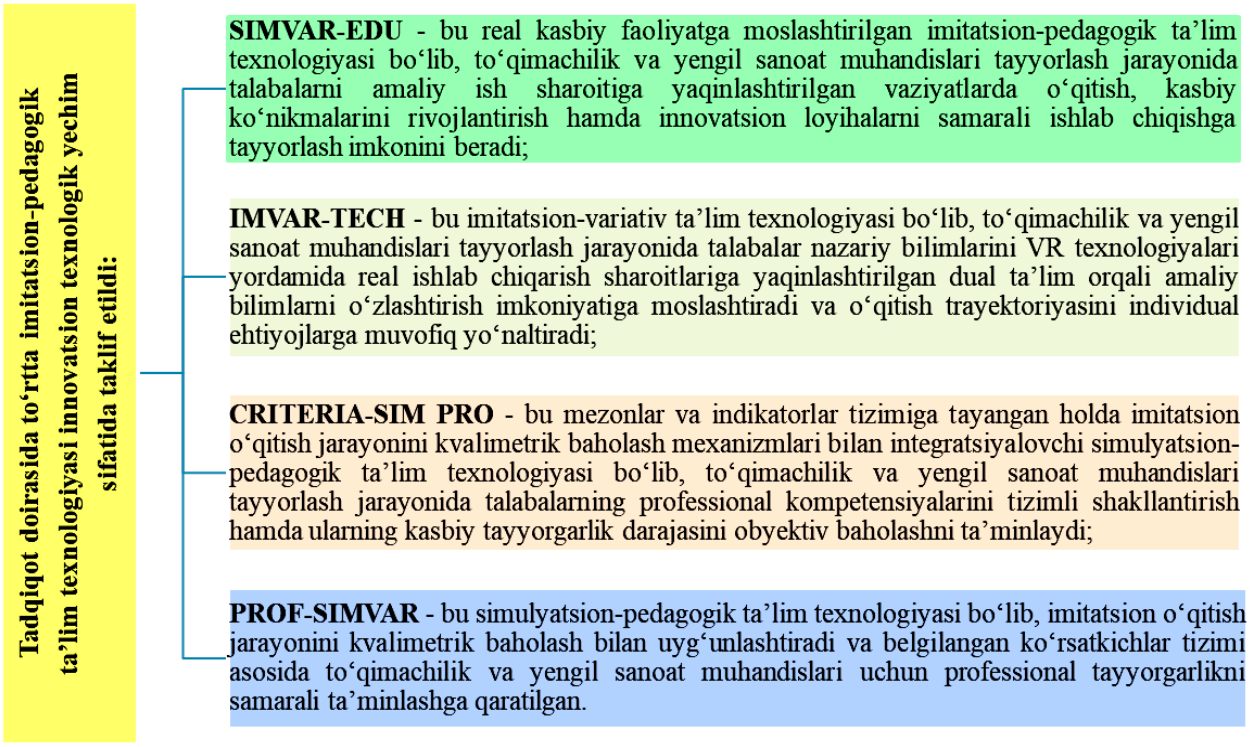
Tadqiqot jarayonida ma’ruza va amaliy mashg‘ulotlar bilan bir qatorda, metrologiya va standartlashtirish yo‘nalishidagi talabalar uchun innovatsion to‘garaklar tashkil etish, o‘quv-ilmiy loyihalarni ishlab chiqish, texnologik jarayonlarni modellashtirishga qaratilgan interfaol metodlardan foydalanish muhim pedagogik vosita sifatida qo‘llanildi. Bunda talabalar real ishlab chiqarish jarayonlariga yaqinlashtirilgan vazifalarni bajarish orqali o‘z bilimlarini mustahkamlash va amaliy ko‘nikmalarni rivojlantirish imkoniyatiga ega bo‘ladilar [4].

Didaktik maqsadlar asosida dars jarayonini tashkil etishda dialogik va polilogik metodlardan foydalanish, muammoli vaziyatlar yaratish, loyihaviy yondashuvni qo‘llash hamda interaktiv

o‘qitish texnologiyalarini joriy etish o‘qitish metodikasini takomillashtirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Bu esa talabalarni faollikka undaydi, ularning mustaqil fikrlash, tahlil qilish va qaror qabul qilish ko‘nikmalarini rivojlantiradi.

Mazkur maqsadlarga erishishda imitatsion-variativ modellar, modellashtirishning dasturiy vositalari va raqamli ta’lim texnologiyalari muhim o‘rin tutadi. Ular texnika oliy o‘quv yurtlarida mustaqil ta’limni samarali tashkil etish, o‘quv jarayonini individuallashtirish hamda talabalarning kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishga xizmat qiladi. Shu nuqtai nazardan, keyingi bosqichda ushbu vositalarning tasnifi va ularning amaliy ahamiyati maxsus ishlab chiqilgan model asosida yoritiladi.

Quyidagi rasm orqali mazkur maqsadlarga yo‘l xarita vazifasini bajaruvchi imitatsion-variativ modellar, imitatsion modellashtirishning dasturiy vositalari va ularning texnika oliy o‘quv yurtlarida imitatsion-variativlik asosidagi mustaqil ta’limni tashkil etishdagi ahamiyati tasniflangan.



2-rasm. Imitatsion-pedagogik ta’lim texnologiyalari va ularning texnika oliy o‘quv yurtlarida mustaqil ta’limni tashkil etishdagi ahamiyati.

4. Xulosa va takliflar. Ta’lim, ishlab chiqarish, sanoat, sog‘liqni saqlash va ijtimoiy xizmatlar samaradorligini oshirishda sun’iy intellekt texnologiyalariga qaratilgan qator sohalardagi ilmiy tadqiqotlar natijalari shuni ko‘rsatadiki, bugungi kunda o‘qitish jarayoni ko‘pincha an’anaviy tushuntirish va izoh berish usullariga tayangan holda olib borilmoqda. Shu bilan birga, gipermatn, gipermedia, grafik va kompyuterli ovoz dasturlarining yaratilishi nafaqat axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan ta’lim tizimida samarali foydalanishga, balki fan mavzularini interaktiv va noan’anaviy tarzda o‘qitishga imkon yaratmoqda. Taraqqiy etgan xorijiy davlatlar oliy ta’lim muassasalarida, shuningdek, respublikamizning yetakchi tibbiyot ta’lim muassasalarida kompyuter texnologiyalari va sun’iy intellekt asosida o‘qitish jarayonini tahlil qilganda bir nechta samarali yo‘nalishlarni ko‘rish mumkin.

Imitatsion-variativlik asosida takomillashtirilgan modellashtirish tibbiyot ta’limida murakkab kasbiy jarayonlar, klinik holatlar va diagnostik vaziyatlarni virtual muhitda tadqiq qilish imkonini beradi. Bu uslub orqali talaba bilish obyektlarini - masalan, fiziologik hodisalar, kasallik jarayonlari yoki klinik diagnostika vaziyatlarini - ularning imitatsion-variativ modellarida o‘rganadi, mavjud predmet va hodisalarning interaktiv analoglarini yaratadi va tahlil qiladi. Shu tariqa, mustaqil ta’lim jarayonida talabalarga mutaxassislik fanlarini o‘qitishda o‘quv materiallarini imitatsion-variativlik

asosida shakllantirish didaktik jarayonni yengillashtiradi va ba’zi hollarda murakkab kasbiy obyektlarni o‘rganishning yagona samarali vositasiga aylanadi.

Sun’iy intellekt texnologiyalari integratsiyasi ushbu yondashuvning samaradorligini yanada oshiradi. Masalan, talabaning individual qobiliyatlari va o‘rganish sur’atini hisobga olgan holda topshiriqlar murakkabligi avtomatik tarzda sozlanadi, interaktiv vaziyatlar va virtual bemor simulyatsiyalari orqali klinik tafakkur rivojlantiriladi. Bundan tashqari, tizim talabaning qarorlarini tahlil qilib, samarali va xavfsiz qaror qabul qilish ko‘nikmalarini shakllantiradi, shuningdek, real amaliyotga tayyorgarlik darajasini oshiradi.

Shu sababli, muhandislik va ijtimoiy xizmatlar yo‘nalishlarida o‘qitish jarayonini modernizatsiya qilishda imitatsion-variativ modellashtirish va sun’iy intellekt texnologiyalarini keng joriy etish tavsiya etiladi.

Adabiyotlar

[1]. Holmes W., Bialik M., Fadel C. Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning // Center for Curriculum Redesign. - 2019. - P. 1-40.
[2]. Luckin R., Holmes W., Griffiths M., Forcier L.B. Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education // Pearson Education. - 2016. - P. 10-45.
[3]. Sokolowski J.A., Banks C.M. Modeling and Simulation Fundamentals: Theoretical Underpinnings and Practical Domains // Wiley. - 2010. - P. 55-120..
[4]. Xodjayeva N., Yo‘ldoshev J. Ta’limda innovatsion texnologiyalar va interaktiv metodlar // Toshkent: Fan va texnologiya. - 2018. - B. 25-60.

SANOAT KORXONALARIDA RAQAMLI TEXNOLOGIYALARNI JORIY QILISH AFZALLIKLARI

O.N. Tuychiyeva

Farg ‘ona davlat texnika universiteti
Mas’ul muallif e-mail: odina.tuychiyeva@fstu.uz
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Maqolada sanoat korxonalarida ishlab chiqarishni raqamli texnologiyalar asosida tashkil etishni rivojlantirish masalalari yoritilgan, ushbu sohada mavjud muammolar tahlil qilingan, raqamlashtirish jarayonlariga to‘sqinlik qilayotgan omillar o‘rganilgan va ishlab chiqarishni raqamlashtirish yo‘nalishlari bayon etilgan. Zamonaviy raqamli ishlab chiqarish tizimlarining xususiyatlari ochib berilgan.*

Tayanch so‘zlar: *ishlab chiqarish jarayoni, raqamli iqtisodiyot, raqamli texnologiya, avtomatlashtirish, dasturiy ta’minot, sun’iy intellect, aqlli korxona, blokcheyn.*

Аннотация: *В статье рассматриваются вопросы развития организации производства на основе цифровых технологий на промышленных предприятиях, анализируются существующие проблемы в этой области, изучаются факторы, препятствующие процессам цифровизации, и намечаются направления цифровизации производства. Раскрываются особенности современных цифровых производственных систем.*

Ключевые слова: *производственный процесс, цифровая экономика, цифровые технологии, автоматизация, программное обеспечение, искусственный интеллект, умное предприятие, блокчейн.*

Abstract: *This article examines the development of digitally enabled production at industrial enterprises, analyzes existing challenges in this area, examines factors hindering digitalization, and outlines areas for digitalization. The article also explores the specific features of modern digital production systems.*

Keywords: *production process, digital economy, digital technologies, automation, software, artificial intelligence, smart enterprise, blockchain.*

Kirish

Zamonaviy sharoitlarda iqtisodiy jarayonlarni raqamlashtirish va axborot texnologiyalari faoliyatning barcha sohalariga kirib bormoқda.
Ushbu vazifalarni bajarish uchun raqamli iqtisodiyotni keng joriy etish va uni qo‘llab-quvvatlash

borasida keng ko‘lamli chora-tadbirlar belgilandi va mazkur vazifalar ijrosi o‘laroq, mamlakatimizda yangi elektron hujjat aylanishi tizimlari joriy etilmoqda, elektron to‘lovlar rivojlantirilmoqda va elektron tijorat sohasidagi normativ-huquqiy baza takomillashtirilmoqda, elektron infratuzilma va tijorat shakllantirilmoqda, iqtisodiyotning barcha jabhalarida raqamli transformatsiyaga o‘tilishi qadamma-qadam amalga oshirilmoqda.

Ishlab chiqarish jarayonlariga raqamli texnologiyalarning kirib borishi bilan korxonalarning raqobatdosh ustunlik manbalariga, ularning faoliyati va boshqaruvining samarali kontseptsiyalariga yangi talablar qo'yilmoqda. Raqamli iqtisodiyotga o‘tishning o‘ziga xos xususiyatlarini hisobga olish, yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan muammolarni prognozlash, shuningdek, salbiy oqibatlarni minimallashtirish bo‘yicha yechim va takliflar ishlab chiqish korxona faoliyatini tashkil etishning asosiy shartiga aylanmoqda. Sanoat korxonalarida mavjud resurslar va biznes-jarayonlarni samarali boshqarishning innovatsion texnologiyalar va biznes jarayonlarini optimallashtirish usullariga asoslangan tizimi raqobat ustunligiga erishishning muhim jihati hisoblanadi.

Shunday ekan, raqamlashtirish sharoitida korxonalarda ishlab chiqarishni tashkil etishning xususiyatlarini o'rganishsh va raqamli transformatsiya jarayonini amalga oshirish algoritmini shakllantirish ob’ektiv zaruriyat sifatida maydonga chiqali.

O‘zbekiston sanoatini rivojlantirib borish raqamlashtirilgan texnologik platformalarni yaratish, tashqi va ichki bozorlar uchun yuqori qo‘shilgan qiymatga ega bo‘gan mahsulotlar yetkazib beruvchi yuksak texnologiyali korxonalarni tashkil etishni taqazo etadi.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 10-октябрдаги pf-6079-sonli “ Raqamli O‘zbekiston — 2030” strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risidagi farmonida ham iqtisodiyotning real sektorida raqamli texnologiyalarni rivojlantirish maqsadida quyidagi tadbirlar amalga oshirilishi belgilangan va bugungi kunda bosqichma bosqich bajarilmoqda:

- sanoat korxonalarida zamonaviy axborot texnologiyalarini joriy qilish dasturlarini ushbu korxonalarni texnologik qayta jihozlash dasturlari bilan uyg ‘unlashtirish;
- korxona ta’minotining barcha bosqichlarini avtomatlashtirish va boshqarishni ta’minlash, shuningdek, bu orqali logistika va xarid xarajatlarini qisqartirish;
- zamonaviy axborot tizimlari va dasturiy mahsulotlarni joriy etish hisobiga mahsulotlar va xizmatlar sifatini yaxshilash, ularning tannarxini, ishlab chiqarishdagi to‘xtalishlarni kamaytirish, moliyaviy-iqtisodiy faoliyatning shaffofligini oshirish;
- innovatsion avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari va dasturiy mahsulotlarni joriy etish bo‘yicha normativ-huquqiy bazani takomillashtirish;
- ishchi joylarni bosqichma-bosqich avtomatlashtirish hamda ishlab chiqarish jarayonlarini robotlashtirish, shuningdek, sun’iy intellekt texnologiyalarini joriy etish;
- savdo hajmini oshirish va mijozlarga xizmat ko‘rsatishni yaxshilash maqsadida buyurtmachilar (mijozlar) bilan o‘zaro munosabat mexanizmlarini takomillashtirish;
- boshqaruv ma’lumotlarini qabul qilishni qo‘lab-quvvatlash tizimini, jumladan, real vaqt rejimida biznes-tahlil tizimini joriy qilish orqali takomillashtirish;

Iqtisodiyotni yangi texnologik bosqichga o‘tishi bilan mamlakat ishlab chiqarish tuzilmalarini modernizatsiya qilish, ishlab chiqarish jarayonlarini tashkiliy-iqtisodiy ta’minoti, boshqaruv usullari zamonaviy yodashuvlarni shakllantirishga extiyoj paydo bo‘moqda. Iqtisodiy isloxotlarni chuqurlashtirish sharoitida sanoat korxonalarida ishlab chiqarishni avtomatlashtirish va robotlashtirish, ishlab chiqarishni tashkil etishning ilg‘or usul va uslublarini joriy etish, uning raqamli intelektuallashuv darajasini oshirish jarayonlari jadal rivojlanmoqda. Ishlab chiqarishni tashkil etish va boshqarishga zamonaviy yondashuvlar qisqa vaqt ichida to‘iq axborot almashinuvi, ishchilar va xodimlar sonini qisqartirish, ularning kompetentligini oshirish, moslashuvchan ishlab chiqarish tizimlari va robotlashtirish komplekslarini joriy etishga tayanadi. Buning uchun innovatsion, yuqori texnologik mahsulot chiqaruvchi ishlab chiqarishni rivojlantirishga e’tibor qaratilishi lozim.

Raqamli ishlab chiqarish sohasida “buyumlarning sanoat interneti” “ishlab chiqarishning additive texnologiyalari” “bulutli texnologiyalar” “sun’iy intelekt” “aqlli robotlashtirilgan ishlab chiqarish “kabi zamonaviy yo‘nalishlar rivojlanib bormoqda, tashkilot qarorlarini qabul qilishda imitatsion va iqtisodiy matematik modellashtirishdan foydalanilmoqda.

Sanoat korxonalarining raqamli transformatsiyasining quyidagi ijobiy tomonlariga va xatarlarini keltirish mumkin.(1- jadval)

1- jadval

Raqamli transformatsiyaning ijobiy tomonlari va xatarlari

Ijobiy tomonlari	Xatarlari
Yangi yorib kiruvchi raqamli texnologiyalar, sun'iy intellekt, sanoat buyumlar interneti, katta ma'lumotlarni tahlil qilish,	Qarzga olingan import texnologiyalariga bog'liqlik, o'z vakolatlarining buzilishi, apparat va dasturiy ta'minotda yashirin "xatcho'plar" ning mavjudligi
Yangi savdo bozorlari, biznes modellari, innovatsion ishlab chiqarishlar, ommaviy axborot xizmatlari	Iqtisodiyjixatdan rivojlangan mamlakatlar kompaniyalari tomonidan innovatsion bozorlarni tezda egallab olish xavfi
Mehnat unumdorligining o'sishi, ishlab chiqarish samaradorligi, avtomatlashtirish, robotlashtirish	Ish o'rinlarini qisqartirish, ayrim maxsus ishlarni tugatish, ishsizlik, ijtimoiy ziddiyatlar
Xizmatlarning samaradorligi va standartlashtirilishini oshirish, vositachilarni chiqarib tashlash, transportni, tibbiyotni, ta'limni, xizmat ko'rsatish sohasini uberizatsiyasi	Huquqiy sohadagi noaniqlik, firibgarlikning o'sishi, axloqiy muammolar, ijtimoiy tabaqalanish
Katta hajmli ma'lumotlarni tahlil qilish, shaxsni raqamli identifikatsiyasi, xizmatlarni talabga moslashtirish.	Maxfiylikning yo'qolishi, intruziv reklama, korxonalarning maxfiy ma'lumotlari va fuqarolarning shaxsiy ma'lumotlari oshkor bo'lishi
Investitsiyalar, startaplar, raqamli pullar, yangi faoliyat sohalari, yangi texnologik usul	Iqtisodiyotni tashqi boshqarish, raqamli globalizm, raqamli mustamlaka

Zamonaviy sharoitlarda ishlab chiqarishni tashkil etishga mahsulot hayot siklini boshqarishni raqamlashtirish asosida zaruriy kompetiylikka ega bo‘gan yuqori malakli xodimlar (ishchilar) ning innovatsion mehnat vositalari va buyumlari bilan ma’lum bir muhitda hamda vaqtda samarali uyg ‘unlashtirish jarayoni sifatida qaraladi.

Fikrimizcha, ishlab chiqarishni raqamlashtirishga korxonalarda eskirgan texnologiyalardan foydalanib kelayotganligi (64%) ma’lum bir tajriba, bilim va ko‘nikmaga ega bo‘gan mutaxassislarni yetishmasligi (61%) mavjud va yangi texnologiyalar o‘rtasida integratsion aloqalarni sustligi (62%) kabi omillar to‘sqinlik qilmoqda.

Ishlab chiqarishning raqamli trnasformatsiyasi sohasidagi tadqiqotlarning natijalariga ko‘ra (ko‘rsatishiga) raqamli texnologiyalar va boshqaruv usullaridan foydalanayotgan korxonalar o‘z raqobatchilariga nisbatan 26% ga ko‘proq foyda ko‘rishar ekan. Raqamli texnologiyalashga yetarli darajada mablag ‘ sarflagan xolda boshqaruvga kam e’tibor qaratayotgan korxonalarning moliyaviy natijalari 11% ga past, faqat boshqaruv jarayonini modernizatsiyalash hisobiga esa faqat 9% ga qo‘shimcha daromad olish mumkin.

Zamonaviy iqtisodiy vaziyat to‘rtinchi sanoat inqilobini boshlanganligi bilan xarakterlandi. Ushbu inqilob doirasida raqamlashtirilgan “aqilli” korxonalar tashkil etilmoqda. Bunday korxonalar

ichki va tashqi bozorlarda raqobatbardosh bo‘gan mahsulotlar ishlab chiqarish imkoniyatini yaratadi.

Lekin bugungi kunda mamlakatimizda faoliyat yuritayotgan sanoat korxonalarida ishlab chiqarish jarayonlariga raqamli texnologiyalarni keng ko‘lamda joriy etish jarayoni qoniqarli darajada emas. Bunga quyidagi xolatlar to‘sqinlik qilmoqda:

- yangi iqtisodiy tartibni tartibga soluvchi qonunchilik bazasining yo‘qligi yoki uning hozirgi bosqichda sodir bo‘layotgan texnologik o‘zgarishlarga mos kelmasligi; rivojlanish;
- yangi texnologiyalar, iqtisodiy munosabatlar ob'ektlari va sub'ektlari paydo bo'lishi, kapital shakliga aylangan ma'lumotlar hajmining tez o'sishi;
- malakali kadrlar tayyorlashning yetarli darajada emasligi, inson kapitalining etishmasligi;
- katta hajmdagi ma'lumotlar katta miqdordagi axborot oqimlarini va ma'lumotlarni uzatish, qayta ishlash va saqlashda axborot xavfsizligini ta'minlash bilan bog'liq xavflarni keltirib chiqaradi;
- korxona moliyaviy resurslariningyetishmasligi va sanoat sohasini raqamlashtirishga yo‘naltirilgan loyixalar qiymatining yuqori ekanligi;
- axborot xavfsizligi,ish o‘rinlari sonining kamayib ketish,ishlab chiqarishni boshqarish jarayonlarining yomonlashuvi bilan bog ‘liq xatarlarning mavjudligi;
- ayrim sanoat tarmoqlarining konservativ xarakteri. Raqamli texnologiyalarning keng ko‘amda qo‘lanilishi korxonalar uchun yangi imkoniyatlar yaratishini bilgan xolda , ushbu jarayonlarga kam e’tibor qaratilmoqda.

Korxonada biznes jarayonlari va yangi texnologiyalarni boshqarishga samarali yondashuvni ishlab chiqish oson ish emas. Sanoat korxonasining barqaror rivojlanishini ta'minlash uchun boshqaruvning innovatsion nazariyalari va metodologiyalarini qo'llash talab etiladi. Korxonada sodir bo'layotgan jarayonlar rahbariyat, jarayon egalari va biznes jarayonlarini amalga oshirishni ta'minlovchi xodimlardan doimiy e'tiborni talab qiladi. Jarayonlarni takomillashtirish va optimallashtirish jarayonida jarayon yondashuvini amalga oshirish natijasida erishilgan samaradorlik va taraqqiyot darajasini saqlab qolish zarur.

Raqamli iqtisodiyotning zamonaviy usuli korxonalarni boshqarishning yangi avlodi kontseptsiyalarini ishlab chiqish bilan tavsiflanadi. Ushbu konsepsiyalar sanoat robotlari, boshqaruvsiz transport, raqamli boshqaruv dasturlari asosida ishlaydigan jihozlarni qo‘lash, 3D printerlarni qo‘lash, katta xajimdagi ma’lumotlarni bulutli texnologiyalarda saqlash, sun’iy intelekt, sanoat buyumlari interneti (Internet of Things, IoT), blokcheyn innovatsiyasi, imitatsion va matematik modellashtirish va prognozlashtirish, kiber xafsizlik kabi jarayonlar bilan xarakterlanadi.

Yangi kontseptsiyalarni qo'llash korxonalarga bir qator raqobatdosh ustunlik beradi. Asosiy funksiyalariga ko‘ra texnologiyalarni 3 guruhga bo‘lish mumkin:

• kiritish ma’lumotlari (IoT, dronlar);
• ma'lumotlarni qayta ishlash (sun'iy intellekt, blokcheyn);
• chiqish ma'lumotlari (robotexnika, 3D printerlar, kengaytirilgan va virtual reallik) [3].

Korxonani raqamli o'zgartirish jarayoni algoritmini amalga oshirishda, tanlangan ustuvor yo'nalishga qarab, korxona boshqaruvida quyidagi zamonaviy tushunchalardan foydalanishni taklif qilish mumkin. Masalan, IoT texnologiyalaridan foydalanish tashkilotning biznes-jarayonlarini o‘zgartirishga va ishlab chiqarishning muddatini va ishlab chiqarish siklining davomiyligini qisqartirish hisobiga operatsion samaradorlikni sezilarli darajada oshirish imkonini beradi; operatsion xarajatlarni kamaytirish va energiya samaradorligini oshirish; uskunaning ishlamay qolishi soni va davomiyligini qisqartirish, uning yuklanganlik darajasini oshirish; mahsulotlar sifatini yaxshilshni ta’minlaydi.

Raqamli boshqaruvga asoslangan ko‘p koordinatli ishlov beish markazlarini qo‘lash, tokarlik, parmalash, jilvirlash ishlarini bajarish davomida ishchi asboblarni mexanik ishlov berish jarayonida ko‘chirish imkoniyatini ham yaratadi. Bunday to‘rt-olti koordinatli jihozlar har qanday murakkab detallarga ishlov berishda bir necha jarayonlarni bir vaqtda bajarishni ta’minlaydi va o‘z navbatida ishlab chiqarish siklining qisqarishiga olib keladi.

Raqamli ishlab chiqarish mehnat unumdorligining yuqori darajasi va mahsulotning yuqori sifatini, loyixa ishtirokchilarining masofadan turib birgalikda ishlashlarini ta’minlaydi, xarajatlarni

nazorat qilishni sezilarli darajada yaxshilashga yordam beradi. Ishlab chiqarishning va nazorat qilishning dasturli-apparatli komplekslarini qo‘lash inson omili ta’sirida yuzaga keladigan xatolarni oldini olishga olib keladi. Buyumlar sanoat internetining rivojlanishi. neyrotarmoqli texnologiyalarga asoslangan sun’iy intelektning qo‘lanilishi oqibatida muammoli vaziyatlar yuzaga kelgan sharoitda ishlab chiqarishni ratsional tashkil etish borasidagi qarorlarni tezkorlik bilan qabul qila oladigan “aqilli ishlab chiqarish” ni yaratish imkoniyati paydo bo‘adi.

Ishlab chiqarishni tashkil etishning zamonaviy paradigmasi (ko‘rinishi) jihozlarni turli xildagi mahsulotlarni ishlab chiqarishga moslashtirish, ishlab chiqarish va xizmat ko‘rsatishda band bo‘gan ishchi xodimlarning sonini qisqartirish, moslashuvchan texnologiyalarni va robotlashtirilgan komplekslarni joriy etish asosida yangi mahsulot turlarini ishlab chiqarishga o‘tish imkoniyatini aks ettiradi.

Raqamli boshqaruvga asoslangan jihozlar ishlab chiqarish jarayonlarini yuqori aniqlikda kuzatish va olingan ma’lumotlar asosida mustaqil qaror qabul qilishga imkon yaratadi.

Zamonaviy raqamli ishlab chiqarish tizimlarining bir nechta darajalari ajratiladi.

Jismoniy darajada, sexlarida jihozlarga datchiklar, sensorlar, tarmoqlar joylashtiriladi.

Jihozlarni nazorat qilish va boshqarish darajasida dasturlashtirilgan mantiqiy nazoratchilar (PLC – Programmale logis controller) o‘rnatiladi va ular yordamida axborotlar yig ‘iladi.

Jarayonlarni boshqarish darajasi dispetcherlik boshqaruvi tizimlari (SCADA – Supervisory Control And Data Acguisition) va ishlab chiqarish jarayonlarini boshqarish tizimlari (MES – Manufakturing Execution System) yordamida taminlanadi.

Yuqori boshqaruv darajasini ma’lumotlarni qayta ishlash markazlarining serverlarida joylashadigan korxona resurslarini rejalashtirish tizimlarini (ERP – Enterprise Resoures Planing) tashkil etadi.

Raqamli ishlab chiqarishni tashkil etish istemolchilarning talabiga mos keladigan mahsulotni loyihalashtirishga buyurtma berish va raqamli model asosida tayyor maxsulotni ishlab chiqarish orasidagi muddatni qisqartirish imkonini yaratadi. Raqamli ishlab chiqarish texnlogiyalarini qo‘lash sanoat robotlari 3D printelar yordamida murakkab ko‘rinishga ega bo‘gan maxsulotlarni yaratishni ta’minlaydi.

Raqamli ishlab chiqarish konsepsiyasinig yutug‘i shundaki, mahsulotni virtual muxitda modellashtirish bosqichidayoq xatoliklarni aniqlash, bartaraf etish orqali ishlab chiqarish xarajatlarini pasaytirishga erishiladi.

Blokcheyn texnologiyalaridan foydalanish korxona yoki tashkilotning moliyaviy operatsiyalar va moddiy va nomoddiy aktivlar bilan operatsiyalarni amalga oshirish sohasidagi faoliyatini yaxshilaydi, shuningdek, yakunlangan tranzaktsiyalarni (tashqi va ichki) kuzatish va qayd etish orqali boshqaruv tizimini o‘zgartiradi .

Xulosa

Yuqoridagi fikrlarni umumlashtirgan xolda sanoat korxonalarida raqamli texnologiyalarni joriy qilishni takomillashtirishning quyidagi yo‘nalishlarini (algoritmini)taklif qilinadi:

- tashkilot faoliyati va davom etayotgan biznes jarayonlarini diagnostika qilishga qodir bo'lgan vakolatli ekspert ishchi guruhini shakllantirish;
- korxona faoliyatini o'z-o'zini tekshirishni o'tkazish va korxona va ishlab chiqarish biznes-jarayonlarini raqamlashtirish darajasi, foydalanilayotgan raqamli ishlab chiqarishning dasturiy komponentlari bo'yicha dastlabki ma'lumotlar to'plamini shakllantirish;
- raqamlashtirish (raqamli yetuklik) darajasini va korxonaning axborot xavfsizligi darajasini baholash;
- to‘siqlarni aniqlash, raqamli texnologiyalarni joriy etishning ustuvor yo‘nalishlarini aniqlash, xavflarni baholash;
- tanlangan ustuvor yo'nalishda korxonalarni raqamlashtirishning mavjud kontseptsiyalarini yoki yangilarini ishlab chiqishni tahlil qilish;
- raqamli texnologiyalarni joriy etish bo‘yicha yo‘l xaritasini shakllantirish;

- tashkilot rahbari darajasida korxona faoliyatiga raqamli texnologiyalarni qo‘llash va joriy etishning iqtisodiy maqsadga muvofiqligi, samaradorligi to‘g‘risida qaror qabul qilish, amalga oshirish yo‘l xaritasini tasdiqlash;
- raqamli texnologiyalarni joriy etish bo‘yicha yo‘l xaritasini amalga oshirish;
- tuzatishlar kiritish maqsadida amalga oshirish natijalari va korxona faoliyatining asosiy ko'rsatkichlarini nazorat qilish va tahlil qilish;
- ijobiy dinamika mavjud bo'lganda, masshtablash masalalarini o'rganish.

Yo'l xaritasini shakllantirishda moddiy-texnik salohiyat darajasini va uni modernizatsiya qilish zaruratini, shuningdek, korxonaning kadrlar salohiyati darajasini va tashkilot xodimlarining malakasi va motivatsiyasi darajasini oshirish zarurligini hisobga olish kerak.

Xulosa qilib shuni ta'kidlash mumkinki, ishlab chiqarishni tashkil etishda zamonaviy texnologiyalardan foydalanish to'g'risidagi qaror butun korxona faoliyatiga ta'sir qiladi va bunda bilan yuzaga kelish mumkin bo‘lgan xavflarni hisobga olish kerak. Faqat istiqbolli texnologiyalarni, ularning ijobiy va salbiy tomonlarini puxta rejalashtirish va har tomonlama o'rganish bilangina istalgan samarani olish mumkin. Shuningdek, raqamlashtirish sharoitida korxona boshqaruvining o'ziga xos xususiyatlarini hisobga olish kerak. Raqamli axborot texnologiyalaridan foydalangan holda moslashuvchan tashkiliy tuzilmalarni yaratish mumkin.

Raqamlashtirish davrida sanoat korxonasi faoliyatini tashkil etish va boshqarish tashkilot rahbariga ham menejment, ham ishlab chiqarish texnologiyalari, ham IT texnologiyalari sohasida kasbiy bilim, ko'nikma va malakalarga bo'lgan talablarni qo'yadi.

Adabiyotlar

[1]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2020 yil 10-октябрдаги pf-6079-sonli “ Raqamli O‘zbekiston — 2030” strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g ‘risidagi Farmoni. www lex.uz

[2]. Косарева, И. Н., & Самарина, В. П. (2019). Особенности управления предприятием в условиях цифровизации. Вестник евразийской науки, 11(3), 20.

[3]. Гафурова, Ф. С., & Давлятова, Г. М. (2019). Выявление и мобилизация резервов рационального использования ресурсов как фактор повышения эффективности производства. Проблемы современной науки и образования, (12-1 (145)), 52-55.

[4]. Tuychieva,O.N. (2022). Ishlab chiqarishni modernizatsiyalashtirish sanoat korxonalari samaradorligini oshirish omili. Nazariy va amaliy tadqiqotlar xalqaro jurnali, 2(4), 83-92.

АНАЛИЗ ДИНАМИКИ СЕЛЬСКОГО НАСЕЛЕНИЯ И ЗАНЯТОСТИ В УСЛОВИЯХ ЦИФРОВИЗАЦИИ

А. Ташпулатов

Ферганский государственный технический университет
e-mail: aybek.tashpulatov@fstu.uz, 979663690

(Получена 04.04.2026 г.)

Аннотация: *В статье рассматривается вопросы анализа динамики населения и занятости отдельно взятого сегмента рынка труда в контексте повсеместного и бурного развития цифровых технологий. Особое внимание уделено проблемам занятости населения в условиях роста инноваций, интенсивного земледелия и ресурсосберегающих технологий в сельском хозяйстве. Определены необходимость и ключевые направления повышения квалификации и качества рабочей силы, а также пути обеспечения эффективной занятости рабочей силы с использованием возможностей искусственного интеллекта.*

Ключевые слова: *цифровизация экономики, сельский рынок труда динамика населения и занятости, квалификация рабочей силы, новые сферы занятости.*

Annotatsiya: *Maqolada raqamli texnologiyalarning keng va jadal rivojlanishi sharoitida mehnat bozorining alohida segmentida aholi soni va bandligini tahlil qilish masalalari ko‘rib chiqilgan. Qishloq xo‘jaligida innovatsiyalar, intensiv dehqonchilik va resurslarni tejovchi texnologiyalar rivojlanishi sharoitida aholi bandligi muammolariga alohida e’tibor qaratilgan. Ishchi kuchi malakasi va sifatini*

oshirishning zarurligi va asosiy yo‘nalishlari, shuningdek, sun’iy intellekt imkoniyatlaridan foydalangan holda ishchi kuchini samarali bandligini ta’minlash yo‘llari belgilandi.

Kalit so‘zlar: *iqtisodiyotni raqamlashtirish, qishloq mehnat bozori, aholi va bandlik dinamikasi, ishchi kuchi malakasi, bandlikning yangi sohalari.*

Abstract: *The article examines the issues of analyzing the dynamics of the population and employment of a particular segment of the labor market in the context of the widespread and rapid development of digital technologies. Special attention is paid to the problems of employment in the context of increasing innovation, intensive agriculture and resource-saving technologies in agriculture. The necessity and key directions of improving the skills and quality of the workforce are identified, as well as ways to ensure effective employment of the workforce using the capabilities of artificial intelligence.*

Keywords: *digitalization of the economy, rural labor market, population and employment dynamics, labor force qualifications, new areas of employment.*

Введение. В 2024 году общий объем сельскохозяйственной продукции в Узбекистане достиг 444,6 трлн сумов, увеличившись на 18,5% за пять лет. Среднегодовой темп роста валового производства за этот период составил 103,5%. Согласно данным Всемирного банка, добавленная стоимость на одного занятого в сельском хозяйстве в Узбекистане в 4,4 раза превышает средний мировой показатель, что свидетельствует о повышении эффективности и продуктивности аграрного сектора [7].

Ферганская область — один из важнейших аграрных центров страны с высоким потенциалом в растениеводстве, садоводстве и животноводстве. Государственные программы развития плодоовощеводства, животноводства и птицеводства способствуют диверсификации отрасли и созданию тысяч новых рабочих мест, особенно через развитие фермерских и дехканских хозяйств. Развитие перерабатывающих предприятий в рамках аграрных проектов позволяет повысить добавленную стоимость продукции и создать дополнительные рабочие места в сельских районах [3].

Научно-обоснованное изучение и анализ динамики народонаселения и и рынка труда способствует выявлению ключевых трендов и рисков изменения структуры занятости сельских жителей в условиях цифровой трансформации. Актуальность темы обусловлена разрывом в уровне технологического развития между городом и селом [2]. Цифровизация (Industry 4.0) меняет традиционный уклад: ручной труд замещается автоматизированными системами, а доступ к высокоскоростному интернету открывает возможности для фриланса и дистанционной работы.

Анализ этой взаимосвязи необходим для того, чтобы понять, справляется ли экономика региона с демографическим давлением. Без такого сопоставления невозможно оценить реальное благополучие территорий. Дисбаланс между ростом населения и занятостью — главный драйвер оттока молодежи из сел в города или за границу. Данные анализа помогают понять, где нужно строить и развивать производственную и социальную инфраструктуру, производственные кластеры или малые промышленные зоны [1]. Аналитические материалы изучения народонаселения и занятости позволяет скорректировать профессиональное обучение под нужды конкретных районов, чтобы новые кадры находили работу на местах .

Методы. В ходе исследовательской работы использованы два основных метода: статистический и сравнительный анализ. Статистический анализ данных позволяет изучить глубину проникновения Интернета в сельские регионы и местности. Сравнительный анализ позволяет исследовать традиционных форм занятости в аграрном секторе и новых цифровых профессий. В процессе анализа народонаселения и трудового рынка часто также используют - моделирование влияния автоматизации на высвобождение рабочей силы в АПК (агропромышленном комплексе) [4,5].

Результаты. Развитие аграрного производства в Ферганской области является одним из приоритетных направлений социально-экономической политики Узбекистана. В 2026 году запланированы масштабные инвестиционные проекты, направленные на модернизацию сельского хозяйства, увеличение экспорта и повышение доходов населения. Президент

Республики Узбекистан Ш.М.Мирзиеёв отдельно отметил, что для дальнейшего развития региона сформирован портфель проектов общей стоимостью 8,2 млрд долларов. Уже в текущем году планируется запуск инициатив на 4,2 млрд долларов, из которых 2,7 млрд будут направлены в промышленность, 210 млн — в сельское хозяйство и 1,2 млрд — в сферу услуг и туризм [8] .

Одним из ключевых приоритетов остаётся занятость. В 2026 году в области планируется обеспечить работой 98 тыс. человек, увеличить доходы 423 тыс. жителей и вывести из теневой экономики 74 тыс. рабочих мест. Поставлена задача снизить безработицу и уровень бедности в Бувайдинском, Учкуприкском, Кувинском, Узбекистанском и Язъяванском районах в других населенных пунктах.

Для поддержки предпринимательства и развития инфраструктуры в 7 районах и 132 махаллях с непростыми социальными условиями будет направлено свыше 800 млрд сумов. Дополнительно в рамках программы «Маҳалла лойихаси» банки предоставят 1,4 трлн сумов кредитных ресурсов.

В аграрном секторе поставлена цель увеличить экспорт фруктов и овощей до 510 млн долларов за счёт продукции с высокой добавленной стоимостью. В Фергане и Кувасае при участии инвесторов из Китая построят агрологистические центры на 175 млн долларов, а в Узбекистанском, Бешарыкском и Алтыарыкском районах реализуют четыре проекта в животноводстве и переработке на 21 млн долларов.

В последние годы в Ферганской области наблюдается положительная динамика в переходе от аграрной занятости к индустриально-сервисной модели. В 2025 году в области была обеспечена занятость около 519 тысяч человек благодаря развитию малых промышленных зон и поддержке семейного предпринимательства [9].

На основе анализа динамики населения за период 2023-2024 гг. (данные Ферганского областного управления Государственного комитета статистики) по Ферганской области наблюдается стабильный рост населения во всех 15 сельских районах (таблица 1).

Таблица 1

Динамика населения сельских районов в Ферганской области на период 2023-2024 гг.

№	Районы	2023 г.	2024 г.	Изменение (+;-)
1.	Алтиарыкский	223,7	228,4	4,7
2.	Куштепинский	203,5	208	4,5
3.	Багдадский	227,9	233	5,1
4.	Бувайдинский	241,5	247,2	5,7
5.	Бешарыкский	238,4	242,8	4,4
6.	Кувинский	270,7	275,8	5,1
7.	Учкуприкский	236,1	241,4	5,3
8.	Риштанский	212,3	216,9	4,6
9.	Сохский	82,1	83,9	1,8
10.	Ташлакский	214,3	217,6	3,3
11.	Узбекистанский	230,7	236,4	5,7
12.	Ферганский	217,1	221,5	4,4
13.	Дангарский	172,7	177,1	4,4
14.	Фуркатский	124,4	127,1	2,7
15.	Язъяванский	117,2	119,8	2,6
	Всего по сельским районам	3012,6	3076,9	64,3

Анализ общего прироста населения в сельских районах по области показывает, что в период 2023-2024 гг. численность населения увеличилась на 64,3 тыс. человек - с 3012,6 тыс. до 3076,9 тыс. человек. Наибольший прирост наблюдается в Бувайдинском и Узбекистанском районах области – по каждому району составляет 5,7 тыс. человек. Самый наименьший показатель приходится Сохскому району (+1,8 тыс. человек).

Самый густонаселенный район по области Кувинский - 275,8 тыс. человек на 2024 г., где плотность населения составляет 638 человека на кв.км. Ситуация с занятостью по Ферганской области более неоднородна и характеризуется как ростом, так и спадом в отдельных районах (табл.2).

Число занятых в целом по сельским районам по области выросло на 6,4 тыс. человек (табл.2). Наибольший рост числа занятых зафиксирован в Алтиарыкском (+3,3) и Сохском (+2,7) районах. В 5 из 15 районов количество занятых сократилось. Наиболее заметное снижение произошло в Бувайдинском (-2,0), Бешарыкском (-1,2) и Ферганском (-1,0) районах.

Наблюдается диспропорция между ростом населения и темпами занятости. В то время как население выросло на 64,3 тыс., число занятых увеличилось лишь на 6,4 тыс., что составляет менее 10% от общего прироста населения.

Таблица 2

Динамика занятых в сельских районах Ферганской области на период 2023-2024 гг.

№	Районы	2023 г.	2024 г.	Изменение (+;-)
1.	Алтиарыкский	90	93,3	3,3
2.	Куштепинский	81,2	80,3	-0,9
3.	Багдадский	88,5	88,9	0,4
4.	Бувайдинский	91,2	89,2	-2,0
5.	Бешарыкский	91,4	90,2	-1,2
6.	Кувинский	105,7	104,8	-0,9
7.	Учкуприкский	91,2	92,2	1,0
8.	Риштанский	82,3	83,2	0,9
9.	Сохский	29,9	32,6	2,7
10.	Ташлакский	85,3	84,8	-0,5
11.	Узбекистанский	89,4	90,4	1,0
12.	Ферганский	85,6	84,6	-1,0
13.	Дангарский	63,4	63,9	0,5
14.	Фуркатский	47	48,8	1,8
15.	Язъяванский	47,3	48,6	1,3
	Всего по сельским районам	1169,4	1175,8	6,4

Анализ данных за 2023–2024 гг. показывает неоднозначную связь между ростом населения и уровнем занятости в сельских районах Ферганской области. В то время как общая численность сельского населения выросла на 64,3 тыс. человек, число занятых увеличилось лишь на 6,4 тыс. человек. Это говорит о том, что темпы создания рабочих мест значительно отстают от демографического роста. К районам с положительной динамикой можно отнести Алтиарыкский район, где рост населения за изучаемый период составляет 4,7 тыс. человек и увеличение количества занятых равен 3,3 тыс. человек. Такое же динамическое увеличение населения и занятости наблюдается в Сохском районе (+1,8 тыс. населения / +2,7 тыс. занятых).

Есть отрицательная тенденция в динамических данных, которая выражается в снижении занятости при росте народонаселения сельского района: в Бувайдинском районе несмотря на значительное увеличение населения (+5,7 тыс.), занятость рабочей силы снизился на 2,0 тыс. человек. А в Бешарыкском районе при росте населения на 4,4 тыс. человек показатель занятости снизился на 1,2 тыс. человек. Куштепинский, Кувинский, Ташлакский и Ферганский районы Ферганской области также демонстрируют отрицательную динамику занятости на фоне растущего населения. В большинстве сельских районов наблюдается дефицит новых рабочих мест, что может приводить к росту избыточных трудовых ресурсов, несмотря на общий демографический подъем.

Обсуждение. Исследования по сферам и направлениям занятости показало три основных вектора изменений структуры рабочих мест в области: появление «умных ферм» требует операторов дронов, аналитиков данных и инженеров роботизированных систем вместо разнорабочих в связи с внедрением инновационных методов в сельскохозяйственном производстве. По данным AI до 15% трудоспособного сельского населения (преимущественно молодежь) переходит в сферу e-commerce, онлайн-образования и IT, не покидая места жительства. Также необходимо отметить рост использования маркетплейсов для реализации фермерской продукции напрямую потребителю, что повышает самозанятость населения сельского района.

Ферганская область остается одним из самых густонаселенных регионов страны (плотность населения — более 613 человек на кв. км) [9]. Несмотря на общереспубликанский тренд к постепенному снижению рождаемости, естественный прирост в области остается высоким, что ежегодно увеличивает нагрузку на рынок труда за счет притока молодежи.

Несмотря на позитивные сдвиги, цифровизация несет риски «технологической безработицы» для лиц с низкой квалификацией. Низкий уровень квалификации рабочей силы в условиях инновационных технологий и новейших механизмов ведения агропромышленных и кластерных хозяйств. Несмотря на глобализацию и интенсификацию производства сельское хозяйство все ещё обеспечивает рабочими местами значительную часть населения, особенно в сельской местности, способствуя снижению безработицы.

Заключение. Анализ выявил существенный разрыв в темпах роста: при значительном увеличении численности населения в сельской местности, темпы создания новых рабочих мест в ряде районов (Бувайдинский, Бешарыкский) не успевают за демографическим ростом. Это приводит к накоплению избыточных трудовых ресурсов и сохранению уровня безработицы в некоторых районах 7%. Особую роль начали играть меры по легализации самозанятых и развитию надомного труда.

Результаты анализа подчеркивают неоднородность развития, например, точки роста наблюдается в двух районах: Алтиарыкский и Сохский районы демонстрируют гармоничное сочетание роста населения и расширения занятости. В то же время ряд районов (Бувайдинский, Бешарыкский, Куштепинский, Ташлакский, Кувинский и Ферганские районы) с отрицательной динамикой занятости на фоне растущего населения требуют пересмотра инвестиционной политики и усиления мер по поддержке малого бизнеса, а также подготовки квалифицированных кадров в новых и высокотехнологических сферах занятости.

Анализ динамики населения на отдельно взятом секторе рынка труда и роста показателей занятости рабочей силы способствует ускоренному созданию высокотехнологичных рабочих мест на сельских местностях, способных конкурировать по уровню доходов с предложениями на других секторах рынках труда.

Список литературы

[1]. Абдурахманов К.Х. Экономика труда. Теория и практика: Учебник: К. Х. Абдурахманов.-М.: ФГБОУ ВО «РЭУ им. Г. Плеханова», 2019.-662 с.

[2]. Kholmuminov, S.R. (2022), Basis for developing digital integrated models for the development of the rural Labor Market in Labor-Sufficient regions. Journal of Financial Technology and Innovation, 1(1), 27-35.

[3]. T Aybek, A Fozilov (2021). Current issues of training qualified personnel// Central Asian Journal of Innovations on Tourism Management and Finance. Volume 5, №11. P.20-24

[4]. Ташпулатов, А. (2020) Некоторые аспекты моделирования сельского рынка труда// Материалы международной научно-практической конференции «Инноватика в современном мире: опыт, проблемы и перспективы развития», г.Уфа, стр. 65-74.
[5]. Yuldashev, N.K., Nabokov, V.I., Nekrasov, K.V., Tursunov B.O. (2020), Modernization and intensification of agriculture in the republic of Uzbekistan. E3S Web of Conferences, 222, 6033.
[6]. Ключевые показатели рынка труда// https://www.ilo.org/sites/default/files/ wcmsp5/groups/ public/@dgreports/ @stat/documents/publication/wcms_498941.pdf
[7]. Развитие сельского хозяйства Республики Узбекистан. Элекронный ресурс: https://gov.uz/ru/agro/news/view/42043
[8]. Ферганская область привлечет $8,2 млрд инвестиций и запустит десятки новых проектов. Электронный ресурс: https://caravan-info.uz/ru/ekonomika/213209-ferganskaya-oblast-privlechet-82-mlrd-investitsiy-i-zapustit-desyatki-novyh-proektov.html
[9]. Электронный ресурс:https://farstat.uz/uz/rasmiy-statistika/demography-2.html

ZAMONAVIY TA’LIM TIZIMIDA FAOL VA TAJRIBAGA ASOSLANGAN PEDAGOGIK KOMPETENTLIKNI RIVOJLANTIRISHNING NAZARIY VA AMALIY ASOSLARI

X.X. Rajabova

Farg‘ona davlat texnika universiteti
ORSID 009-00215630518
e-mail: xurshida.rajabova@fstu.uz
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu maqolada zamonaviy ta’lim tizimida pedagogik kompetentlikni rivojlantirishning nazariy va amaliy asoslari tahlil qilingan bo‘lib, unda uning faol va tajribaviy shakllari, kasbiy rivojlanishdagi o‘rni hamda zamonaviy ta’lim yondashuvlari bilan bog‘liqligi pedagogik kompetentlikning integrativ va dinamik tabiati, faol ta’lim, refleksiya va raqamli texnologiyalar uning asosiy rivojlantiruvchi omillari, pedagogik kompetentlik uzluksiz rivojlanuvchi tizim ekanligi, o‘qituvchi esa innovator va fasilitator sifatida faoliyat yuritishi zarurligi haqida so‘z yuritlgan.*

Kalit so‘zlar: *pedagogik kompetentlik, faol ta’lim, tajribaga asoslangan o‘qitish, refleksiya, konstruktivistik yondashuv, raqamli ta’lim, professional rivojlanish, pedagogik innovatsiya, kasbiy kompetensiya, ta’lim sifati*

Аннотация: *В данной статье рассматриваются теоретические и практические основы развития педагогической компетентности в современной системе образования. Анализируется роль активных и практико-ориентированных методов обучения в повышении профессионального мастерства преподавателя. Также рассматривается значение инновационных методов и интерактивных технологий в формировании педагогической компетентности. Результаты исследования показывают положительное влияние данных подходов на профессиональное развитие педагогов.*

Ключевые слова: *педагогическая компетентность, современное образование, активное обучение, практико-ориентированное обучение, инновационные методы, интерактивные технологии, профессиональное развитие*

Abstract: *This article discusses the theoretical and practical foundations of developing pedagogical competence in the modern education system. The role of active and practice-oriented teaching methods in improving teachers’ professional skills is analyzed. The importance of innovative methods and interactive learning technologies in forming pedagogical competence is also considered. The results of the study demonstrate the positive impact of these approaches on teachers’ professional development.*

Keywords: *pedagogical competence, modern education, active learning, practice-based teaching, innovative methods, interactive technologies, professional development*

Kirish

Zamonaviy ta’lim tizimi tezkor global o‘zgarishlar, raqamli transformatsiya va ijtimoiy-iqtisodiy yangilanishlar sharoitida uzluksiz moslashuvchanlikni talab etadi [12, 12]. Bugungi kunda ta’lim jarayoni nafaqat an’anaviy bilim uzatish tizimi sifatida, balki innovatsion rivojlanish, raqamli kompetensiyalarni shakllantirish va inson kapitalini rivojlantirishning strategik omili sifatida

qaralmoqda [21, 45]. Ushbu jarayonda pedagogning roli sezilarli darajada kengayib, u endilikda faqat bilim beruvchi emas, balki ta’lim jarayonini boshqaruvchi, yo‘naltiruvchi, motivatsiya beruvchi hamda innovatsion yondashuvlarni amaliyotga tatbiq etuvchi subyektga aylanmoqda [19, 67]. Shu bois, pedagogdan nafaqat nazariy bilimlar, balki faol, ijodiy va tajribaga asoslangan kasbiy kompetensiyalarni egallash talab etiladi [8, 23].

Pedagogik kompetentlik — bu o‘qituvchining kasbiy bilimlari, amaliy ko‘nikmalari, metodik malakasi, qadriyatlari hamda shaxsiy-psixologik sifatlarining yaxlit integrativ tizimi bo‘lib, u ta’lim jarayonini samarali, sifatli va natijador tashkil etishga xizmat qiladi [16, 89]. Ushbu kompetentlikning rivojlanishida faol va tajribaga asoslangan yondashuvlar alohida ahamiyat kasb etadi, chunki ular pedagogning real pedagogik vaziyatlarda to‘g‘ri qaror qabul qilish, muammoli holatlarni tahlil etish hamda kasbiy refleksiyani shakllantirish imkoniyatlarini kengaytiradi [10, 34].

O‘zbekiston Respublikasida so‘nggi yillarda ta’lim tizimini tubdan isloh qilish, pedagog kadrlarning kasbiy kompetentligini oshirish va zamonaviy ta’lim standartlarini joriy etish bo‘yicha keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda [2, 5]. Xususan, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “2020–2025 yillarda xalq ta’limi tizimini rivojlantirish konsepsiyasi”, “Pedagog kadrlarning uzluksiz kasbiy rivojlanish tizimini takomillashtirish to‘g‘risida”gi qarorlari, shuningdek, 2022–2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi doirasida ta’lim sifatini oshirish, o‘qituvchilarning malakasini uzluksiz rivojlantirish hamda raqamli ta’lim muhitini keng joriy etish ustuvor yo‘nalishlar sifatida belgilangan [1, 14].

Mazkur hujjatlarda pedagogning kasbiy rivojlanishi uzluksiz jarayon sifatida qaralib, unda amaliy tajriba, innovatsion yondashuvlar va refleksiv tahlil asosiy omillar sifatida ko‘rsatib o‘tilgan [3, 22]. Shu bilan birga, mamlakatda “Ustoz-shogird” an’anasini zamonaviy kompetensiya yondashuvlari bilan uyg‘unlashtirish, malaka oshirish tizimini kredit-modul asosida tashkil etish hamda raqamli platformalar orqali pedagogik kompetentlikni rivojlantirish bo‘yicha amaliy ishlar olib borilmoqda [4, 41].

Bugungi kunda zamonaviy ta’lim paradigmasida konstruktivistik yondashuv, ya’ni bilimni o‘quvchi tomonidan faol qurish tamoyili, amaliy faoliyatga asoslangan o‘qitish (experiential learning) hamda refleksiv tahlil kompetentlikni rivojlantirishning asosiy metodologik asoslari sifatida e’tirof etilmoqda [14, 58]. Ushbu yondashuvlar pedagogik faoliyatni yanada dinamik, interaktiv va samarali qilishga xizmat qiladi hamda pedagogning kasbiy rivojlanish jarayonini uzluksiz va tizimli modelga aylantiradi [9, 77].

2. Metodlar (Methods)

Ushbu tadqiqotda quyidagi ilmiy metodlardan foydalanildi:

2.1. Nazariy tahlil – pedagogik kompetentlikka oid mahalliy va xorijiy adabiyotlar o‘rganildi;

2.2. Qiyosiy tahlil – an’anaviy va zamonaviy o‘qitish modellari solishtirildi;

2.3. Sintez va umumlashtirish – faol va tajribaviy o‘qitish elementlari tizimlashtirildi;

2.4. Kuzatuv metodi – ta’lim jarayonida pedagoglarning amaliy faoliyati tahlil qilindi;

2.5. Refleksiv yondashuv – o‘qituvchilarning o‘z faoliyatini baholash tajribalari o‘rganildi.

Mazkur metodlar pedagogik kompetentlikning rivojlanish mexanizmlarini kompleks o‘rganishga imkon berdi.

3. Natija.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy ta’lim tizimida faol va tajribaga asoslangan pedagogik kompetentlik murakkab, ko‘p darajali va integrativ xarakterga ega bo‘lib, u bir nechta o‘zaro bog‘liq psixologik, didaktik va metodik omillar ta’sirida shakllanadi va rivojlanadi. Ushbu jarayonni tahlil qilishda jahon ilmiy maktabi vakillari — J. Dewey, D. Kolb, L. Vygotsky, L. Shulman, D. Schön; MDH olimlari — I. Zimnyaya, A. Leontyev, V. Serikov; hamda O‘zbekiston tadqiqotchilari — N. Azizxodjayeva, M. Mavlonova, R. Barotov va A. To‘xtayevlarning ilmiy qarashlari muhim nazariy asos bo‘lib xizmat qildi.

Avvalo, tadqiqot natijalari shuni tasdiqladiki, faol ta’lim usullaridan foydalanish — jumladan muammoli o‘qitish, loyiha asosidagi ta’lim va interaktiv metodlar — pedagogik kompetentlikning barcha komponentlariga sezilarli darajada ijobiy ta’sir ko‘rsatadi. J. Deweyning “tajriba orqali

o‘qish” nazariyasiga ko‘ra, bilim tayyor holatda emas, balki faol amaliy faoliyat jarayonida shakllanganda chuqur va barqaror o‘zlashtiriladi [9, 82]. D. Kolb esa tajribaviy o‘qitish modelini ishlab chiqib, kompetentlik rivojlanishi “tajriba – refleksiya – konseptualizatsiya – amaliyot” sikli orqali amalga oshishini asoslab bergan [10, 57].

MDH olimasi I. Zimnyaya pedagogik kompetentlikni shaxsning faoliyatga asoslangan integrativ sifati sifatida talqin qilib, uning rivojlanishi amaliy faoliyat va refleksiya bilan bevosita bog‘liqligini ko‘rsatadi [22, 118]. O‘zbek tadqiqotchilari R. Barotov va A. To‘xtayev ham interaktiv metodlar o‘qituvchining kasbiy fikrlashini faollashtirishini va uni innovatsion yondashuvga yo‘naltirishini ta’kidlaydilar [7, 73].

Ikkinchi muhim natija shundan iboratki, tajribaga asoslangan o‘qitish pedagogning amaliy qaror qabul qilish kompetensiyasini sezilarli darajada kuchaytiradi. L. Vygotsky tomonidan ilgari surilgan “yaqin rivojlanish zonasi” nazariyasiga ko‘ra, o‘qituvchi va o‘quvchi o‘rtasidagi hamkorlik faoliyati shaxs rivojlanishining asosiy mexanizmini tashkil etadi [20, 96]. A. Leontyevning faoliyat nazariyasi esa shaxsning psixologik va kasbiy rivojlanishi faqat amaliy faoliyat jarayonida yuzaga kelishini ilmiy asoslab beradi [23, 110].

Tadqiqot natijalari ushbu nazariyalar bilan uyg‘un holda shuni ko‘rsatdiki, real pedagogik vaziyatlarda ishlash o‘qituvchining tezkor tahlil qilish, muammoli holatlarni hal etish va optimal qaror qabul qilish qobiliyatini rivojlantiradi. M. Mavlonova fikriga ko‘ra, pedagogik faoliyatning real muhitda amalga oshirilishi o‘qituvchining metodik moslashuvchanligini kuchaytiradi va uning kasbiy barqarorligini oshiradi [11, 49].

Uchinchi natija refleksiyaning pedagogik kompetentlikni shakllantirishdagi hal qiluvchi rolini tasdiqladi. D. Schön “reflektiv amaliyotchi” konsepsiyasida professional o‘sishning asosiy omili sifatida o‘z faoliyatini doimiy tahlil qilish va qayta baholashni ko‘rsatadi [15, 41]. L. Shulman esa pedagogik bilimlar tizimi faqat nazariy bilimlar emas, balki refleksiv tahlil orqali shakllanadigan “pedagogik bilimlar bazasi” ekanligini ta’kidlaydi [16, 92].

O‘zbekistonlik olima N. Azizxodjayeva pedagogik refleksiyani o‘qituvchining o‘z faoliyatini tahlil qilish, xatolarni aniqlash va ularni tuzatish orqali kasbiy o‘sish mexanizmi sifatida izohlaydi [6, 77]. Tadqiqot natijalari ham bu fikrni tasdiqlab, refleksiya pedagogik kompetentlikning ichki rivojlantiruvchi mexanizmi ekanini ko‘rsatdi.

To‘rtinchi natija pedagogik kompetentlikning eng yuqori darajasi nazariya va amaliyot integratsiyasi asosida shakllanishini tasdiqladi. UNESCO va OECD tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda ham pedagogik sifatni oshirishda nazariy bilimlar va amaliy faoliyatning uyg‘unligi eng muhim omil sifatida e’tirof etiladi [18, 45]. L. Shulman nazariy bilimni amaliy kontekst bilan bog‘lashni “pedagogik ekspertiza” deb atab, bu jarayonni professional kompetentlikning asosiy sharti sifatida ko‘rsatadi [16, 97].

O‘zbek tadqiqotchilari ham pedagogik tayyorgarlikda nazariya va amaliyotning uzviy integratsiyasi zarurligini ta’kidlaydilar, chunki bu yondashuv o‘qituvchining kasbiy moslashuvchanligini oshiradi va uning samaradorligini kuchaytiradi [11, 52].

Beshinchi natija zamonaviy raqamli texnologiyalarning pedagogik kompetentlikka kuchli transformatsion ta’sir ko‘rsatayotganini tasdiqladi. Raqamli ta’lim platformalari, sun’iy intellekt asosidagi o‘qitish tizimlari, virtual laboratoriyalar va simulyatsion muhitlar pedagogning innovatsion fikrlashini rivojlantiradi hamda uning raqamli kompetensiyalarini kengaytiradi. UNESCO (2023) hisobotida raqamli ta’lim XXI asr pedagogik kompetentligining ajralmas qismi sifatida ko‘rsatilgan [17, 19].

OECD tadqiqotlariga ko‘ra, raqamli texnologiyalar o‘qituvchining moslashuvchanligini oshiradi, ta’limni individualizatsiya qilish va o‘quv jarayonini optimallashtirish imkonini beradi [17, 66]. O‘zbekistonda esa “Raqamli O‘zbekiston–2030” strategiyasi doirasida pedagoglarning raqamli kompetentligini rivojlantirish davlat siyosati darajasiga ko‘tarilgan [5, 28].

Umuman olganda, tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy ta’lim tizimida pedagogik kompetentlik statik tushuncha emas, balki doimiy rivojlanib boruvchi dinamik tizimdir. U faol ta’lim metodlari, tajribaviy o‘qitish, refleksiya va raqamli texnologiyalar integratsiyasi asosida

shakllanadi. Ushbu omillar uyg‘unligi pedagogning kasbiy salohiyatini oshiradi, uning innovatsion fikrlashini kuchaytiradi va ta’lim sifatini yangi bosqichga olib chiqadi.

4. Muxokama.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy ta’lim tizimida pedagogik kompetentlik statik, qat’iy belgilangan malaka emas, balki uzluksiz rivojlanib boruvchi, dinamik va ko‘p komponentli kasbiy hodisa hisoblanadi. Ushbu xulosa xalqaro miqyosdagi bir qator ilmiy konsepsiyalar bilan uyg‘unlashadi. Xususan, L. Shulman tomonidan ilgari surilgan pedagogik bilimlar bazasi modeli, D. Kolbning tajribaviy o‘qitish sikli hamda D. Schönning reflektiv amaliyot nazariyasi pedagogik kompetentlikning doimiy yangilanib boruvchi xarakterga ega ekanligini ilmiy jihatdan asoslaydi. Shuningdek, L. Vygotskiyning ijtimoiy konstruktivizm g‘oyalari pedagogik kompetentlikning ijtimoiy o‘zaro ta’sir jarayonida shakllanishini tasdiqlaydi.

Faol ta’lim yondashuvlarining samaradorligi bo‘yicha olingan natijalar shuni ko‘rsatadiki, zamonaviy pedagog faqat bilim uzatuvchi subyekt emas, balki ta’lim jarayonining tashkilotchisi, yo‘naltiruvchisi va fasilitatori sifatida namoyon bo‘ladi. Bu yondashuv J. Deweyning “learning by doing” tamoyili bilan bevosita bog‘liq bo‘lib, unda o‘quvchi markaziy o‘ringa chiqadi, o‘qituvchi esa o‘quv faoliyatini boshqaruvchi va yo‘naltiruvchi rolni bajaradi. Natijalar shuni tasdiqlaydiki, faol ta’lim muhitida pedagogning kommunikativ kompetensiyasi, metodik moslashuvchanligi va innovatsion yondashuvlari sezilarli darajada rivojlanadi. Shu bilan birga, o‘qituvchining rol o‘zgarishi — “ma’lumot beruvchi”dan “ta’lim muhitini yaratuvchi shaxs”ga aylanishi — zamonaviy ta’lim paradigmasining asosiy xususiyatlaridan biri sifatida namoyon bo‘lmoqda.

Tajribaga asoslangan o‘qitish (experiential learning) bo‘yicha olingan natijalar D. Kolb modelining amaliy tasdig‘i sifatida talqin qilinadi. Ushbu modelga ko‘ra, o‘qituvchi kasbiy rivojlanishi to‘rt bosqichli sikl — konkret tajriba, reflektiv kuzatuv, abstrakt konseptualizatsiya va faol eksperiment orqali amalga oshadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, real pedagogik vaziyatlarda ishlash o‘qituvchilarda nafaqat nazariy bilimlarni mustahkamlash, balki tezkor qaror qabul qilish, muammoli vaziyatlarni tahlil qilish va alternativ yechimlarni ishlab chiqish ko‘nikmalarini ham shakllantiradi. Bu jarayonda refleksiya markaziy o‘rin egallab, pedagog o‘z faoliyatini tanqidiy tahlil qilish orqali doimiy o‘z-o‘zini rivojlantirishga erishadi. D. Schön ta’kidlaganidek, “refleksiya amalda va amaldan keyin” professional o‘sishning asosiy mexanizmi hisoblanadi.

Shuningdek, tadqiqot natijalari hamkorlikda o‘qitish (collaborative learning) va mentorlik tizimlarining pedagogik kompetentlikni rivojlantirishdagi muhim rolini tasdiqlaydi. Xalqaro tajribada, xususan OECD va UNESCO tomonidan olib borilgan tadqiqotlarda, o‘qituvchilarning professional rivojlanishi individual jarayon emas, balki jamoaviy va institutsional qo‘llab-quvvatlash tizimiga bog‘liq ekani ta’kidlanadi. Mentorlik tizimi yosh o‘qituvchilarning kasbiy adaptatsiyasini tezlashtiradi, tajribali pedagoglar esa o‘z bilim va ko‘nikmalarini uzatish orqali o‘zlarining reflektiv kompetensiyalarini yanada rivojlantiradilar. Bu jarayon “professional learning community” (kasbiy o‘quv jamoasi) konsepsiyasi bilan hamohang bo‘lib, unda doimiy tajriba almashish va hamkorlik asosiy o‘rinni egallaydi.

Bundan tashqari, uzluksiz kasbiy rivojlanish dasturlari (Continuous Professional Development – CPD) pedagogik kompetentlikni oshirishning muhim institutsional mexanizmi sifatida namoyon bo‘lmoqda. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, muntazam treninglar, seminarlar va malaka oshirish kurslari o‘qituvchilarning innovatsion fikrlashini kengaytiradi, ularning metodik repertuarini boyitadi va ta’lim jarayoniga moslashuvchan yondashuvni shakllantiradi. O‘zbekiston ta’lim tizimida ham ushbu yo‘nalishda islohotlar amalga oshirilib, pedagoglarning malakasini oshirish tizimi modernizatsiya qilinmoqda.

Xulosa. Olib borilgan tadqiqot natijalari zamonaviy ta’lim tizimida pedagogik kompetentlikning mohiyati va rivojlanish xususiyatlarini chuqur tahlil qilish asosida bir qator ilmiy xulosalarni shakllantirish imkonini berdi. Avvalo, shuni ta’kidlash lozimki, pedagogik kompetentlik statik, ya’ni o‘zgarmas yoki faqat diplom va malaka bilan cheklanadigan tushuncha emas, balki doimiy ravishda yangilanib boruvchi, dinamik va ko‘p darajali kasbiy-psixologik jarayon sifatida namoyon bo‘ladi. Ushbu holat zamonaviy pedagogik paradigmalarning transformatsiyasi,

ta’limning inson kapitalini rivojlantirishdagi o‘rni hamda raqamli jamiyat talablarining o‘zgarishi bilan bevosita bog‘liqdir.

Tadqiqot davomida olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, faol (active learning) va tajribaga asoslangan (experiential learning) ta’lim yondashuvlari pedagogik kompetentlikni shakllantirish va rivojlantirishning eng samarali mexanizmlaridan biri hisoblanadi. Bunday yondashuvlar o‘qituvchini an’anaviy “bilim uzatuvchi” rolidan chiqarib, uni ta’lim jarayonining tashkilotchisi, fasilitatori va innovatori sifatida shakllantiradi. Natijada pedagogning kasbiy faoliyatida metodik moslashuvchanlik, kreativ yondashuv va muammoli vaziyatlarda tezkor qaror qabul qilish kompetensiyasi sezilarli darajada rivojlanadi.

Shuningdek, tadqiqot natijalari refleksiv faoliyatning pedagogik kompetentlikni rivojlantirishdagi hal qiluvchi ahamiyatga ega ekanligini tasdiqladi. O‘qituvchining o‘z pedagogik faoliyatini muntazam tahlil qilishi, erishilgan natijalarni baholashi hamda kamchiliklar ustida ishlashi uning kasbiy o‘sishining asosiy sharti sifatida namoyon bo‘ladi. Bu jarayon D. Schön tomonidan ilgari surilgan “reflektiv amaliyotchi” konsepsiyasi bilan uyg‘un bo‘lib, pedagogning doimiy o‘zini takomillashtirib boruvchi subyekt sifatidagi rolini mustahkamlaydi.

Bundan tashqari, tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, pedagogik kompetentlikni rivojlantirishda nazariya va amaliyot integratsiyasi muhim o‘rin tutadi. Nazariy bilimlarning real pedagogik faoliyat bilan uyg‘unlashuvi o‘qituvchining kasbiy tafakkurini kengaytiradi, uning pedagogik qarorlar qabul qilishdagi asoslanganlik darajasini oshiradi hamda ta’lim jarayonining samaradorligini ta’minlaydi. Ushbu holat xalqaro (UNESCO, OECD) va mahalliy tadqiqotlarda ham pedagogik sifatni oshirishning asosiy sharti sifatida e’tirof etilgan.

Shu bilan birga, zamonaviy ta’lim tizimida raqamli texnologiyalarning jadal rivojlanishi pedagogik kompetentlikning yangi – raqamli kompetensiyalar bilan boyitilgan shaklini shakllantirmoqda. Bu esa o‘qituvchidan faqat an’anaviy pedagogik bilimlarni emas, balki axborot texnologiyalaridan samarali foydalanish, raqamli ta’lim muhitini boshqarish va innovatsion didaktik vositalarni qo‘llash ko‘nikmalarini ham talab etadi.

Umumiy xulosa sifatida shuni ta’kidlash joizki, zamonaviy ta’lim tizimida pedagogik kompetentlikning faol va tajribaga asoslangan shakllarini rivojlantirish ta’lim sifatini oshirishning strategik yo‘nalishlaridan biridir. Pedagogning doimiy kasbiy o‘z-o‘zini rivojlantirishi, refleksiv yondashuvi, innovatsion va kreativ metodlardan foydalanishi uning kasbiy kompetentligini mustahkamlovchi asosiy omillar hisoblanadi. Kelajak ta’limi esa yuqori darajada moslashuvchan, ijodkor, raqamli texnologiyalarni chuqur egallagan hamda tajribaga tayangan pedagoglarni talab etadi.

Demak, pedagogik kompetentlikni rivojlantirish uzluksiz, tizimli va integrativ jarayon bo‘lib, u ta’lim tizimining barcha bosqichlarida nazariy tayyorgarlik, amaliy faoliyat, refleksiya hamda innovatsion yondashuvlarning uyg‘unligini taqozo etadi.

Adabiyotlar

[1]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Farmoni. “Yangi O‘zbekiston taraqqiyot strategiyasi 2022–2026”. Toshkent, 2022. — 48 b.

[2]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining qarori. “2020–2025 yillarda xalq ta’limi tizimini rivojlantirish konsepsiyasi”. Toshkent, 2020. — 36 b.

[3]. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi qarorlari: pedagog kadrlar malakasini oshirish tizimi bo‘yicha me’yoriy hujjatlar. Toshkent, 2021–2024. — 72 b.

[4]. O‘zbekiston Respublikasi Xalq ta’limi vazirligi. Pedagog kadrlarni uzluksiz kasbiy rivojlantirish tizimi bo‘yicha metodik qo‘llanma. Toshkent, 2023. — 64 b.

[5]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidenti Farmoni. “Raqamli O‘zbekiston–2030 strategiyasi”. Toshkent, 2020. — 52 b.

[6]. Azizxodjayeva N. Pedagogik texnologiyalar. Toshkent, 2018. - 224 b.

[7]. Baratov R., To‘xtayev A. Pedagogik psixologiya. Toshkent, 2019. — 198 b.

[8]. Darling-Hammond, L. Teacher Education around the World. Routledge, 2017. — 312 p.

[9]. Dewey, J. Experience and Education. New York: Macmillan, 1938. — 96 p.

[10]. Kolb, D. A. Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development. Prentice Hall, 1984. — 256 p.

[11]. Mavlonova M. Pedagogika nazariyasi va amaliyoti. Toshkent, 2021. - 280 b.

[12]. OECD. Education at a Glance 2023. Paris: OECD Publishing, 2023. - 450 p.
[13]. OECD. Teaching and Learning International Survey (TALIS), 2023. - 380 p.
[14]. Piaget, J. The Psychology of Intelligence. Routledge, 1950. — 230 p.
[15]. Schön D. The Reflective Practitioner. Basic Books, 1983. — 374 p.
[16]. Shulman, L. S. Knowledge and Teaching: Foundations of the New Reform. Harvard University Press, 1987. — 210 p.
[17]. UNESCO. Digital Learning Transformation Report. Paris, 2023. — 150 p.
[18]. UNESCO. Global Education Monitoring Report. Paris, 2022. — 420 p.
[19]. Rajabov M.J., Rajabova X.X. Self-consciousness of students in social and psychological mechanisms //Theoretical & Applied Science. – 2019. – №. 12. – С. 176-179.
[20]. Khusanboyevna R.K. Innovative criteria and levels of development of professional competencies of future specialists in the field of information technology //Multidisciplinary Journal of Science and Technology. – 2025. – Т. 5. – №. 2. – С. 300-305.
[21]. Khusanboyevna R.K. The scientific and theoretical foundations for developing the professional competence of future specialists in information technology within the modern educational system //Educator Insights: Journal of Teaching Theory and Practice. – 2025. – Т. 1. – №. 2. – С. 169-177.
[22]. Xusanboyevna R.X. Scientific approaches to pedagogical competence in developed countries //Galaxy International Interdisciplinary Research Journal. – 2023. – Т. 11. – №. 12. – С. 1148-1156.
[23]. Rajabova X.X., Dekhkanova M. B. Ta'lim muassasalarida ta'lim sifati ta'lim-tarbiya jarayonining pirovard natijasi sifatida //Academic research in educational sciences. – 2023. – Т. 4. – №. TMA Conference. – С. 251-255.

INNOVATSION USULDA SIFATLI XOM IPAK ISHLAB CHIQARISHNING AYRIM YO‘LLARI

Sh.X. Muhamadrásulov, B.Q. Qobilov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
ORCID: 0009-0002-2982-2553
e-mail: shamsiddin4626@gmail.com
ORCID: 0009-0001-5488-349X
e-mail: bahodirjonqobilov96@gmail.com
(Qabul qilindi 18.03.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu maqolada ipakchilik sanoatida xom ipak ishlab chiqarish hajmini oshirish bo‘yicha tadqiqot natijalari keltirilgan. Pilla tayyorlash hajmini oshirish, ipakchilik sanoatida xom ipak ishlab chiqarishni va mahsulot sifatini yaxshilash bugungi kunning dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi. Ishning maqsadi tut bargi hosildorligini oshishini ta’minlaydigan tutzorlarning yangi tuzilishlarini yaratish va shu orqali ipakchilik sanoatida xom ipak ishlab chiqarish hajmini oshirishdan iborat.*

Kalit so‘zlar: *tutzor, tut bargi, namlik darajasi, tut ipak qurti, yuqori molekulyar polisaxarid, pilla, xom ipak, ipakchilik sanoati, ipakchanlik, sifatli ipak.*

Аннотация. *В этой статье приведены результаты исследования повышения объема производства шелка-сырца. Увеличение объемов коконов, увеличение производства шелка-сырца и качества продукции в шелковой промышленности является одним из актуальных вопросов на сегодняшний день. Цель работы - создание новой схемы тутовых деревьев, которые позволят увеличить выход листьев тутового дерева и тем самым увеличить производство шелка-сырца в шелковой промышленности.*

Ключевые слова: *тутовая плантация, тутовый листь, уровень влажности, тутовая шелкопряда, высокомолекулярный полисахарид, кокон, шелк-сырец, шелковая промышленность, шелконосность, качественный шелк.*

Annotation. *This article contains the results of a study of increasing the production of siller-raw silk. An increase in cocoon volumes, an increase in the production of raw silk and product quality in the silk industry is one of the current issues today. The purpose of the work is to create a new circuit of mulberry trees, which will increase the output of the leaves of the mulberry tree and thereby increase the production of raw silk in the silk industry.*

Key words*: Tutum plantation, mulberry leaves, humidity level, mulberry silkworm, high molecular weight polysaccharide, cocoon, raw silk, silk industry, silicone, high-quality silk.*

Kirish

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 24.02.2023 yildagi PQ-73-son qarori bilan “Ipakchilik tarmog‘ini yanada rivojlantirish bo‘yicha chora-tadbirlar to‘g‘risida”, ipak qurtini parvarish qilish va pilla yetishtirish jarayonlarini uzluksiz takomillashtirish, pilla, xom ipak, ipak kalava ishlab chiqarish va ularni chuqur qayta ishlashning samarali usullarini keng joriy etish, ipakdan tayyor mahsulot ishlab chiqarishni yo‘lga qo‘yish, sohaning eksport salohiyatini hamda qishloq joylarda aholi bandligi va daromadlari darajasini oshirishni ta’minlaydigan yagona va yaxlit tashkiliy-texnologik tizimni barpo etish asosida pillachilik tarmog‘ini kompleks rivojlantirish masalalari O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 03.05.2024 yildagi PF-72-son “Pilla yetishtirish va ipakchilik sohasida bozor mexanizmlarini joriy qilishni jadallashtirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi farmon va qarorlarida o‘z aksini topgan [1, 2].

Material va metodlar Ipakchilik sanoatini ozuqa bazasini jadal texnologiyalar asosida rivojlantirishda qurtlarning ehtiyojiga yarasha yetarli va sifatli barg bilan ta’minlash talab etiladi. Buning uchun ko‘proq to‘yimli barg yetishtirish muhim hisoblanadi. Tadqiqotda yangi tuzilishdagi tutzorlar yoki tut qatorlarining tut bargidagi oqsillar, aminokislotalar, uglevodlar va kletchatkalarga bo‘lgan ta’siri o‘rganildi. Tadqiqotlar O‘zbekiston Fanlar akademiyasining O‘zbekiston O‘simliklar kimyosi ilmiy tadqiqot institutining sinov laboratoriyasida amaliyotda qo‘llanilayotgan ma’lum metodikalar asosida amalga oshirildi. O‘tkazilgan tadqiqotlarning natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Yangi tuzilishdagi tutzor va tut qatorlarining yetishtirilgan tut barglaridagi oqsil miqdoriga ta’siri

T/p	**Ko‘rsatkich nomi**	**Mavjud tutzor**	**Yangi tutzor**	**Mavjud tut qator**	**Yangi tut qator**
1	**Oqsil**, %	9,8	14,3	13,0	16,2
2	**Oqsil eritmani yutish ko‘rsatkichi**	0,158	0,281	0,219	0,331

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, yangi tuzilishdagi tutzor va tut qatorlarida yetishtirilgan ipak tuti barglarida, mavjud tutzor va tut qatorlarida yetishtirilgan barglarga nisbatan oqsil, aminokislotalar ancha ko‘p bo‘lib, ular ipak qurti uchun yaxshi rivojlanish va to‘yib oziqlanish imkonini yaratadi. Yangi texnologiya bo‘yicha barpo etilgan tutzorlaridan olingan barglar bilan parvarishlangan tup ipak qurti tomonidan olingan pillar institutning sertifikatlangan sinov laboratoriyasida pillalarning o‘rtacha vazni, pilla qobiğinin vazni va pillaning ipakchanlik ko‘rsatkichlari bo‘yicha sinovdan o‘tkazildi. Shundan so‘ng pillaning ko‘rsatkichlari amaldagi **“Mezhgosudarstvennyy standart GOST 31257-2004 Kokony tutovogo shelkopryada zhivye. Tekhnicheskiye usloviya”** va **“Mezhgosudarstvennyy standart GOST 31256-2004 Kokony tutovogo shelkopryada sukhie. Tekhnicheskiye usloviya”** standartlari talablariga muvofiq aniqlandi. Olingan natijalarning tahlili shuni ko‘rsatadiki, yangi yaratilgan agrotexnologiya yetishtirilgan pillalarning texnologik ko‘rsatkichlariga ijobiy ta’sir ko‘rsatgan. Sinovdan o‘tkazilgan pillalar yuqori vazn va ipakchanlikka ega.

2- **jadval**

Sinov boquvchi pillalarini chuvish jarayonida ishlab chiqarilgan xom ipakning texnologik va miqdor ko‘rsatkichlari

№	**Xom ipak assortimenti**	**Ipak mahsulotlarining chiqishi**, %						**Pilla qobiği chuvuvchanligi**, %	**Pillaning solishtirma sarfi, kg/kg**
		Xom ipak	**Pilla losi (sdir)**	**Plenka qobiği**	**Jami ipak mahsuloti**	**G‘umbak**	**Eruvchi mahsulotlar**		
Sinov boquvchi pillalaridan ishlab chiqarilgan xom ipak									
1	2,33 текс	40,12	5,12	3,40	48,64	49,32	2,04	84,76	2,45
2	3,23 текс	40,13	5,15	3,37	48,65	49,3	2,05	84,12	2,45
Korxonada ishlab chiqarilayotgan xom ipak (nazorat)									
3	2,33 текс	35,1	6,85	5,90	47,85	49,1	3,05	84,65	2,85

2-jadvaldagi tadqiqot natijalarini tahlili shuni ko‘rsatadiki, sinov boquvchi pillalaridan ishlab chiqarilgan xom ipakning har ikki assortimenti ham juda yaxshi texnologik ko‘rsatkichlarga ega va xorij urug‘i pillalaridan qolishmaydi. Ishlab chiqarilgan sinov va nazorat xom ipaklarning sifat ko‘rsatkichlari **O‘z DSt 3313:2018** O‘zbekiston davlat standarti talablariga muvofiq, O‘zbekiston tabiiy tolalar ilmiy tadqiqot institutining sertifikatlangan sinov laboratoriyasida aniqlangan. Ushbu davlat standarti talablariga ko‘ra xom ipak 7 ta navga bo‘linadi, ularning eng oliysi 4A, eng pasti D navi hisoblanadi. Ishlab chiqarilgan va nazoratdagi xom ipak assortimentlari bo‘yicha (2,33 va 3,23 teks) 48 soat davomida laboratoriya sharoitida saqlandi, bunda havo harorati 20–22 ℃, nisbiy namlik esa 65 % ni tashkil etdi. Shundan so‘ng ipaklar bir xil sharoitda **O‘z DSt 3313:2018** standarti talablariga muvofiq, O‘zTTITIning sertifikatlangan sinov laboratoriyasida sinovdan o‘tkazildi. Sinovlar vaqtida nazorat ipagi sifatida **“NURLI TONG SILK” MChJ**da ishlab chiqarilgan 2,33 teks chiziqli zichlikli xom ipak ham sinovdan o‘tkazildi [3].

O‘tkazilgan laboratoriya sinovi natijalari **3-jadvalda** keltirilgan

3- **jadval**

Xom ipakning assortimentlari bo‘yicha sifat ko‘rsatkichlari

Belgilar	2,33 **Teks**			3,23 **Teks**			2,33 **Teks** (**Nazorat**)		
	Fakt	**Stan. bo‘yı.**	Navi	Fakt	**Stan. bo‘yı.**	Navi	Fakt	стан. бўйи.	Navi
Chiziqli zichlik bo‘yicha og‘ishish, tex	0,14	0,15	3A	0,17	0,18	3A	0,16	0,18	2A
1- **Notekslik**	146	150	4A	166	170	3A	143	150	4A
2- **Notekslik**	-	10	4A	11	17	3A	-	10	4A
Yirik nuqsonlardan tozaligi, kamida%	98	97	4A	97	97	4A	98	97	4A
Mayda nuqsonlardan tozaligi, kamida%	96	94	4A	95	94	4A	96	97	4A
Eng yomon tozaligi, kamida%	90	90	4A	90	90	4A	90	90	4A
Eng ko‘p og‘ishish, tex	0,37	0,40	3A	0,48	0,49	3A	0,39	0,40	3A
3- **Notekslik**	-	0	1kl.	-	-	1kl.	-	0	1 kl.
Qayta o‘rash qobiliyati, uzilishlar soni	7	10	2kl.	5	10	2kl.	5	10	2 kl.
Nisbiy uzuvchi kuch, cN/tex	32,2	30 dan ortiq	1kl.	31,1	30 dan ortiq	1kl.	31,8	30 dan ortiq	1 kl.
Nisbiy uzilishdagi cho‘zilishi, %	19,0	18 dan ortiq	1kl.	18,8	18 dan ortiq	1kl.	18,7	18 dan ortiq	1 kl.

Yuqoridagi jadvalda keltirilgan tadqiqot natijalarini tahlili shuni ko‘rsatadiki, sinov pillalaridan ishlab chiqarilgan xom ipakning ko‘p ko‘rsatkichlari, ayniqsa har xil nuqsonlardan tozaligi bo‘yicha 4A sifat ko‘rsatkichlari talablariga javob beradi. Ammo amaldagi **O‘z DSt 3313:2018** davlat standarti shartlariga ko‘ra, ishlab chiqarilayotgan xom ipak navi eng past ko‘rsatkich orqali belgilanadi. Shuning uchun ishlab chiqarilgan har ikki (2,33 va 3,23 teks) sinov ipaklari navi 3A deb, nazorat ipagi esa 2A navli deb baholandi.

Xulosa. Yangi agrotexnologiya asosida yetishtirilgan pillalar **O‘zTTITI**ning sertifikatlangan sinov laboratoriyasida donalab chuvish usulida tadqiq qilingan. Sinov boquvchi orqali yetishtirilgan pillalar, nazorat boquvchida yetishtirilgan pillalarga nisbatan juda yaxshi texnologik ko‘rsatkichlarga ega ekanligi tasdiqlandi. Yetishtirilgan pillalardan olingan xom ipaklar **O‘z DSt 3313:2018** davlat standarti talablariga muvofiq 3A sifat navi bilan baholandi.

Adabiyotlar

[1]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmoni, 03.05.2024 yildagi PF-72-son “Pilla yetishtirish va ipakchilik sohasida bozor mexanizmlarini joriy qilishni jadallashtirish bo‘yicha qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”.

[2]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining qarori, 24.02.2023 yildagi PQ-73-son “Ipakchilik tarmog‘ini yanada rivojlantirish bo‘yicha chora-tadbirlar to‘g‘risida”.

[3]. **O‘zDSt 3313:2018** O‘zbekiston Respublikasi davlat standarti. “Xom ipak. Texnik shartlar” / Toshkent, O‘zbekistonstandartlashtirish, metrologiya va sertifikatlash agentligi, 2018, 40 s.

KIYIM ISHLAB CHIQARISHDA SUVNI TEJASH TEXNOLOGIYALARI

G.A. Mirboboyeva M.N. Baxromova

Farg‘ona davlat texnika universiteti
ORCID: 0009-0000-7507-8580
gulxayomirboboyeva898@gmail.com
madinabaxromova37@gmail.com
(Qabul qilindi 18.03.2026 y.)

Annotatsiya:*Ushbu maqolada kiyim ishlab chiqarish jarayonida suv resurslaridan oqilona foydalanish masalalari tahlil qilinadi. Ayniqsa, to‘qimachilik sanoatida suv sarfini kamaytirishga qaratilgan zamonaviy texnologiyalar, jumladan, suvni qayta ishlash tizimlari, kam suv talab qiluvchi bo‘yash usullari hamda innovatsion ishlab chiqarish yechimlari yoritib beriladi. Shuningdek, ekologik barqarorlikni ta’minlashda suvni tejash texnologiyalarining ahamiyati va ularning sanoat samaradorligiga ta’siri ko‘rib chiqiladi.*

Kalit so‘zlar: *Suvni tejash, kiyim ishlab chiqarish, ekologik texnologiyalar, bo‘yash jarayoni, yengil sanoat, aqlli ishlab chiqarish, energiya va suv samaradorligi*

Аннотация: *В данной статье рассматриваются вопросы рационального использования водных ресурсов в процессе производства одежды. Особое внимание уделяется современным технологиям, направленным на снижение потребления воды в текстильной промышленности, включая системы повторного использования воды, методы окрашивания с минимальным расходом воды, а также инновационные производственные решения. Также анализируется значение водосберегающих технологий для обеспечения экологической устойчивости и их влияние на эффективность производства.*

Ключевые слова: *Сбережение воды, производство одежды, экологические технологии, процесс окрашивания, лёгкая промышленность, умное производство, эффективность воды и энергии.*

Annatation: *This article examines the efficient use of water resources in clothing manufacturing processes. Particular attention is given to modern technologies aimed at reducing water consumption in the textile industry, including water recycling systems, low-water dyeing methods, and innovative production solutions. The importance of water-saving technologies for ensuring environmental sustainability and their impact on production efficiency are also discussed.*

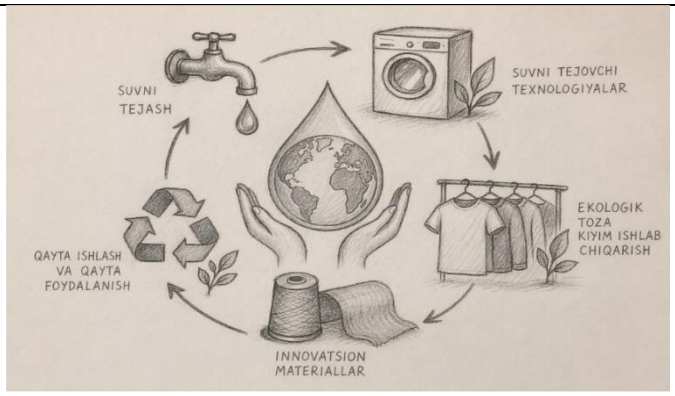
Keywords: *Water conservation, clothing manufacturing, ecological technologies, dyeing process, light industry, smart manufacturing, water and energy efficienc.*

Kirish

Bugungi kunda global suv resurslarining kamayib borishi ekologik va iqtisodiy muammo sifatida dolzarb hisoblanadi, shu sababli kiyim ishlab chiqarish sanoatida suvni tejash texnologiyalarini joriy etish katta ahamiyatga ega, chunki to‘qimachilik sanoati suvni eng ko‘p sarflaydigan tarmoqlardan biri bo‘lib, paxta yetishtirish, mato tayyorlash, bo‘yash, yuvish va qayta ishlash jarayonlarida sezilarli miqdorda suv ishlatiladi, an’anaviy usullarda esa bu suv ko‘pincha ifloslanib chiqadi, natijada atrof-muhitga zarar yetkaziladi va ekologik barqarorlik tahdid ostida qoladi. Shu sababli suvni tejash texnologiyalari orasida suvni qayta ishlash tizimlari va yopiq aylanish tizimlari muhim o‘rin tutadi, bu tizimlarda ishlatilgan suv filtrlanib, tozalanib, yana ishlab chiqarishda qayta ishlatiladi va natijada yangi suv sarfi sezilarli darajada kamayadi, shu bilan birga chiqindi suvning ifloslanish xavfi ham oldi olinadi.

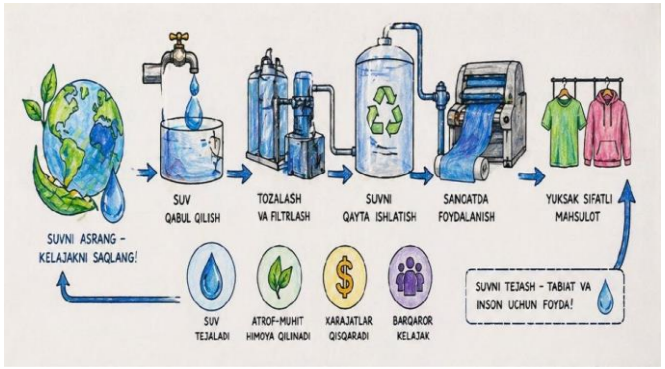
Asosiy qism

Bundan tashqari, kam suv talab qiluvchi bo‘yash texnologiyalari, masalan, pigmentlarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri matoga singdirish, gaz yoki maxsus erituvchilar yordamida bo‘yash va boshqa innovatsion usullar orqali an’anaviy bo‘yash jarayoniga nisbatan suv sarfi kamayadi, bu esa nafaqat ekologik jihatdan foydali, balki ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi va ishchi vaqtini tejaydi. Raqamli bosma digital printing texnologiyasi yordamida naqsh tushirish jarayonida suv minimal ishlatiladi, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlari esa suv sarfini aniq nazorat qiladi, ortiqcha ishlatilishning oldini oladi va ishlab chiqarish jarayonini optimallashtiradi, bu esa inson omilidan kelib chiqadigan xatoliklarni kamaytiradi. Shuningdek, suvni tejash texnologiyalari xomashyo tanlash bilan ham bog‘liq bo‘lib, kam suv talab qiladigan tolalar va qayta ishlangan materiallardan



1-rasm Suvni tejash texnologiyalari.

foydalanish umumiy suv sarfini kamaytiradi, bu esa ishlab chiqarish jarayonini yanada ekologik barqaror qiladi. Bugungi kun innovatsiyalari orasida suvni tejashga qaratilgan avtomatlashtirilgan yuvish va bo‘yash mashinalari, suvni filtrlaydigan va qayta ishlash tizimlari, kam suv ishlaydigan pigmentlar, raqamli mato bosish usullari va yopiq suv aylanish tizimlari mavjud bo‘lib, ular ishlab chiqarish samaradorligini oshiradi, chiqindilarni kamaytiradi va ekologik xavfsizlikni ta’minlaydi. Shu bilan birga, ushbu texnologiyalar iqtisodiy foydani ham oshiradi, chunki suv va energiya xarajatlari sezilarli darajada kamayadi, ishchi kuchi samaradorligi oshadi va ishlab chiqarish jarayonining sifat nazorati osonlashadi. Kelajakda suv resurslari yanada cheklanishi mumkinligini hisobga olsak, kiyim ishlab chiqarishda suvni tejash texnologiyalarini keng joriy etish, innovatsion usullarni rivojlantirish va ekologik barqaror materiallardan foydalanish sanoatning uzluksiz rivojlanishi va tabiatni himoya qilish uchun zarurdir, shuningdek, bu tadbirlar kompaniyalarning ijtimoiy mas’uliyatini oshiradi, iste’molchilar orasida ijobiy imij yaratadi va global ekologik me’yorlarga mos keladigan ishlab chiqarish tizimini shakllantiradi. Kiyim ishlab chiqarish sanoati dunyoda suv sarfi eng yuqori bo‘lgan sohalardan biridir va an’anaviy ishlab chiqarishda bir dona matoni tayyorlash uchun yuzlab litr suv talab qilinadi, shu sababli suvni tejash texnologiyalari ekologik va iqtisodiy jihatdan muhim bo‘lib, mato bo‘yashda Air Dyeing, Waterless Pigment Dyeing va Short-cycle Dyeing kabi usullar suv sarfini sezilarli darajada kamaytiradi, tikuv va ishlov berishda Closed-loop Water Systems, Steam Finishing va nano yoki bio-bazli qoplamalar yordamida suv tejash amalga oshiriladi, raqamli nazorat va sensorli tizimlar suv sarfini real vaqt rejimida kuzatadi, bu texnologiyalar ekologik va iqtisodiy foyda keltiradi, chiqindilar va energiya sarfi kamayadi, ishlab chiqarish samaradorligi oshadi, va kelajakda suvni tejash texnologiyalari yengil sanoatda ekologik barqarorlikni ta’minlashning asosiy vositasiga aylanadi.



2-rasm Suv filterlari.

3-rasm Mato xususiyati.

Kiyim ishlab chiqarishda suvni tejash masalasi global ekologik muammolar bilan bevosita bog‘liq bo‘lib, zamonaviy yondashuvlar bu jarayonni tubdan o‘zgartirishga qaratilgan, masalan, plazma texnologiyasi yordamida mato yuzasiga ishlov berish jarayonida suv va kimyoviy moddalar deyarli ishlatilmaydi, bu esa nafaqat resurslarni tejaydi, balki matoning sifatini ham yaxshilaydi,

superkritik karbon dioksid (CO2) asosida bo‘yash usuli esa suvdan butunlay voz kechib, bo‘yoq moddalarini gaz muhitida matoga singdiradi, natijada chiqindi suv muammosi deyarli yuzaga kelmaydi, bundan tashqari, tomchilatib bo‘yash (low-liquor ratio dyeing) texnologiyasi orqali minimal miqdordagi suvdan foydalanib yuqori sifatli rang berish mumkin bo‘ladi, zamonaviy ishlab chiqarishda aqlli filtratsiya tizimlari, jumladan, teskari osmos va nano-filtrlash usullari yordamida ifloslangan suv chuqur tozalanib, qayta ishlab chiqarish jarayoniga yuboriladi, shuningdek, ultratovush texnologiyasi yordamida matolarni tozalash va bo‘yash jarayonlari tezlashtirilib, suv sarfi kamaytiriladi, ayrim korxonalarda yomg‘ir suvini yig‘ish va undan texnologik jarayonlarda foydalanish amaliyoti ham yo‘lga qo‘yilgan bo‘lib, bu tabiiy resurslardan oqilona foydalanish imkonini beradi, bundan tashqari, suv sarfini kamaytirishga qaratilgan dizayn yondashuvi ham mavjud bo‘lib, bunda kamroq yuvish talab qiladigan, tez quriydigan va kirni kam singdiradigan matolar ishlab chiqiladi, natijada butun mahsulot hayot sikli davomida suv iste’moli qisqaradi, shu bilan birga, ishlab chiqarish jarayonini raqamlashtirish va avtomatlashtirish orqali suvdan foydalanish aniq rejalashtiriladi va ortiqcha sarfning oldi olinadi, bu esa yengil sanoatda resurslarni boshqarishning yangi bosqichini boshlab beradi.

Xulosa

Kiyim ishlab chiqarishda suvni tejash texnologiyalari nafaqat ekologik jihatdan zarur, balki iqtisodiy va ishlab chiqarish samaradorligini oshirish nuqtai nazaridan ham muhim ahamiyatga ega. Suv resurslarining cheklanganligi va atrof-muhitga iflos suv chiqarishning salbiy oqibatlarini hisobga olgan holda, suvni qayta ishlash tizimlari, yopiq aylanish tizimlari, kam suv talab qiluvchi bo‘yash texnologiyalari va raqamli bosma usullari keng joriy etilishi lozim. Shu bilan birga, ekologik barqaror xomashyo va qayta ishlangan materiallardan foydalanish umumiy suv sarfini kamaytiradi, ishlab chiqarish jarayonini optimallashtiradi va chiqindilarni kamaytiradi

Adabiyotlar

[1]. E. McCann To‘qimachilik ishlab chiqarishda suvni tejash texnologiyalari. Woodhead nashriyoti, 2010.
[2]. R. Shishoo Barqaror to‘qimachilik: atrof-muhitga zarar yetkazmaydigan ishlab chiqarish. Woodhead nashriyoti, 2014.
[3]. International Journal of Clothing Science and Technology Kiyim ishlab chiqarishda suvni tejash jarayonlariga oid ilmiy maqolalar.
[4]. ScienceDirect Kiyim ishlab chiqarishda suvni qayta ishlash va kam suv ishlatiladigan bo‘yash usullari bo‘yicha tadqiqotlar.
[5]. Textile Institute Barqaror to‘qimachilik texnologiyalaridagi yutuqlar. Textile Institute, 2016.

УДК 66.074.51:621.928

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 04.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada rotor-filtrli qurilmaning ishchi zonalarida gaz tezligi taqsimoti aktiv filtrlovchi yuza S_{akt} = 0,202; 0,229 va 0,268 m² qiymatlarda tajribaviy jihatdan o‘rganildi. Gaz tezligi qurilmaga kirish, diffuzor, A ishchi yuza, B ishchi yuza, konfuzor va qurilmadan chiqish zonalarida o‘lchandi. 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 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.

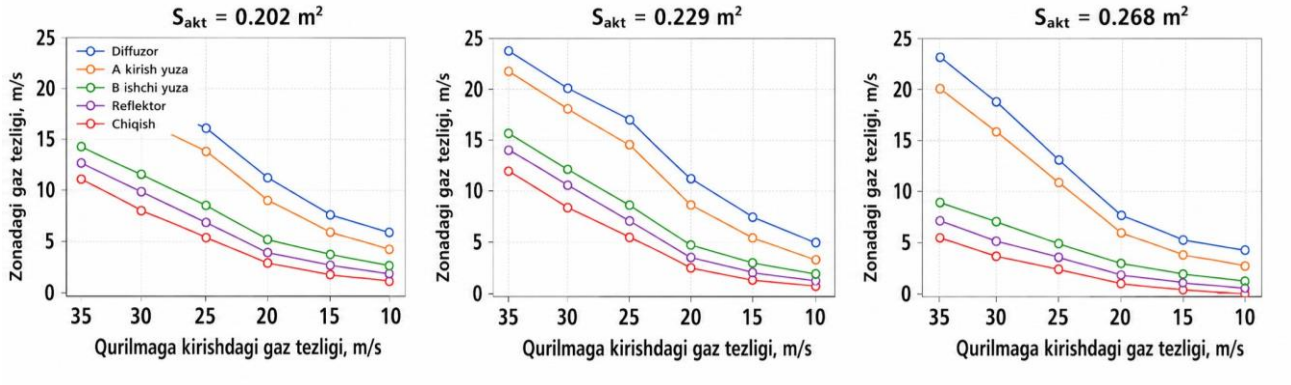
Gazlarni nam usulda tozalash uchun mo‘ljallangan rotor-filtrli qurilmalarda ichki aerodinamik rejimlarni to‘g‘ri tashkil etish katta ahamiyatga ega. Qurilma ichidagi gaz tezligi taqsimoti kontakt yuzasining ishlash samaradorligiga, oqimning qayta taqsimlanish xususiyatiga va umumiy gidrodinamik holatga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, aktiv filtrlovchi yuzaning o‘zgarishi ishchi zonalardagi 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 m² bo‘lgan holatlar qaraldi. Gaz tezligi quyidagi olti zonada o‘lchandi: 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 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].

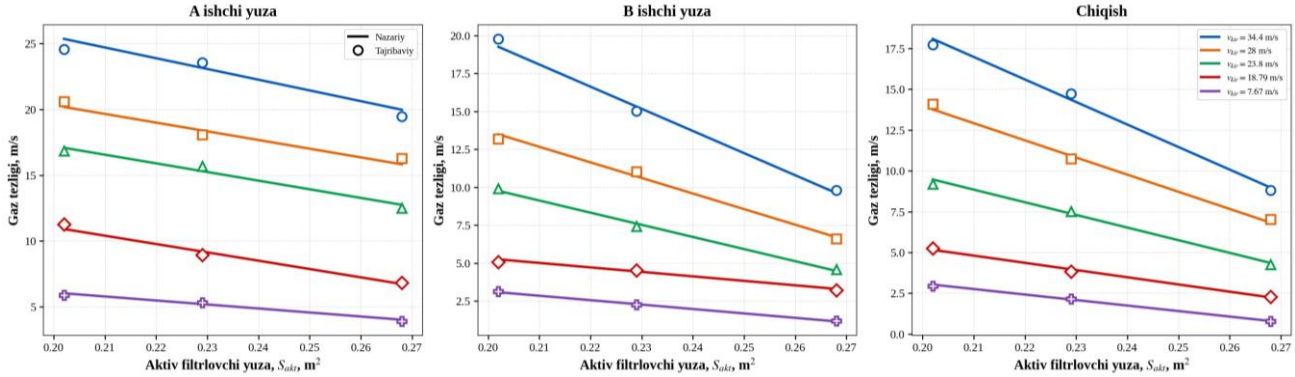
Natijalar.

Tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, barcha holatlarda qurilmaga kirishdagi gaz tezligi ortishi bilan ishchi zonalardagi tezliklar ham ortib boradi. Biroq tezlikning zonalar bo‘yicha taqsimlanish xarakteri aktiv filtrlovchi yuzaga kuchli bog‘liq. 0,202 m² holatda oqim *A* va *B* ishchi yuzalar orqali nisbatan yuqori tezlikda o‘tsa, 0,268 m² 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 m² holatda eng yuqori kirish tezligi v_{kir} = 34,4 m/s bo‘lganda diffuzorda 26,2 m/s, *A* ishchi yuzada 25,4 m/s, *B* ishchi yuzada 18,5 m/s, konfuzorda 14,2 m/s va chiqishda 17,4 m/s qiymatlar qayd etildi. S_akt = 0,229 m² da shu sharoitda ushbu qiymatlar mos ravishda 24,66; 23,1; 16,6; 12,65 va 15,5 m/s ni tashkil qildi. S_akt = 0,268 m² bo‘lganda esa tezliklar yana kamayib, 21,24; 20,0; 9,1; 8,0 va 8,5 m/s bo‘ldi. Demak, aktiv yuza 0,202 m² dan 0,268 m² 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 zonalardagi tezliklar izchil kamayishini yanada aniq ko‘rsatadi. A ishchi yuzada pasayish nisbatan yumshoq bo‘lib, masalan v_{kir} = 28,0 m/s uchun tezlik 20,30 m/s dan 15,9 m/s gacha kamaygan. B ishchi yuzada pasayish ancha kuchli: v_{kir} = 23,8 m/s uchun 9,42 m/s dan 4,25 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. Uchenыy XXI veka, 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., Isomiddinov, 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]. Isomiddinov, A. S., & Davronbekov, A. A. (2021). Issledovanie gidrodinamicheskix rejimov sfericheskoy uglublennoy trubы. 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.

MICROGESLAR VA QISHLOQ HUDUDLARINI ELEKTR ENERGIYASI BILAN TA’MINLASHDA ULARNING ROLI

S.A. Tashpulatov, S.Sh. Mirzaaxmedov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
ORCID:0009-0001-2314-8716 ,
e-mail: sayyodmirzaakhmedov@gmail.com , tel: 98 700 39 41

(Qabul qilindi 18.03.2026 y.)

Annotatsiya: *Mazkur tadqiqot O‘zbekiston irrigatsiya tarmoqlarida mikro gidroelektr stansiyalarni (MicroGES) joylashtirish imkoniyatlarini tahlil qilish hamda ularning qishloq hududlarini elektr energiyasi bilan ta’minlashdagi ahamiyatini baholashga bag‘ishlangan. Farg‘ona viloyati irrigatsiya kanallari misolida geodezik o‘lchovlar, GIS texnologiyalari va energetik hisob-kitoblar asosida MicroGES qurish*

uchun istiqbolli nuqtalar aniqlangan. MCDA modeli yordamida balandlik farqi, suv sarfi, ekologik ta'sir, qurilish xarajatlari va elektr tarmog'iga ulanish masofasi kabi mezonlar bo'yicha eng maqbul joylashuv variantlari baholangan. Tadqiqot natijalari irrigatsiya tarmoqlarida MicroGESlarni joriy etish qishloq hududlarida barqaror, iqtisodiy samarali va ekologik xavfsiz elektr energiyasi ta'minotini shakllantirishda muhim ahamiyat kasb etishini ko'rsatadi.

Kalit so'zlar: *MicroGES, irrigatsiya tarmoqlari, qayta tiklanuvchi energiya, geodezik tahlil, GIS, MCDA, energetik samaradorlik, qishloq hududlari, elektr energiyasi.*

Аннотация*: Данное исследование направлено на анализ возможностей размещения микро гидроэлектростанций (МicroГЭС) в ирригационных сетях Узбекистана, а также на оценку их роли в обеспечении сельских территорий электрической энергией. На примере ирригационных каналов Ферганской области с использованием геодезических измерений, GIS-технологий и энергетических расчетов были определены перспективные точки для строительства МicroГЭС. С помощью модели MCDA были оценены оптимальные варианты размещения по таким критериям, как перепад высот, расход воды, экологическое воздействие, стоимость строительства и расстояние до подключения к электросетям. Результаты исследования показывают, что внедрение МicroГЭС в ирригационные сети имеет важное значение для формирования стабильного, экономически эффективного и экологически устойчивого электроснабжения сельских районов.*

Ключевые слова: *микро-ГЭС, ирригационные сети, возобновляемая энергия, геодезический анализ, ГИС, MCDA, энергетическая эффективность, сельские районы, электроэнергия.*

Annotation: *This study focuses on analyzing the potential for the placement of micro hydropower plants (MicroHPPs) within Uzbekistan's irrigation networks and evaluating their role in supplying electricity to rural areas. Using geodetic measurements, GIS technologies, and energy calculations based on irrigation canals in the Fergana region, promising sites for the construction of MicroHPPs were identified. The optimal locations were assessed through an MCDA model considering factors such as elevation difference, water discharge, environmental impact, construction costs, and distance to the power grid. The research findings demonstrate that the implementation of MicroHPPs in irrigation networks can play a significant role in establishing a stable, cost-effective, and environmentally sustainable electricity supply for rural regions.*

Key words: *Micro-HPPs, irrigation networks, renewable energy, geodetic analysis, GIS, MCDA, energy efficiency, rural areas, electricity.*

Kirish. So'nggi yillarda global miqyosda elektr energiyasiga bo'lgan talab ortib, qayta tiklanuvchi energiya manbalariga e'tibor kuchaymoqda. Xalqaro energetika agentligi ma'lumotlariga ko'ra, 2030-yilga borib elektr energiyasi iste'moli 30 foizdan ortiq o'sishi kutilmoqda. Shu sababli, kichik quvvatli, ekologik toza va mahalliy resurslarga asoslangan energiya manbalarini rivojlantirish dolzarb masalaga aylandi[1].

2023-yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish chora-tadbirlariga binoan 2023-yil 1-apreldan boshlab umumiy quvvati 100 kVtgacha bo'lgan qayta tiklanuvchi energiya manbalari qurilmalarini o'rnatgan jismoniy va yuridik shaxslar ushbu qurilmalar bo'yicha mol-mulk solig'i, qurilmalar bilan band bo'lgan uchastkalar bo'yicha yer solig'i hamda yuridik shaxslar tomonidan umumiy tarmoqqa sotgan elektr energiyasi uchun olgan foydasidan hisoblanadigan foyda solig'ini to'lashdan ular foydalanishga topshirilgan paytdan e'tiboran uch yil muddatga, o'rnatilayotgan quyosh panellarining quvvatiga nisbatan 25 foizdan kam bo'lmagan quvvatga ega elektr energiyasini saqlash tizimi bilan o'rnatilgan bo'lsa – o'n yil muddatga ozod etilishi, 2023-yil 1-martdan boshlab yagona elektr energetika tizimiga ulanish uchun berilgan texnik shartlarda ko'rsatilgan quvvatdan yuqori bo'lmagan qayta tiklanuvchi energiya manbalari qurilmalarini elektr tarmoqlariga ulashda qo'shimcha texnik shart olish talab etilmasliklari takidlab o'tildi.[2] Mikro gidroelektr stansiyalar (MicroGESlar) alohida ahamiyat kasb etadi. Ular 5–100 kVt oralig'idagi quvvat bilan kichik suv oqimlarining energiyasidan foydalanadi hamda katta inshootlar talab etmaydi. MikroGESlar ekspluatatsiyasi arzon, ekologik xavfsiz va uzoq muddatli bo'lishi bilan ajralib turadi[3]. O'zbekiston sharoitida irrigatsiya tarmoqlari mamlakat suv infratuzilmasining asosiy qismini tashkil etadi. Bu tarmoqlarda mavjud suv oqimlarining tabiiy nishabligi va inshootlar mikroGESlar uchun tabiiy baza yaratadi. Shu yo'l bilan irrigatsiya tarmoqlari doirasida mikroGESlar qurish orqali qishloq hududlarining elektr energiyasi ta'minotini yaxshilash hamda energetik mustaqillikka

erishish imkoniyati yuzaga keladi[3,4]. Biroq irrigatsiya tarmoqlarida mikroGESlar uchun joy tanlash, ularning texnik-iqtisodiy samaradorligini baholash va geodezik aniqlikda loyihalash masalalari hali yetarlicha o‘rganilmagan. Shu bois, irrigatsiya inshootlarida suv resurslaridan energetik maqsadlarda samarali foydalanish uchun geodezik va GIS tahlil usullariga asoslangan baholash yondashuvlarini takomillashtirish zarurdir[1].

Ushbu tadqiqotning maqsadi — Farg‘ona viloyati irrigatsiya tarmoqlarida mikroGESlar qurish imkoniyatlarini baholash, ularning qishloq hududlarini elektr energiyasi bilan ta’minlashdagi rolini aniqlash hamda geodezik yondashuvlar asosida optimal joylashtirish metodikasini ishlab chiqishdan iboratdir.

Metodlar: Tadqiqot Farg‘ona viloyatidagi irrigatsiya tarmoqlari va suv inshootlariga asoslanib olib borildi. Tadqiqot metodikasi uch bosqichda amalga oshirildi: **ma’lumot yig‘ish**, **geodezik va GIS tahlil**, hamda **energetik va iqtisodiy hisoblashlar**.

Ma’lumotlar Farg‘ona viloyati suv inshootlari va kanal tarmoqlari to‘g‘risidagi ma’lumotlar O‘zbekiston Respublikasi **Suv xo‘jaligi vazirligi** va Farg‘ona gidromet markazidan olindi:

- Kanal uzunligi, balandlik farqi va oqim tezligi;
- Relyef va nishablik ma’lumotlari (SRTM va ASTER GDEM);
- Mahalliy aholi punktlari va elektr tarmog‘iga masofa;
- Suv resurslarining mavsumiy o‘zgarishi va ishlash rejimi.

Geodezik va GIS tahlillarda Potensial mikroGES joylarini aniqlash uchun Farg‘ona viloyati O‘zbekiston tumani**,** Bog‘dod, Oltiariq tumanlarida joylashgan kollektorlar va daryo oqimidagi sharsharalar misol qilib olindi. Tahlil quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

- **Balandlik farqi (H) va nishablik** — suv oqimining energiya potensialini baholash;
- **Suv sarfi (Q)** — mavsumiy o‘zgarishlar bilan;
- **Yer maydoni va koordinatalar** — WGS-84 tizimida;
- **Tarmoqqa ulanish masofasi va transport imkoniyati**.

GIS dasturlari (ArcGIS 10.8, QGIS 3.36) yordamida: Kanallar tarmoqlari va relyef integratsiyasi; Aholi zichligi va transport tarmog‘i bilan bog‘lanish; Multi-Criteria Decision Analysis (MCDA) modeli orqali optimal joy tanlash[4].

MCDA modeli quyidagi parametrlar bo‘yicha baholandi:

1. Energiya potensiali (E);
2. Qurilish xarajati (C);
3. Ekologik ta’sir (ECO);
4. Tarmoqqa masofa (D);
5. Aholiga yaqinlik (P).

Energetik hisoblashlar

Farg‘ona viloyati kanallarida potentsial quvvat quyidagi formula asosida hisoblandi:

$$P = \rho \times g \times Q \times H \times \eta$$

bu yerda: ρ = 1000 kg/m³ — suv zichligi; g = 9.81 m/s² — erkin tushish tezlanishi; Q — kanal oqimi (m³/s); H — balandlik farqi (m); η — tizim samaradorligi (0.75–0.90) [4].

Yillik energiya ishlab chiqarish (E, kWh/yil) formulasi:

$$E = P \times t$$

bu yerda t — ishlash vaqti (soat), yil davomida kanal ishlash rejimiga mos ravishda hisoblandi [5,6,8].

Iqtisodiy baholash

Farg‘ona viloyatidagi mikroGESlar uchun hisoblandi.

Shu metodika[9] yordamida Farg‘ona viloyati kanal tarmoqlarida mikroGESlarni joylashtirish uchun **optimallik indeksi** ishlab chiqildi, bu esa energiya ishlab chiqarish, qurilish xarajati va ekologik ta’sirni birlashtirib baholash imkonini beradi [10].

Natijalar: Farg‘ona viloyatidagi **Janubiy Farg‘ona kanali** hududida joylashgan mikroGESlar va suv nasoslari tahlil qilindi. Quyida asosiy natijalar keltirilgan:

MikroGESlar quvvati va yillik ishlab chiqarish jarayoni jami 9 ta mikroGESning umumiy quvvati 1570 kVt bo‘lib, ular yiliga jami 11268 ming kVt/soat elektr energiyasi ishlab chiqaradi.

Inglizcha atama	O‘zbekcha tarjima	Tavsif
LCOE (Levelized Cost of Electricity)	**Elektr energiyasining bir xil balanslangan narxi**	Loyihaning butun umr davomida ishlab chiqarilgan har 1 kVt/soat elektr energiyasining umumiy xarajatga nisbati. Bu ko‘rsatkich energiyaning iqtisodiy samaradorligini baholashda ishlatiladi.
Payback period	**Investitsiya o‘zini oqlash muddati**	Loyihaga kiritilgan investitsiyalar qancha vaqtda daromad orqali qoplanishini ko‘rsatadi.
NPV (Net Present Value)	**Sof hozirgi qiymat**	Loyihaning kutilayotgan kelajakdagi daromadlari va xarajatlarini hozirgi vaqtga diskontlash orqali hisoblangan sof qiymat; agar NPV > 0 bo‘lsa, loyiha foydali hisoblanadi.

Alohida nuqtalarda quvvat va ishlab chiqarish:

1. O‘zbekiston tumani O‘qchi QFYda joylashgan So‘x daryosi oqimidagi 6 ta sharshara—200 kVtli microGES, yiliga 8640,0 ming kVt/soat.
2. Bog‘dod tumani Zafarobod QFYda joylashgan 4-kollektoridagi 1 ta sharshara— 200 kVtli microGES, yiliga 1440,0 ming kVt/soat.
3. Oltiariq tumani Qiziltepa QFY joylashgan 4-kollektoridagi 1 ta sharshara— 120 kVtli microGES, yiliga 1440,0 ming kVt/soat.
4. Janubiy Farg‘ona kanalining quva tumani Tolmozor QFYda joylashgan 1 ta sharshara—50 kVtli microGES, yiliga 324,0 ming kVt/soat.

Investitsiya va iqtisodiy samaradorlik:

- Loyihalarning umumiy ishga tushirish xarajati **15,7 mlrd so‘m**.
- Elektr energiyasi tariflari **675 so‘m/kVt** atrofida belgilangan.
- Investitsiya o‘zini oqlash muddati nuqtaga qarab 2-3 yil oralig‘ida.

Masalan, 6 ta sharshara quvvatiga ega O‘qchi QFYda joylashgan MicroGESlarining o‘zini oqlash muddati 2 yil. Quva tumani Tolmozor QFYdagi 1 ta sharshara esa 3 yil.

Suv resurslari va fizik parametrlari: So‘x daryosi suv sarfi: 6 ta sharshara: 8 m^3/s, Zafarobod QFYda: 3 m^3/s, Qiziltepa QFYda: 3 m^3/s, Tolmozor QFYda 3 m^3/s. Suv bosimi: 1–10 m, Suv mavjud bo‘lish vaqti: har bir nuqta 9-10 oy davomida ishlash imkoniyatiga ega.

Xulosa. Eng yuqori quvvat va ishlab chiqarish So‘x daryosida, 6 ta sharsharada aniqlangan. Shu nuqta va Qiziltepa QFY nuqtasi investitsiya tez o‘zini oqlashi (2,3 yil) bilan iqtisodiy samaradorlikni ta’minlaydi. Suv sarfi va bosimi energetik ishlab chiqarish quvvatini belgilovchi asosiy parametrlar bo‘lib, geodezik tahlil orqali optimal joylashuv aniqlanishi mumkin.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, Farg‘ona viloyati kanallari va suv inshootlari mikroGESlar uchun **texnik va iqtisodiy jihatdan qulay**, va ularning qurilishi qishloq hududlarida barqaror elektr energiyasi ta’minotini sezilarli darajada oshiradi.

MicroGESlar qishloq hududlarini barqaror elektr energiyasi bilan ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Suv resursi mavjud hududlarda ular yillik elektr energiya ishlab chiqarishni sezilarli darajada oshiradi va mahalliy aholiga ishonchli energiya manbaini yaratadi. MicroGES loyihalari iqtisodiy jihatdan samarali bo‘lib, ba’zi hududlarda 4–5 yil ichida investitsiya xarajatlarini qoplash imkonini beradi. Shu bilan birga, ular ekologik toza energiya manbai sifatida an’anaviy yoqilg‘i sarfini kamaytiradi va suv resurslarini oqilona boshqarishga yordam beradi. Tadqiqotdan kelib chiqib, microGESlarni qishloq hududlarida keng joriy etish ularning iqtisodiy, texnik va ekologik samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1]. International Energy Agency. World Energy Outlook 2023. – Paris: IEA Publications, 2023.https://www.iea.org/

[2]. O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi. O‘zbekiston energetika balansi 2023. – Toshkent, 2023 https://www.uzbekistonmet.uz/oz/lists/view/3536

[3]. Tashpulatov Sarvar, Mirzaakhmedov Sayyodjon. “The role of micro-hydropower plants (micro-hpps) in supplying electricity to rural areas”. Modern American Journal of Engineering, Technology, and Innovation. ISSN(E): 3067-7939 Volume 01, Issue 08, November, 2025, p 30-36, https://usajournals.org/index.php/2/article/view/1388
[4]. Elbatran, A.H. & Yaakob, O.B. & Ahmed, Yasser M. & Shabara, H.M., 2015. "Operation, performance and economic analysis of low head micro-hydropower turbines for rural and remote areas: A review," Renewable and Sustainable Energy Reviews, Elsevier, vol. 43(C), pages 40-50. https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032114009769?via%3Dihub#preview-section-abstract
[5]. B. Paish. Micro-hydropower: status and prospects. – Proc. of the Institution of Mechanical Engineers, 2002.
[6]. FAO. Irrigation and Small Hydropower Integration in Rural Areas / FAO. — Rome, 2019. — 76 p.
[7]. World Energy Council. Small Hydropower Development and Deployment: Global Report / WEC. — London, 2022. — 128 p.
[8]. International Renewable Energy Agency (IRENA). Renewable Energy in Rural Areas: Micro-Hydro Solutions / IRENA. — Abu Dhabi, 2021. — 92 p.
[9]. Elbatran, A.H., Yaakob, O.B., Ahmed, Y.M., & Shabara, H.M. (2015). Hydro turbine selection for micro-hydro power generation: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 49, 1055–1068.
[10]. Иванов П.В., Смирнова Е.В. Возобновляемые источники энергии: гидроэнергетика малых рек / П.В. Иванов, Е.В. Смирнова. — М.: Энергия, 2020. — 234 с.
[11]. Петров А.Н. Энергетическая эффективность микроГЭС / А.Н. Петров // Электроэнергетика. 2021.№3. С. 45–52.
[12]. Сидоров В.И. Проектирование малых гидроэлектростанций / В.И. Сидоров. — СПб.: Питер, 2018. 176 с.

FARG‘ONA VILOYATI TARIXIY YODGORLIKLARINI SAQLASH VA QAYTA TIKLASH: INTEGRATSIYALASHGAN ILMIY YONDASHUV

B.R. Toshpo‘latova

Farg‘ona davlat texnika universiteti,
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Mazkur maqolada Farg‘ona viloyati tarixiy yodgorliklarini saqlash va qayta tiklash jarayonida integratsiyalashgan ilmiy yondashuvning ahamiyati tahlil qilinadi. Arxitektura-restavratsiya, raqamli texnologiyalar, geografik axborot tizimlari (GIS) va ekologik omillarni birlashtirgan kompleks yondashuvning samaradorligi ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, yodgorliklarni muhofaza qilishda zamonaviy ilmiy metodlarning qo‘llanilishi va xalqaro tajriba bilan uyg‘unlashtirish masalalari yoritiladi. Tadqiqot natijalari tarixiy merosni saqlashda tizimli va innovatsion yondashuv zarurligini ko‘rsatadi.*

Kalit so‘zlar: *tarixiy yodgorliklar, restavratsiya, madaniy meros, GIS, integratsiyalashgan yondashuv, arxitektura. Degradatsiya, fragmentar, identitet, xartiya.*

Аннотация: *В данной статье анализируется значение интегрированного научного подхода в процессе сохранения и реставрации исторических памятников Ферганской области. Рассматривается эффективность комплексного подхода, объединяющего архитектурно-реставрационные методы, цифровые технологии, геоинформационные системы (GIS) и экологические факторы. Также освещаются вопросы применения современных научных методов в охране памятников и их гармонизации с международным опытом. Результаты исследования показывают необходимость системного и инновационного подхода к сохранению исторического наследия.*

Ключевые слова: *исторические памятники, реставрация, культурное наследие, GIS, интегрированный подход, архитектура, деградация, фрагментарность, идентичность, хартия.*

Abstract: *This article analyzes the importance of an integrated scientific approach in the process of preserving and restoring historical monuments of the Fergana region. The effectiveness of a comprehensive approach combining architectural restoration methods, digital technologies, Geographic Information Systems (GIS), and environmental factors is examined. The article also highlights the application of modern scientific methods in monument conservation and their harmonization with international experience. The research results demonstrate the necessity of a systematic and innovative approach to the preservation of historical heritage.*

Keywords: *historical monuments, restoration, cultural heritage, GIS, integrated approach, architecture, degradation, fragmentation, identity, charter.*

Kirish. O‘zbekiston o‘zining boy madaniy merosi va ko‘p asrlik tarixiy yodgorliklari bilan jahon hamjamiyatida muhim o‘rin tutadi. Farg‘ona vodiysi, xususan, Farg‘ona viloyati ham o‘zining betakror arxitektura obidalari, qadimiy arxeologik manzillari va o‘ziga xos shaharsozlik madaniyati bilan ajralib turadi. Qo‘qon xonligi davriga oid me’moriy majmualar, Quva shahristoni qoldiqlari, Marg‘ilonning qadimiy masjid va madrasalari shular jumlasidandir. Biroq, vaqt o‘tishi, tabiiy-iqlim o‘zgarishlari (namlik, seysmik holatlar), shuningdek, inson omili ta’sirida ushbu yodgorliklar jismoniy yemirilish xavfi ostida qolmoqda.

O‘zbekiston Respublikasida madaniy meros obyektlarini muhofaza qilish va ulardan foydalanish tizimini takomillashtirish maqsadida Prezidentning PF-5596-son Farmoni hamda PQ–4068-son qarori qabul qilinib, ushbu sohada institutsional boshqaruv va davlat nazorati mexanizmlari tubdan isloh qilindi.[5] Tarixiy yodgorliklarni qayta tiklashda faqatgina an’anaviy usullardan foydalanish bugungi kun talablariga to‘liq javob bermaydi. Shuning uchun muammoga integratsiyalashgan ilmiy yondashuv ya’ni arxitektorlar, muhandislar, kimyogar-materialshunoslar, tarixchilar va IT-mutaxassislarning hamkorlikdagi faoliyatini joriy etish dolzarb ahamiyat kasb etadi. Ushbu maqolaning asosiy maqsadi Farg‘ona viloyati misolida madaniy meros obyektlarini saqlash va restavratsiya qilishda kompleks ilmiy yondashuvning zaruriyati va afzalliklarini asoslab berishdan iborat.

Asosiy qism. So‘nggi yillarda O‘zbekiston Respublikasida madaniy meros obyektlarini asrab-avaylash, ilmiy o‘rganish va restavratsiya qilishga alohida e’tibor qaratilmoqda. Xususan, tarixiy yodgorliklarni saqlash davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri sifatida belgilangan bo‘lib, bu jarayonda zamonaviy ilmiy-texnik yondashuvlarni qo‘llash zaruriyati ortib bormoqda. Farg‘ona viloyati hududida joylashgan tarixiy me’moriy yodgorliklar Markaziy Osiyo me’morchilik an’analarining muhim qatlamini tashkil etadi va ular bugungi kunda tabiiy va antropogen omillar ta’sirida yemirilish xavfi ostida qolmoqda.Mazkur holat tarixiy yodgorliklarni saqlash va qayta tiklash jarayonida faqat an’anaviy restavratsiya usullari yetarli emasligini, balki kompleks, ya’ni integratsiyalashgan ilmiy yondashuvni joriy etish zarurligini ko‘rsatadi. Ushbu yondashuv arxitektura, qurilish muhandisligi, materialshunoslik, tarixiy tahlil va raqamli texnologiyalarni o‘zaro integratsiya qilish orqali yodgorliklarning haqiqiy holatini aniqlash va ularni ilmiy asosda qayta tiklash imkonini beradi.

Farg‘ona viloyatidagi ko‘plab tarixiy obyektlar vaqt, iqlim o‘zgarishi, yer osti suvlarining ta’siri hamda noto‘g‘ri restavratsiya ishlari natijasida degradatsiya jarayoniga uchramoqda. Shu bilan birga, mavjud ilmiy-amaliy yondashuvlar ko‘pincha fragmentar xarakterga ega bo‘lib, yodgorliklarni tizimli o‘rganish va kompleks tiklash imkonini bermaydi.Mazkur maqolada Farg‘ona viloyati tarixiy yodgorliklarini saqlash va qayta tiklashda integratsiyalashgan ilmiy yondashuv modelini ishlab chiqish hamda uning amaliy qo‘llanilish imkoniyatlari keltirilgan.

Tarixiy yodgorliklar har bir xalqning madaniy xotirasi va identitetini ifodalaydi. Farg‘ona viloyati hududida joylashgan me’moriy va arxeologik yodgorliklar O‘zbekiston tarixining turli davrlarini aks ettiradi. Biroq tabiiy yemirilish, urbanizatsiya va antropogen omillar ularning saqlanishiga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda.Shu sababli tarixiy yodgorliklarni saqlash va qayta tiklash jarayonida an’anaviy usullardan tashqari zamonaviy ilmiy va texnologik yondashuvlarni integratsiya qilish dolzarb masalaga aylangan. Integratsiyalashgan yondashuv yodgorliklarni nafaqat tiklash, balki ularni uzoq muddatli saqlash strategiyasini ham o‘z ichiga oladi.

Integratsiyalashgan ilmiy yondashuv - bu bitta muammoni faqat bir soha emas, balki bir nechta ilmiy yo‘nalishlarni birlashtirib (integratsiya qilib) o‘rganish va yechim topish usuli hisoblanadi**.** Oddiy qilib aytganda bu bitta ko‘z bilan emas, bir nechta fan ko‘zi bilan qarash” degani.

Farg‘ona viloyati tarixiy yodgorliklarini saqlashda bu yondashuv quyidagilarni birlashtiradi:

- yodgorlikni shakli va tuzilishini tiklash
- asl material va uslubni saqlash
- yodgorlik joylashuvini xaritada tahlil qilish
- xavf zonalarini aniqlash
- yodgorlikni raqamli ko‘rinishda saqlash

- uzilishdan oldin model yaratish
- turizm va jamiyatga ta’siri

Integratsiyalashgan yondashuv “yodgorlikni faqat tiklash emas, balki uni ilmiy, texnik, ekologik va ijtimoiy jihatdan kompleks saqlash tizimi” hisoblanadi. Farg‘ona vodiysi yodgorliklari uchun bu yondashuv shuni anglatadiki “faqat ta’mirlash emas, balki oldindan bashorat qilish + raqamli saqlash + ekologik himoya + ilmiy monitoring”

Integratsiyalashgan ilmiy yondashuvning mohiyati quyidagilardan iborat:

-Arxitektura-restavratsiya usullari – tarixiy shakl va materiallarni saqlagan holda tiklash;
-GIS texnologiyalari – yodgorliklarning raqamli xaritalarini yaratish;
-3D skanerlash va modellashtirish – obyektlarni raqamli saqlash;
-Materialshunoslik tadqiqotlari – original materialga mos restavratsiya;
-Ekologik monitoring – tabiiy ta’sirlarni baholash.

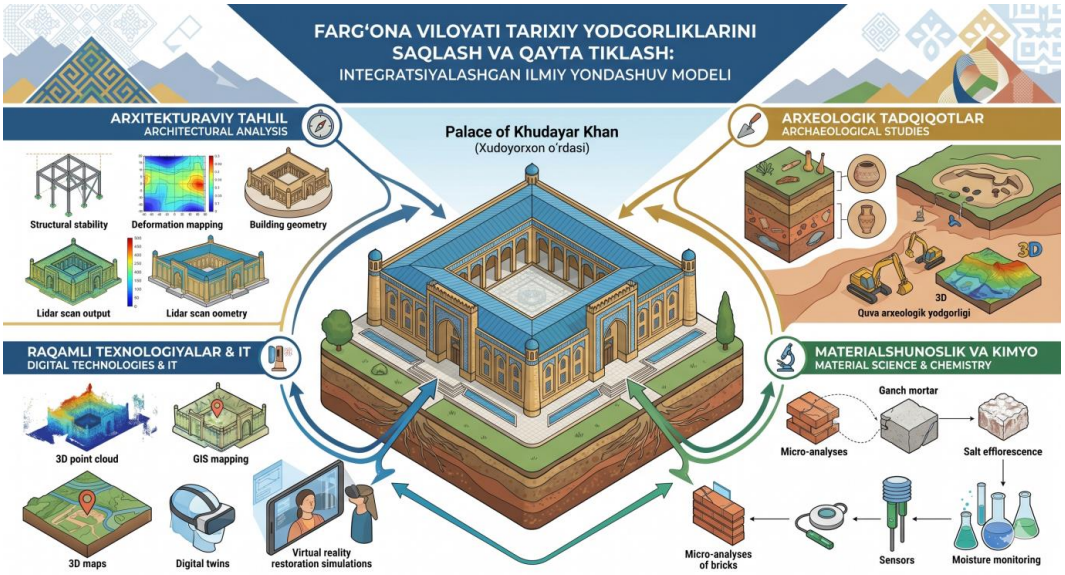
Bu yondashuv yodgorliklarni kompleks o‘rganish va ularni uzoq muddat saqlash imkonini beradi. Masalan, zamonaviy texnologiyalarni qo‘llash tarixiy merosni saqlashda muhim o‘rin tutadi:

1-jadval

№	**nomi**	**natija**
1	3D lazer	skanerlash orqali aniq model
2	dron	hududiy monitoring
3	raqamli arxiv	arxivlash tizimlari
4	virtual	virtual rekonstruksiya qilish imkoni

- 3D lazer skanerlash orqali aniq model yaratish;
- dronlar yordamida hududiy monitoring;
- raqamli arxivlash tizimlari;
- virtual rekonstruksiya qilish imkonini beradi.

Bu usullar yodgorliklarning yo‘qolish xavfini kamaytiradi va ilmiy bazani kengaytiradi. Xalqaro tajribalarga to’xtaladigan bo’lsam Italiya, Fransiya va Turkiya kabi mamlakatlarda tarixiy yodgorliklarni saqlashda integratsiyalashgan yondashuv keng qo‘llaniladi. Ushbu tajriba shuni ko‘rsatadiki, davlat, ilmiy markazlar va mahalliy hamjamiyat hamkorligi eng samarali model hisoblanadi. Quyidagi 1-rasmda Farg‘ona viloyati tarixiy yodgorliklarini saqlash va qayta tiklash: integratsiyalangan ilmiy yondashuv modeli ishlab chiqildi.Model obyekti sifatida Qo‘qon shahridagi Xudayorxon o‘rdasi tanlab olindi.



1-rasm. Integratsiyalangan ilmiy yondashuv modeli.

Tarixiy yodgorliklarni saqlash va qayta tiklash bo‘yicha xalqaro tajriba va nazariy qarashlar bir qator xalqaro xartiyalar (masalan, 1964-yilgi Venesiya xartiyasi) hamda mahalliy va xorijiy olimlarning ilmiy ishlarida o‘z aksini topgan. Venesiya xartiyasiga ko‘ra, yodgorliklarni qayta tiklashda tarixiy haqiqiylik (autentifikatsiya) va materiallarning asl holatini saqlab qolish asosiy prinsip hisoblanadi. O‘zbekistonda me’moriy yodgorliklarni saqlash va ta’mirlash masalalari P.Shohidoyev, M.S.Bulatov, V.A.Nilsen, Sh.Pulatov, shuningdek, zamonaviy tadqiqotchilardan M.Axmedov kabi olimlar tomonidan chuqur o‘rganilgan. Ularning asarlarida Markaziy Osiyo me’morchiligining o‘ziga xos xususiyatlari, ganch, yog‘och va pishgan g‘ishtdan foydalanish texnologiyalari tadqiq qilingan[4]. Biroq, Farg‘ona viloyati yodgorliklarining o‘ziga xos iqlim sharoitidan kelib chiqib (grunt suvlarining sathi balandligi, yuqori namlik), ularni raqamli texnologiyalar va zamonaviy kimyoviy analizlar yordamida kompleks o‘rganish bo‘yicha adabiyotlar va ilmiy tadqiqotlar hanuzgacha yetarli emas. Zamonaviy restavratsiya jarayonlarida barcha fanlarni biriktiruvchi integratsiyalashgan metodologiyani aynan hududiy xususiyatlarga moslashtirish ilmiy bo‘shliq bo‘lib qolmoqda.

Xulosa qilib aytadigan bo‘lsak Farg‘ona viloyati tarixiy yodgorliklarini saqlash va qayta tiklash jarayonida integratsiyalashgan ilmiy yondashuv eng samarali yo‘l hisoblanadi.Bu yondashuv an’anaviy restavratsiya usullarini zamonaviy texnologiyalar bilan birlashtirish imkonini beradi.

-tarixiy yodgorliklarning raqamli bazasini yaratish;

-GIS va 3D modellashtirish tizimlarini joriy etish;

-restavratsiya bo‘yicha milliy ilmiy markazlarni rivojlantirish;

-xalqaro hamkorlikni kengaytirish;

-yosh mutaxassislarni tayyorlash tizimini kuchaytirish;

-yodgorliklarni muhofaza qilish bo‘yicha huquqiy bazani takomillashtirish. maqsadga muvofiqdir. “Madaniy merosni asrash jismoniy yangilashdan ko‘ra chuqurroq tushunchadir”[3]. Farg‘ona viloyati tarixiy obidalarini saqlab qolish uchun an’anaviy hunarmandchilik sirlari va eng ilg‘or zamonaviy texnologiyalarni o‘zida birlashtirgan integratsiyalashgan ilmiy yondashuvni qo‘llash bugungi kunning kechiktirib bo‘lmaydigan talabidir.

Farg‘ona viloyati tarixiy yodgorliklarini saqlash va qayta tiklash jarayoni nafaqat madaniy merosni muhofaza qilish, balki hududning tarixiy identitetini saqlab qolish, turizm salohiyatini oshirish hamda kelajak avlodlarga milliy qadriyatlarni yetkazishda muhim аҳамият kasb etadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, tarixiy obyektlarni restavratsiya qilishda an’anaviy usullar bilan bir qatorda zamonaviy ilmiy-texnologik yondashuvlarni qo‘llash yuqori samaradorlikni taminlaydi.

Integratsiyalashgan ilmiy yondashuv asosida arxitektura-restavratsiya ishlari, GIS texnologiyalari, raqamli modellashtirish, monitoring tizimlari hamda ekologik tahlillarni uyg‘unlashtirish yodgorliklarning texnik holatini aniq baholash, ularni ilmiy asosda konservatsiya qilish va uzoq muddatli muhofazasini ta’minlash imkonini beradi. Ayniqsa, raqamli hujjatlashtirish va geoinformatsion tahlillar tarixiy obyektlarning deformatsiya va degradatsiya jarayonlarini oldindan aniqlashda muhim vosita sifatida namoyon bo‘ladi.

Shuningdek, xalqaro restavratsiya tajribalarini mahalliy tarixiy-me’moriy xususiyatlar bilan uyg‘unlashtirish Farg‘ona viloyati yodgorliklarini saqlash samaradorligini oshirishga xizmat qiladi. Tadqiqot davomida aniqlanganidek, tarixiy meros obyektlarini muhofaza qilishda davlat tashkilotlari, ilmiy muassasalar, mutaxassislar va mahalliy aholi o‘rtasidagi hamkorlikni kuchaytirish muhim omillardan biri hisoblanadi.

Natijada, tarixiy yodgorliklarni saqlash va qayta tiklashda kompleks, innovatsion hamda barqaror ilmiy yondashuvni qo‘llash madaniy merosning autentikligini saqlab qolish, ularning funksional davomiyligini ta’minlash va zamonaviy shaharsozlik jarayonlari bilan uyg‘un rivojlantirish uchun zarur ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar.

[1]. Usmonov, A., & Karimov, B. (2022). "An’anaviy qurilish qorishmalarining fizik-kimyoviy xususiyatlari: Qo‘qon xonligi arxitekturasi misolida." *O‘zbekiston moddiy madaniyati tarixi*, 12(4), 112-118.

[2]. Ashurov, X. "Tarixiy obidalarni qayta tiklashda zamonaviy IT texnologiyalarining o‘rni". *Arxitektura va Qurilish muammolari jurnali, 3-son, 2021, 45-50 betlar.
[3]. Pulatov Sh., Zokirov S.Farg‘ona vodiysi tarixiy obidalari va ularning me’moriy yechimlari. – Farg‘ona, 2018.
[4]. O‘zbekiston Respublikasining "Madaniy meros obyektlarini muhofaza qilish va ulardan foydalanish to‘g‘risida"gi Qonuni. // O‘zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari to‘plami, 2001-y.
[5]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentning PF–5596-son Farmoni hamda PQ–4068-son qarori.

681.7.068.

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИКРОПАРАМЕТРОВ ФОТОПРИЕМНИКОВ ГЕНЕРАТОРНОГО ТИПА

К.Х. Ахунов, А.К. Хомидов

Ферганский государственный технический университет
(Получена 18.03.2026 г.)

Аннотация: *В работе сообщается об исследованиях АФН-эффекта в поликристаллических тонких пленках селенид меди и индия, полученных дискретным испарением в вакууме. Показано что избыточная доля содержании атомов Т.е. в пленке, существенно влияет на АФН удельную сопротивлению пленок. Механизм образования АФН определена на основе угловых и спектральных зависимостей.*

Ключевые слова: *АФН-эффект, экспериментальная установка, электрическая энергия, оптические лучи, пленки, материал, фотоэлектрическая эффективность, эксперимент.*

Аннотация: *Мақолада аномал юқори кучланиш берадиган селенид, мис ва индий қотишмасидан вакуумда дискрет буғлатиш билан олинган юпқа пардаларни текшириш натижалари келтирилган. Юпқа пардалардаги ортиқча Те атомлари АФН ва ρ га таъсири аниқланган. АФН табиати спектрал ва бурчак характеристикаларидан топилган.*

Таянч иборалар: *АФН-эффект, тажриба қурилмаси, электр энергияси, оптик нурлари, пластинкалар, материал, фотоэлектрик самарадорлик, синов-тажрибаси.*

Abstract: *In this work AFN-effects in polycristal thin films of celenide copper and indium which came out by discrete evaporation in vacuum are discussed .It is shown that redundant evaporation of the content of atoms in the same film. The mechanism of formation of AFN is identified on the basis of angular and spectral dependences.*

Keywords: *AFN-effects, experimental setup, electric energy, sun rays, plates, meterialal, economic efficiency, experiments.*

В работе проведено исследование влияние неоднородностей кластерного типа на свойства АФН-элементов с двойным лучепреломлением. Изучено магнитного-оптические, электрооптические эффекты ни этих пленках..

Для обеспечения удовлетворительной точности влияния не технометричности, неоднородности. АФН-элементов на их фотоэлектрических, магнитного-оптические, электрооптических и других свойств необходимо специальных методы получения АФН-элементов. Дело в том, что неоднородности часто бывают виновными в анизотропии фотоэлектрических эффектов и в их аномальности особенно в сильных электрических и магнитных полях и могут полностью исказить результаты измерений. Это заставляет по новому взглянуть на некоторые аномальные результаты по АФН - эффекту. Детальное исследований влияния неоднородностей на свойства АФН-элементов мало изучены. Приходится констатировать, что проблемы создания и управления неоднородностей на АФН-элементах в общем случае нерешена. Технология получения АФН-элементов с двойным лучепреломлением рассматривается впервые. Для этого нами разработано технологическая измерительная система обеспечивающий неоднородность по структуре по составу. Неоднородность по структуре и составу достигается с легированием изовалентными примесями во время получения АФН-элементов. Вес технологический цикл испарения происходит при переменной температуре и угол напыления. Увелечение температуры

подложки и угол напыления образца в технологическом цикле испарения в вакууме осуществляется непрерывно по линейному закону с помощью автоматического регулятора.

Специально разработанная схема задает образцу необходимую температуру и угол напыления, задает последовательность операций подачи изовалентных легирующих примесей. В результате в единым технологическом цикле достигается неоднородность по составу по структуре на поверхности и в объёме АФН-элемента.

Знание степени неоднородности материалов весьма существенно не только при изготовлении полупроводниковых приборов, но и при исследовании самых материалов. Ярким примерном неоднородности материала является поликристаллическая структуры. Естественно ожидать, что свойства самых кристаллов могут значительно отличаться от свойств межкристаллитной прослойки. Поликристаллическая структура наиболее характерна для тонких пленках любого типа, даже монокристаллическими, но с когерентной ориентацией микроблоков. Если кристаллитам микроблоков можно приписать свойства, подобные объёмным свойствам данного полупроводника, то в отношении межкристаллитных прослоек может быть самой различной. Образование межкристаллитных прослоек может быть обусловлено следующим:

а) «шлагом» вынесенным кристаллитам при их рекристаллизации и представляющим собой различные примеси и включения;

б) посторонними соединениями, образованными из компонентов основного материала и отдельных примесей;

в) полезностью состава пленок, свойственной сложенным полупроводниковым соединениям, при этом на границе полупроводниковым соединениям, при этом на границе раздела фаз могут возникать p-n-переходы;

г) выпадением одного из компонентов состава, например, металлического в соединении $A^{III}B^{V}$;

д) различаем структуры фаз, например аморфной и кристаллической;

е) окислом поверхностного слоя кристаллита;

ж) обедненным слоем, вызванным захватом носителей поверхностными уровнями кристаллитов;

з) неполным соприкосновением кристаллитов по всей их толщине.

Очевидно прослойки могут быть образованы совокупностью перечисленных факторов. Нередко прослойки могут полностью определять полупроводниковые свойства поликристаллического материала. Сложность интерпретации результатов измерений на поликристаллических материалах усугубляется тем, что часто нет полной ясности относительно природы межкристаллитных прослоек и их параметров в конкретном материале.

Известно, что АФН-эффект основном наблюдается в поликристаллических пленках. Наблюдаемые аномалии в здесь относят, главным образом, к влиянию межкристаллитных прослоек. В настоящее время преобладают две тенденции в объяснении природы действия прослоек: одна основываются на теории сложных электросетей, другая – на барьерной теории [1,2]. Одним из первых авторов, рассмотревших фотоэлектрическую эквивалентную схему АФН-пленок при анализе ФМЭ – эффекта, был Мастов [3]. В упрощенной модели кристаллиты разделены высокоомными прослойками. В свою очередь высокоомные области могут быть не только межкристаллитные прослойки, но , скорее всего саамы микрокристаллики [4].

Поскольку прослойки имеют некоторый наклон по отношению к плоскости подложки, то протекающий через пленку ток вынужден пересекать границу прослоек. В результате носители заряда испытывают рассеяние не только на межкристаллитных барьерах, но и на барьерах прослоек модификаций. Таким образом, не только поликристаллическая неоднородная структура, но дефектность самых кристаллитов являются факторами аномальности в АФН-элементах. Как упоминалось в выше, очень чувствительным к неоднородностям в АФН-элементам являются АФН, АФМН и другие магнитооптические,

электрооптические эффекты. Поэтому возникают сомнения в корректности результатов работы [5], в которой они по величине АФН-эффекта в пленках CdTe судили однородном микрокристаллическом пленке.

Во многих теориях по физике полупроводников толщина слоя являются важным параметром, и по этой причине пленки часто является хорошим средством экспериментальной проверки таких теорий. Однако, чтобы получить однозначные результаты, нужно сохранить неизменными различные структурные свойства пленок, и часто это является очень трудной задачей. В этом отношении рассмотренный метод удобен тем, что он дает возможность изучать несколько эффектов одновременно.

Экспериментальная проверка согласно вариационному методу проведенная в связи появлением теоретических работ [5, 6] показала, что если толщина слоя велика по сравнению с длиной свободного пробега поверхностная рекомбинация оказывают небольшое влияния на параметры АФН – пленок. В том случае для АФН Дамберским механизмом можно использовать для анализа

$$V = \frac{(b-1)BL}{\mu_n(n_0 + p_0)(1+\alpha_i)}$$

B- интенсивность света,
L- длина диффузии,

α_i - скорость поверхностной рекомбинации на освещенной поверхности

Список литературы

[1]. Квантовая электроника под. ред. С.А.Ахманова и др. Издательство «Советская энциклопедия». Москва, 1969 г. стр. 35.
[2]. Э.И. Адирович и др. ФТТ, 1965 г. Т.7. №12, стр. 3652.
[3]. Cravder I.P., Smith C.D., Ashley . Abstract of Interm. Conf. Mid – infrared optoelectronics materials and devisers. Lancaster, UK, 1996 y. Sept. 17-19
[4]. С. Ирматов, Р. Найманбаев, Ярим ўтказгичли фотопремниклар. Монография – “Фарғона нашриёти” 2011 йил, 89 бет.
[5]. Р. Найманбаев. С. О. Хатамов в кн. «Фотоэлектрические явления в полупроводниках». Ташкент 2004. стр. 165.
[6]. Фотоэлектрические явления в полупроводниках и оптоэлектроника. Под. ред. Э. И. Адировича. Ташкент; ФАН, 1972. стр.344.
[7]. Набиев Г.А. ФІП ФИП PSE 2008, т.в., №12, Vol.6, No. 1-2
[8]. Абдуллаев Э.А. и др. Узбекский физический журнал, 1994 г, №6, стр.23
[9]. Найманбаев Р. Канд. дисс. ФТП АН УзССР, Ташкент, 1977 г.
[10]. Аронов Д.А., Заитова В., Фотомагнитный эффект и фотопроводимость в полупроводниках при высоких уровнях возбуждения, Ташкент, изд-во «Фан», стр. 190.

BINOLARDA DERAZA KONSTRUKSIYALARI ORQALI ISSIQLIK YO‘QOTILISHINI KAMAYTIRISH VA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISHNING ZAMONAVIY USULLARI

I.X. Xoliddinov, D.T. Sultonov

Farg‘ona davlat texnika universiteti,
dsultonov1309@gmail.com

(Qabul qilindi 18.03.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu ilmiy maqolada turar joy binolarida derazalar orqali sodir bo‘ladigan issiqlik yo‘qotishlar energiya auditi asosida batafsil tahlil qilindi. Tadqiqot obyekti sifatida bir qavatli, yog‘och romli va bir qavatli oynali derazalarga ega bino tanlandi. Issiqlik yo‘qotishlar zamonaviy alyuminiy-plastik, ikki qavatli oynali derazalar bilan solishtirildi. Hisob-kitoblar natijasida derazalarni almashtirish orqali issiqlik yo‘qotish 50–55 % ga kamayishi, yillik energiya tejalishi esa sezilarli darajada oshishi aniqlandi.*

Kalit so‘zlar: *energiya auditi, issiqlik yo‘qotish, deraza, ikki qavatli oyna, energiya samaradorligi.*

Аннотация. *В данной научной статье проведён детальный анализ теплопотерь через оконные конструкции жилых зданий на основе энергетического аудита. В качестве объекта исследования было выбрано здание с деревянными рамами и одинарным остеклением. Теплопотери были сопоставлены с современными алюминиево-пластиковыми окнами с двойным остеклением. Результаты расчётов показали, что замена окон позволяет снизить теплопотери на 50–55 %, а также значительно увеличить годовую экономию энергии.*

Ключевые слова: *энергетический аудит, теплопотери, окно, двойное остекление, энергоэффективность.*

Abstract. *This scientific article presents a detailed analysis of heat losses through windows in residential buildings based on an energy audit. The research object was a building equipped with wooden frames and single-glazed windows. Heat losses were compared with those of modern aluminum-plastic double-glazed windows. The results of the calculations showed that replacing the windows can reduce heat losses by 50–55% and significantly increase annual energy savings.*

Keywords: *energy audit, heat loss, window, double glazing, energy efficiency.*

Bugungi kunda energiya resurslaridan oqilona foydalanish va binolarda energiya samaradorligini oshirish masalalari dolzarb ilmiy-amaliy vazifalardan biri hisoblanadi. Aholi sonining ortishi, urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi hamda qurilish sohasining kengayishi binolarda energiya iste’molining yil sayin oshishiga olib kelmoqda.[1]Shu sababli tashqi to‘siq konstruksiyalarining issiqlik-texnik xususiyatlarini yaxshilash orqali energiya sarfini kamaytirish muhim ahamiyat kasb etadi. Bundan tashqari, energiya samaradorligini oshirish nafaqat iqtisodiy foyda, balki atrof-muhitni muhofaza qilish va yashil energiya manbalaridan oqilona foydalanish bilan ham chambarchas bog‘liqdir.[2]

Zamonaviy qurilish materiallari va izolyatsiya texnologiyalarini qo‘llash, shuningdek, binolarda avtomatlashtirilgan energiya boshqaruv tizimlarini joriy etish orqali energiya sarfini sezilarli darajada kamaytirish mumkin. Shu bilan birga, energiya samaradorligini oshirish strategiyasi aholining qulay yashash sharoitlarini ta’minlash bilan birga, ijtimoiy-iqtisodiy barqarorlikni mustahkamlashga xizmat qiladi.

Bu borada O‘zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari muhim huquqiy asos sifatida xizmat qiladi. Jumladan**,** O‘zbekiston Respublikasining 2024 yil 7 avgustda qabul qilingan “Energiya tejash, undan oqilona foydalanish va energiya samaradorligini oshirish to‘g‘risida”gi 940-sonli Qonuni va O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2024 yil 19 oktyabrdagi “Yoqilg‘i-energetika resurslari iste’molchilarini hamda bino va inshootlarni energiya iste’molini energiya auditidan o‘tkazish tartiblarini belgilash to‘g‘risida”gi 690-sonli qarori energiya samaradorligini oshirish, resurslarni tejash va audit mexanizmlarini tatbiq etish bo‘yicha aniq yo‘riqnomalarni belgilab beradi.[3]

Ilmiy tadqiqotlar natijalarining taxlillariga ko‘ra, binolarda yuzaga keladigan umumiy issiqlik yo‘qotishlarning 20–30 % qismi derazalar hissasiga to‘g‘ri keladi.[4] Ayniqsa, eski tipdagi yog‘och romli va bir qavatli oynali derazalar yuqori issiqlik o‘tkazuvchanlikka ega bo‘lib, sezilarli energiya yo‘qotishlarga sabab bo‘ladi.

Issiqlik yo‘qotishlarini aniqlashda issiqlik uzatishning stasionar (barqaror) holati uchun klassik issiqlik balans tenglamasidan foydalaniladi. Ushbu yondashuv qurilish konstruksiyalarining issiqlik samaradorligini baholashda eng ko‘p qo‘llaniladigan usullardan biri hisoblanadi [5]

$$Q = U \cdot A \cdot (T_i - T_e)$$

Q — issiqlik yo‘qotish quvvati (W),

U — issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsienti ($W/m^2 \cdot K$),

A — konstruksiya (bizning holatda deraza) yuzasi (m^2),

T_i — bino ichki harorati (°C),

T_e — tashqi muhit harorati (°C).

Hisoblashlar qish mavsumidagi o‘rtacha haroratlar asosida olib borildi.

Mazkur formuladan foydalanish orqali binoning tashqi to‘siq konstruksiyalari orqali yo‘qotilayotgan issiqlik miqdori aniqlanadi. Hisob-kitoblar qish mavsumidagi eng muhim sharoit — ya’ni ichki va tashqi haroratlar farqi maksimal bo‘lgan holat uchun amalga oshirildi.

Tahlil natijalari uchun: ichki harorat: +20 °C (komfort sharoit), tashqi harorat: 0 °C (o‘rtacha qish sharoiti), derazalar umumiy yuzasi: 12 m² boshlang‘ich shartlar qabul qilindi:
Derazalar issiqlik yo‘qotishlarining asosiy manbalaridan biri bo‘lib, ayniqsa eski tipdagi yog‘och romli va bir qavatli oynali derazalarda bu yo‘qotishlar yuqori bo‘ladi. Shu sababli, ikki xil variant solishtirildi:

Yog‘och derazalar uchun:

$$Q_1 = 2.8 \cdot 12 \cdot 20 = 672 \text{ W}$$

Ikki qavatli oynali derazalar uchun:

$$Q_2 = 1.3 \cdot 12 \cdot 20 = 312 \text{ W}$$

Natijalar tahlili
Hisob-kitoblar natijasiga ko‘ra, derazalarni zamonaviy energiya tejamkor variantga almashtirish orqali:

- issiqlik yo‘qotishlar 672 W dan 312 W gacha kamayadi,
- umumiy tejalish 360 W,
- nisbiy tejalish 53.6 % ni tashkil etadi.

Bu natija shuni ko‘rsatadiki, derazalarni modernizatsiya qilish energiya samaradorligini oshirishda juda muhim omil hisoblanadi.

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, binolarda umumiy issiqlik yo‘qotishlarining 20–40 foizgacha bo‘lgan qismi deraza konstruksiyalari orqali sodir bo‘ladi. Shu sababli energiya samaradorligini oshirishda eski yog‘och derazalarni zamonaviy ko‘p kamerali alyuminiy-plastik derazalarga almashtirish muhim texnik yechimlardan biri hisoblanadi. O‘tkazilgan hisob-kitoblarga ko‘ra issiqlik yo‘qotilishining kamayishi hisobiga taxminan 360 W issiqlik energiyasi tejalishi mumkinligi aniqlangan. Ushbu tejash qish mavsumida kuniga o‘rtacha 10 soat davom etganda kunlik 3.6 kWh, oylik taxminan 108 kWh va besh oylik isitish mavsumida 540 kWh gacha energiya iqtisod qilinishiga olib keladi. Bu esa binoning umumiy energiya iste’molini kamaytirish bilan bir qatorda isitish tizimlariga tushadigan yuklamani ham pasaytiradi.

1-rasm. Derazalar orasida issiqlik yo’qotilishini solishtirish.

O‘tkazilgan tadqiqot va hisob-kitob natijalari shuni ko‘rsatdiki, eski turdagi yog‘och romli hamda bir qavatli oynali derazalar issiqlikni saqlash nuqtai nazaridan past samaradorlikka ega bo‘lib, ular orqali sezilarli miqdorda issiqlik energiyasi yo‘qotiladi. Mazkur holat yog‘och derazalarning issiqlik o‘tkazuvchanlik koeffitsienti yuqori ekanligi, konstruktiv jihatdan yetarli darajada germetik emasligi hamda uzoq muddat ekspluatatsiya jarayonida deformatsiyaga uchrashi bilan izohlanadi. Natijada tashqi muhitdan sovuq havo infiltratsiyasi kuchayadi va ichki issiqlik energiyasining yo‘qotilishi ortadi. Bu esa isitish tizimlariga qo‘shimcha yuklama tushishiga hamda energiya sarfining ortishiga olib keladi.

Energiya auditi nuqtai nazaridan olib borilgan tahlillar derazalarni energiya tejamkor konstruksiyalarga almashtirish binolarda energiya samaradorligini oshirishning eng samarali va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq choralaridan biri ekanligini ko‘rsatdi. Ushbu modernizatsiya qisqa muddat ichida iqtisodiy samara berib, isitish tizimiga tushadigan yuklamani kamaytiradi hamda energiya resurslaridan oqilona foydalanish imkonini yaratadi. Hisob-kitob natijalariga ko‘ra derazalar orqali yuzaga keladigan issiqlik yo‘qotishlari binodagi umumiy issiqlik yo‘qotishlarining muhim qismini tashkil etib, ayrim hollarda 20–40 foizgacha yetishi mumkinligi aniqlandi. Shu

sababli deraza konstruksiyalarini modernizatsiya qilish binolarning umumiy energiya samaradorligini oshirishda ustuvor texnik yo‘nalishlardan biri sifatida qaraladi.

Umuman olganda, energiya auditi asosida olib borilgan ilmiy tahlillar zamonaviy energiya tejamkor deraza konstruksiyalaridan foydalanish binolarda issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirishning samarali usullaridan biri ekanligini tasdiqlaydi. Mazkur texnik yechim nafaqat energiya tejash va iqtisodiy samaradorlikni oshirishga, balki bino ichidagi mikroiqlim ko‘rsatkichlarini yaxshilashga ham xizmat qiladi. Natijada binolarda yashash va mehnat qilish sharoitlari yaxshilanadi, energiya resurslaridan foydalanish samaradorligi ortadi hamda ekologik xavfsizlikni ta’minlash imkoniyati kengayadi.

Adabiyotlar

[1]. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi. Energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha qarorlar to‘plami. – Toshkent, 2020.
[2]. International Energy Agency (IEA). Energy Efficiency 2022. – Paris: IEA Publications, 2022.
[3]. ASHRAE. ASHRAE Handbook – Fundamentals. – Atlanta, 2021.
[4]. ISO 13790. Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling. – Geneva, 2008.
[5]. ISO 6946. Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance. – Geneva, 2017.

УДК 621.311.22.

TEXNIK TIZIMLAR ISHONCHLILIGINI OSHIRISH USULLARI

Sh.D. Sultonov, A.K.Tojiboyev*

Farg‘ona davlat texnika universiteti
**Mas’ul muallif, e-mail: abrortak78@mail.ru*

(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Maqolada texnik tizimlarning ishonchliligini oshirish usullari hamda ularning amaliy ahamiyati yoritilgan. Asosiy e’tibor funksional, algoritmik va informatsion zahiralash usullariga qaratilgan bo‘lib, ushbu usullar yordamida tizimlarning nosozlikka chidamliligi, uzluksiz ishlashi va xavfsizligi ta’minlanishi tahlil qilingan. Funksional zahiralashda qo‘shimcha element va qurilmalardan foydalanish, algoritmik zahiralashda boshqaruv algoritmlarini takroriy qo‘llash hamda informatsion zahiralashda ma’lumotlarni saqlash va tiklash usullari ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, maqolada zahiralash usullarining texnik tizimlar samaradorligini oshirishdagi o‘rni va istiqbollari bayon etilgan.*

Tayanch so‘zlar: *samaradorlik, nosozliklar, zaxiralash, matematik algoritm, axborot xavfsizligi, asosiy element, zaxira element*

Аннотация. *В работе рассматриваются методы повышения надежности технических систем и их практическое значение. Основное внимание уделяется функциональным, алгоритмическим и информационным методам резервного копирования, а также анализу того, как эти методы обеспечивают отказоустойчивость, бесперебойную работу и безопасность систем. Рассматривается использование дополнительных элементов и устройств в функциональном резервном копировании, многократное использование алгоритмов управления в алгоритмическом резервном копировании, а также методы хранения и восстановления данных в информационном резервном копировании. В статье также описывается роль и перспективы методов резервного копирования в повышении эффективности технических систем.*

Ключевые слова: *эффективность, сбои, резервирование, математический алгоритм, информационная безопасность, основной элемент, резервный элемент*

Abstract: *This paper examines methods for improving the reliability of technical systems and their practical implications. The focus is on functional, algorithmic, and informational backup methods, as well as an analysis of how these methods ensure fault tolerance, uninterrupted operation, and system security. This article examines the use of additional elements and devices in functional backup, the reuse of control algorithms in algorithmic backup, and methods for storing and restoring data in informational backup. The article also describes the role and potential of backup methods in improving the efficiency of technical systems.*

Keywords: *efficiency, failures, redundancy, mathematical algorithm, information security, primary element, backup element*

1. Kirish. Hozirgi zamonaviy texnik va avtomatlashtirilgan tizimlar sanoat, energetika, transport, axborot texnologiyalari va robototexnika sohalarida keng qo‘llanilmoqda. Bunday tizimlarning uzluksiz va ishonchli ishlashi, ishlab chiqarish samaradorligi, xavfsizlik hamda iqtisodiy foyda bilan bevosita bog‘liq. Texnik tizimlar ishlash jarayonida turli sabablarga ko‘ra nosozliklar va ishdan chiqish holatlariga duch kelishi mumkin. Shu sababli texnik tizimlarning ishonchliligini oshirish muhim muhandislik vazifalaridan biri hisoblanadi.

2. Ishonchlilikni oshirish usullari. Texnik tizimlarning ishonchliligini oshirishning samarali usullaridan biri zaxiralash (rezervlash) hisoblanadi. Zaxiralash funksional, algoritmik va informasion turlarga bo‘linadi.

Funksional zaxiralash — bu texnik tizimning asosiy elementlari yoki funksiyalarini bajaruvchi qo‘shimcha (zaxira) elementlarni joriy etish orqali tizim ishonchliligini oshirish usulidir. Agar asosiy element ishdan chiqsa, uning vazifasini zaxira element avtomatik yoki qo‘lda o‘z zimmasiga oladi.

Funksional zaxiralashning asosiy maqsadi tizimning uzluksiz ishlashini ta’minlash va nosozlik vaqtida tizim to‘xtab qolishining oldini olish hisoblanadi. Ushbu usul ko‘pincha mas’uliyatli va xavfli obyektlarda qo‘llaniladi.Funksional zaxiralashning asosiy turlari:

−issiq zaxira – zaxira element doimiy ishlashga tayyor holatda bo‘ladi va asosiy element bilan bir vaqtda ishlaydi.

−sovuq zaxira – zaxira element faqat asosiy element ishdan chiqqandan keyin ishga tushiriladi.

−yarim issiq zaxira – zaxira element qisman faol holatda bo‘ladi.

Masalan, avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarida datchiklar, ijro mexanizmlari yoki kontrollerlar zaxiralash orqali ishonchlilik oshiriladi. Funksional zaxiralash apparat vositalari sonini ko‘paytirishni talab qilgani sababli, xarajatlar nisbatan yuqori bo‘lishi mumkin, ammo tizimning umumiy ishonchliligi sezilarli darajada ortadi.

Algoritmik zaxiralash — bu tizimning apparat qismini ko‘paytirmasdan, dasturiy va matematik algoritmlar yordamida ishonchliligini oshirish usulidir. Ushbu usulda nosozliklarni aniqlash, xatoliklarni tuzatish va tizim ishini tiklash maxsus algoritmlar orqali amalga oshiriladi.

Algoritmik zaxiralash quyidagi imkoniyatlarni beradi:

- nosozliklarni erta aniqlash;
- noto‘g‘ri ishlayotgan elementni aniqlab, uni vaqtincha chetlab o‘tish;
- tizimning ish rejimini avtomatik qayta sozlash.

Avtomatik boshqaruv tizimlarida nosoz datchik ma’lumotlari o‘rniga matematik model asosida hisoblangan qiymatlar ishlatilishi mumkin. Shuningdek, boshqaruv algoritmlarining bir nechta variantlari bo‘lib, tizim sharoitga qarab eng mos algoritmni tanlaydi.

Algoritmik zaxiralashning asosiy afzalligi — qo‘shimcha apparat xarajatlarini talab qilmasligi va dasturiy ta’minot orqali moslashuvchanlikni oshirishidir. Biroq bu usul dasturiy ta’minotning murakkabligini oshiradi va yuqori malakali mutaxassislarni talab etadi.

Informasion zaxiralash — bu tizimdagi ma’lumotlarni zaxiralash va takroriy saqlash orqali ishonchlilikni oshirish usulidir. Ushbu usul axborotning yo‘qolishi yoki buzilishining oldini olishga qaratilgan. Informasion zaxiralash quyidagi shakllarda amalga oshiriladi:

−ma’lumotlarni bir nechta xotira qurilmalarida saqlash;

−axborotni kodlash va xatolarni aniqlovchi kodlardan foydalanish;

−zaxira nusxalar (backup) yaratish.

Masalan, sanoat avtomatlashtirish tizimlarida texnologik parametrlar, boshqaruv dasturlari va arxiv ma’lumotlari muntazam ravishda zaxiralab boriladi. Agar asosiy xotira ishdan chiqsa, zaxira xotiradagi ma’lumotlar orqali tizim ishini davom ettirish mumkin bo‘ladi.

Informasion zaxiralash axborot xavfsizligi va ishonchliligini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Bu usul apparat va dasturiy zaxiralash bilan birgalikda qo‘llanganda maksimal samaraga erishiladi.

3. Elektron qurilmalar va xisoblash tizimli darajasida zaxiralashni tashkil etish

Universal elektron qurilmalar va xisoblash tizimlari qurilmalarini zaxiralash xar xil darajada

bo‘ladi.

Elektron qurilmalar darajasida zaxiralash bir turdagi ko‘plab elektron qurilmalarlar orqali amalga oshiriladi, bu qo‘yilgan masalani yechish uchun zarur. Bunday hollarda tizimning ishonchliligini baholash xuddi sirpanuvchi zaxiralash kabi bo‘ladi. Universal elektron qurilmalarda barcha mavjud elektron qurilmalarning samaradorligidan foydalanish maqsadga muvofiq bo‘ladi.

Unda tizimning xususiyatlarini va tizim samaradorligini, samaradorlik tavsifi orqali baholash qulay bo‘ladi.

$$\prod eff = \sum_{i=1}^{n} \prod i \cdot K_i$$

bunda, $\prod_i$-vaqt birligida elektron qurilmalarning bajaradigan masalalari soni. n-tizimdagi elektron qurilmalar soni. K_i-elektron qurilmalarning samarodarligi va tayyorlik koeffitsienti.

Agar alohida elektron qurilmalar kanallar orasidagi adapterlar orqali tashqi qurilmalar umumiy xotira maydoniga boshqa usul bilan birlashtirilgan bo‘lsa, ular ko‘p mashinali XTlarini tashkil etadi. Bunday tizimning samaradorligi:

$$\prod eff.t = \sum_{j=1}^{m} \prod i \cdot K_i$$

bunda, m-tizim holatlarining soni; P_j-tizim j holatda bo‘lish ehtimolligi, P_j-tizimning samaradorligini j holatda bo‘lishi, P_j-ehtimolligi markov zanjiri usuli orqali aniqlanadi.

Bunday tizimlarning konfiguratsiyasi xar hil bo‘lishi mumkinligi sababli tizimning bog‘liqligini saqlashning ehtimolligini baholashda murakkab strukturali tizimning ishonchliligini hisoblash usulini qo‘llash kerak bo‘ladi, misol uchun minimal yo‘llar va kesishishlar usuli.

Qurilma darajasida zaxiralash. Universal elektron qurilmalarning strukturasining quyiroq darajadagi ierarxiyasini zaxiralash tashqi qurilmalar darajasida amalga oshiriladi. Masalani yechish uchun tashqi qurilmalarning ($T_{qur.}$) minimal soni talab etiladi.

Kodlar darajasida zaxiralash. Elektron qurilmalarda texnik hisoblash qurilmasi va tashqi xisoblash qurilmalarini ishonchliligini oshirish uchun xatoni topish va tuzatish kodlari qo‘llaniladi. Bu kodlarni qo‘llash axborot uzatish kanalidagi xatolarni ma’lum qismini tuzatish imkonini beradi yoki texnik hisoblash qurilmasi va DXQsining ba’zi yacheykalaridagi buzilish hollarida axborotni tiklash yoki magnit diskli tashuvchilarni yo‘llarini tiklash imkonini beradi. Bunday qurilmalarini ishonchliligini baholash zaxiralangan tizimlarni sirpanuvchi zaxiralash yo‘li bilan amalga oshiriladi.

Maxsuslashtirilgan va boshqaruvchi elektron qurilmalarni zaxiralash

Maxsuslashtirilgan va boshqaruvchi elektron qurilmalarda zaxiralash keng qo‘llaniladi, chunki bu tizimlarda ishonchlilikka bo‘lgan talab juda yuqori. elektron qurilmalar darajasida, ba’zan dasturiy ta’limot darajasida uch karra zaxiralash qo‘llaniladi. Ba’zi tizimlarda bir nechta elektron qurilmali zaxiralash qo‘llaniladi. Ishonchlilikni oshirish maqsadida ularning bir qismi yo‘qlangan zaxira tartibida ishlashi mumkin, bir qismi esa yo‘qlanmagan zaxirada bo‘ladi.

Lekin elektron qurilmalar darajasida zaxiralash ekonomik jihatdan qimmat bo‘ladi. Narxi, hajmi va og‘irligi chegaralangan xisoblash tizimlarining ishonchliligini oshirish uchun elektron qurilmalarning alohida qurilmalarini uch karra zaxiralash yoki bir nechta yo‘qilgan va yo‘qilmagan zaxiralashdan foydalaniladi.

Ma’suliyati katta bo‘lgan qismlarni ishonchliligini oshirish uchun uch karrali zaxiralash yoki to‘qilgan mantiqli zaxiralashdan foydalaniladi (u ortiqlik mantiqiy sxema ko‘rinishida bo‘lib, bitta qatlamdagi xato shu qatlamning o‘zida yoki mantiqiy elementning keyingi qatlamida to‘g‘irlanadi).

Elektron qurilmalarni zaxiralashning ko‘rib chiqilgan barcha usullar passiv zaxiralash xisoblanadi, chunki ularda tizimni rekonfiguratsiya qilish nazarda tutilmagan.

4. Xulosa. Texnik tizimlarning ishonchliligini oshirish zamonaviy muhandislik va avtomatlashtirish sohasining muhim masalalaridan biridir. Funksional, algoritmik va informasion zaxiralash usullari tizimning uzluksiz, xavfsiz va samarali ishlashini ta’minlashga xizmat qiladi.

Funksional zaxiralash apparat darajasida, algoritmik zaxiralash dasturiy darajada, informasion zaxiralash esa ma’lumotlar darajasida ishonchlilikni oshiradi. Ushbu usullarni kompleks tarzda qo‘llash texnik tizimlarning umumiy ishonchliligini sezilarli darajada oshiradi.

Adabiyotlar ro‘yhati

[1]. Sh.D. Sultonov, “Elektron qurilmalar ishonchliligi“, o'quv qo'llanma, Farg'ona, AlphaPrint-2024 y., 133 b.
[2]. S.S. Rasulova va boshq., “Hisoblash mashinalari va tizimlarining ishonchliligi”, o‘quv qo‘llanma, Toshkent, O'zbekiston yozuvchilar uyushmasi, 2005 y., 48 bet
[3]. A.A.Xalokov, “Radioelektron qurilmalar va tizimlarning ishonchliligi”, o'quv qo'llanma, Toshkent-Shafoat nur fayz, 2023 yil, 176 bet.
[4]. O.R. Abduraxmonov, Sh.R. Ibragimov. Boshqarish sistemalarining elementlari va qurilmalari. O'quv qo'llanma. O`zbekiston-2021y. 229 bet
[5]. A.A. Mamajonov, M.O. Sattorov, D.V. Xakimov. O’lchash usullari va vositalari. O‘quv qo 'llanma 2020.
[6]. В.Ю. Шишмарём., Технические измерения и приборы. –М.:Юрайт, 2021.-376с.
[7]. Constantin Codreanu. Basics of metrology, standardization and electrical measurements publishing house “tehnica-info” chişinău, 2021.
[8]. Иыуду К.А. Надежность, контроль и диагностика вычислительных машин и систем. М.: Высшая школа, 2001- 216с.
[9]. Гаибназаров Б.Б. Асбоб ва уларни элементларини синаш усуллари. Тошкент-Фан ва технология, 2015, 119 б.
[10]. Ястребецкий М.А., Иванов Г.М. Надежность автоматизированных систем управления. М.: Энергоатомиздат, 2007, 264 с.
[11]. Дружинин Г.В. Надежность автоматизированных производственных систем. М.: Энергоатомиздат, 2006, 480с.
[12]. Расулова С.С. Надежность вычислительных машин и систем. Учебное пособие. задачи и упражнения. ТашГТУ, 2000, 60с.
[13]. Сборник задач по курсу: «Теория надежности» / Свиридов А.П. и др. М.: МЭИ, 2001 – 125с.
[14]. Мейерс Г. Надежность программного обеспечения. М.: Энергоатомиздат, 2000, 250с.

PAST SUV BOSIMLI MIKRO-GESLARNI MATEMATIK MODELLASHTIRISH VA OPTIMALLASHTIRISH

M.M. Ismoilov[1], talaba M.M. Jumanova[2]

[1]Farg‘ona davlat texnika universiteti
(muslimbek.ismoilov@ferpi.uz)
[2]Farg‘ona davlat universiteti
(jumanovamushtariy5@gmail.com)

(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu tadqiqotda kichik suv oqimlarida (kanallar, kichik daryolar) o‘rnatiladigan past bosimli mikro gidroelektrstansiyalarining (mikro-GES) matematik modellari kompleks tahlil qilingan. Maqolada suvning oqim energiyasini mexanik energiyaga aylanish jarayoni differensial tenglamalar yordamida ifodalangan. Shuningdek, turbina vallaridagi yo‘qotishlar va gidravlik qarshiliklarni hisobga oluvchi koeffitsiyentlar tadqiq etilgan.*

Kalit so‘zlar*: mikro-GES, past bosim, matematik model, gidrodinamika, turbina, energetik balans, FIK.*

Аннотация*: В данной работе представлен всесторонний анализ математических моделей микрогидроэлектростанций низкого давления, установленных в малых водотоках (каналах, малых реках). В статье описывается процесс преобразования энергии потока воды в механическую энергию с использованием дифференциальных уравнений. Также изучены коэффициенты, учитывающие потери и гидравлическое сопротивление в валах турбин.*

Ключевые слова*: Микрогидроэлектростанция, низкое давление, математическая модель, гидродинамика, турбина, энергетический баланс, коэффициент полезной работы.*

Abstract*: This study presents a comprehensive analysis of mathematical models of low-pressure micro hydroelectric power plants (micro-hydropower plants) installed in small watercourses (canals, small rivers). The article describes the process of converting water flow energy into mechanical energy using*

differential equations. Coefficients that take into account losses and hydraulic resistances in turbine shafts are also studied.

***Keywords**: micro-hydroelectric power plant, low pressure, mathematical model, hydrodynamics, turbine, energy balance, useful work coefficient.*

Past suv bosimli mikro-GESlarni (Gidroelektr stansiyalari) matematik modellashtirish va optimallashtirish bugungi kunda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanishning dolzarb yo'nalishlaridan biridir. [1]. Global energetika inqirozi sharoitida mikro gidroenergetika (quvvati 100 kVt gacha bo‘lgan stansiyalar) ekologik toza va arzon energiya manbai sifatida namoyon bo‘lmoqda. O‘zbekiston sharoitida irrigatsiya kanallari va kollektorlarda suv bosimi odatda past (1.5 metrdan 5 metrgacha) bo‘ladi.[2]. Bunday sharoitda an’anaviy yirik turbinalar samarasiz bo‘lganligi sababli, maxsus past bosimli parrakli yoki shnekli turbinalarni matematik modellashtirish dolzarb hisoblanadi.

Past bosimli mikro-GESlarda suv oqimining harakatini tavsiflash uchun siqilmaydigan suyuqliklar uchun uzluksizlik tenglamasi va gidravlik quvvat modeli qo'llaniladi. Suv oqimining gidravlik quvvati (P_h) quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$P_h = \rho \cdot g \cdot Q \cdot H$$

Bunda: ρ — suvning zichligi (1000 kg/m³), g — erkin tushish tezlanishi (9.81 m/s²), Q — suv sarfi (m³/s) va H — suv bosimi (m).

Turbina rotorining harakat tenglamasi quyidagicha ifodalanadi:

$$J\,(d\omega / dt) = M_{turb} - M_{gen} - M_{fr}$$

Bunda J — inersiya momenti, ω — burchak tezligi, M_{turb} — turbina momenti, M_{gen} — generator momenti va M_{fr} — ishqalanish momenti.

Mikro-GESning umumiy foydali ish koeffitsiyenti (η_{total}) quyidagi qismlardan iborat:

$$\eta_{total} = \eta_h \cdot \eta_m \cdot \eta_e$$

Parametr nomi	Belgisi	Qiymati	Birligi
Suv bosimi	H	3 - 5	m
Suv sarfi	Q	0.5 - 2.0	m³/s
Maksimal quvvat	P_{max}	15 - 80	kVt
Umumiy FIK	η	0.75 - 0.82	-

Ishlab chiqilgan matematik model past suv bosimli mikro-GESlarning gidrodinamik jarayonlarini tavsiflashga xizmat qiladi. Ushbu model yordamida turbinaning har xil ish rejimlari uchun optimal aylanishlar chastotasini aniqlash va gidravlik yo‘qotishlarni minimallashtirish orqali samaradorlikni 5-8% ga oshirish imkoniyati mavjud. Past suv bosimli mikro-GESlarni matematik modellashtirish va optimallashtirish — bu gidrodinamika, elektrotexnika va hisoblash matematikasining kesishmasidagi murakkab jarayondir. Ushbu sohadagi tadqiqotlar chekka hududlarni elektr energiyasi bilan ta’minlash, suv resurslaridan oqilona foydalanish va "yashil" iqtisodiyotga o’tishda strategik ahamiyatga ega.

Adabiyotlar

[1]. Barlian, A., et al. "Mathematical Modeling of Low Head Micro-Hydro Turbines". Renewable Energy Journal, 2019.

[2]. Safarov A.A. "Kichik gidroenergetika qurilmalarining ish rejimlarini tadqiq qilish". Monografiya. – Toshkent, 2022.

[3]. V.V. Elizarov. "Gidrodinamika malix GES". – SPb.: Nauka, 2020.5. Metwally I.A. Failures, monitoring, and new trends of power transformers // IEEE potentials. – 2011
[4]. Müller, G. (2009). Water wheels as a source of renewable energy.
[5]. ScienceDirect va Google Scholar: "Low head micro hydro optimization" yoki "Mathematical modeling of Archimedes screw turbine"

TRANSFORMATORLARNING PARALLEL ISHLASHI, AFZALLIKLARI VA TEXNIK SHARTLARI

M.M. Ismoilov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
(muslimbek.ismoilov@ferpi.uz)
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Transformatorlar energetika tizimining eng qimmat elementlaridan biri bo‘lganligi sababli, bu transformatorlarni har yili yangilash atiga 3-5% dan oshmaydi. Shu sababli, bunday hajmdagi uskunalarni har yili almashtirish, ta’mirlash o‘tkazish yuqori mablag‘ va vaqt talab etadi.. Bugungi kunda elektr jihozlarining ishlashidagi monitoring va diagnostika holatini h, ta’mirlash, ish faoliyatini baholash va bunday qurilmalarning ishlash muddatini uzaytirish uchun yangi yondashuvlar va usullarni topishga qaratilgan e’tiborni kuchaytirish dolzarb masala hisoblanadi.*
Kalit so‘zlar*: transformatorlar, parallel ishlash sharti, nominal shartlar, tejamkorlik, energetika tizimi.*

Аннотация*: Поскольку трансформаторы являются одними из самых дорогостоящих элементов энергосистемы, ежегодное обновление этих трансформаторов не превышает 3-5%. Поэтому ежегодная замена и ремонт оборудования такого размера требует больших денежных и временных затрат, а повышение внимания к поиску новых подходов и методов является актуальным вопросом.*
Ключевые слова*: трансформаторы, режим параллельной работы, номинальный режим, экономика, энергосистема.*

Abstract*: Since transformers are one of the most expensive elements of the power system, the annual renewal of these transformers does not exceed 3-5%. Therefore, the annual replacement and repair of such equipment requires high costs and time. Today, it is an urgent issue to increase attention to the monitoring and diagnostics of the operation of electrical equipment, to find new approaches and methods for repair, performance assessment and extension of the service life of such devices.*
Keywords*: transformers, parallel operation condition, nominal conditions, efficiency, energy system.*

Transformatorlarni parallel ulash quyidagi muhim imkoniyatlarni beradi: **Ishonchlilikning ortishi:** Agar bitta transformator nosozlik tufayli ishdan chiqsa yoki ta’mirlashga muhtoj bo‘lsa, yuklamaning bir qismini parallel ishlayotgan boshqa transformatorlar zimmasiga olishi mumkin. Bu iste’molchilarni elektr energiyasidan butunlay uzilib qolishidan saqlaydi.

Iqtisodiy samaradorlik: Past yuklama vaqtida (masalan, tunda) transformatorlarning bir qismini o‘chirib qo‘yish orqali "salt ishlash" (xoldostoy xod) isroflarini kamaytirish mumkin.

Moslashuvchanlik: Tizimdagi umumiy yuklama ortib borgan sari, mavjud transformatorlarni almashtirmasdan, ularga parallel ravishda yangi transformator qo‘shish orqali quvvatni oshirish imkoniyati mavjud. Transformatorlarning parallel ishlashi nima uchun kerak?

Transformatorlarning parallel ishlashi ikkita yoki undan ko‘p transformatorlarni bitta tarmoqqa ulash va ularni sinxron ishlashini o‘z ichiga oladi, bu kuchlanish va chastotaning o‘zgarmas bo‘lishini ta’minlaydi. Ushbu yondashuv bitta yuqori quvvatli transformatordan foydalanishga nisbatan bir qator afzalliklarni beradi [2].

Avvalo, transformatorlarning parallel ishlashi elektr ta’minoti tizimining umumiy quvvatini oshirishga yordam beradi, chunki bunday transformatorlarning umumiy quvvati ularning individual quvvatlari yig‘indisiga teng [4]. Bu xususiyat kichikroq o‘lchamdagi va og‘irlikdagi

transformatorlardan foydalanishga imkon beradi va shu bilan ularni tashish, o‘rnatish va texnik xizmat ko‘rsatishni osonlashtiradi.

Bundan tashqari, parallel ishlash yuklamalarni transformatorlar o'rtasida teng ravishda yoki mijozlar ehtiyojlariga qarab taqsimlash imkonini beradi va shu bilan elektr ta’minoti tizimining samaradorligi va iqtisodiy foydasini oshiradi (1-rasm).

1-rasm. Parallel ulangan transformatorlarning ko‘rinishi.

Transformatorlar o‘zaro parallel ishlashi uchun ma’lum texnik talablarga javob berishi kerak. Agar ushbu shartlar bajarilmasa, transformatorlar orasida tenglashtiruvchi oqimlar paydo bo‘ladi, bu esa ortiqcha qizishga va hatto avariyaga olib kelishi mumkin.

Transformatorlar o‘zaro xavfsiz parallel ishlashi uchun quyidagi to‘rtta asosiy shart bajarilishi shart:

Ulanish guruhlarining mosligi: Bu eng muhim shart hisoblanadi. Agar ulanish guruhlari (masalan, Y/Y-0 va Y/Δ-11) mos kelmasa, ikkilamchi kuchlanish vektorlari orasida burchak farqi yuzaga keladi. Bu holatda vujudga keladigan tenglashtiruvchi oqim qisqa tutashuv oqimiga yaqinlashib, uskunani ishdan chiqaradi.

Transformatsiya koeffitsiyentlarining tengligi. Ruxsat etilgan farq ±0.5%. Agar koeffitsiyentlar turlicha bo‘lsa, salt ishlash rejimida ham o‘zaro aylanma oqimlar oqib o‘tadi va isroflar ortadi.

Qisqa tutashuv kuchlanishlarining tengligi (u_k %). Ruxsat etilgan farq ±10%. Yuklama transformatorlar o‘rtasida ularning u_k qiymatlariga teskari mutanosib ravishda taqsimlanadi. u_k qiymati kichik bo‘lgan transformator tezroq yuklanadi.

Quvvatlar nisbati: Parallel ulanayotgan transformatorlar quvvati o‘rtasidagi farq 3 baravardan oshmasligi tavsiya etiladi ($S_{n.max} / S_{n.min} \leq 3$).

Yuklamaning taqsimlanishi quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$S_1 / S_2 = (S_{n1} / S_{n2}) * (u_{k2} / u_{k1})$$

Yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan muammolar

Muammo	Sababi	Natijasi
Aylanma oqimlar	Guruhlar yoki koeffitsiyentlar farqi	Salt ishlashda qizish, FIK pasayishi
Notekis yuklanish	uk farqi	Bitta transformatorning muddatidan oldin eskirishi
Reaktiv quvvat muvozanati	Qarshiliklar farqi	Tarmoqda qo‘shimcha energiya isroflari

Transformatorlarni parallel ishlatish — energiya tejamkorligi uchun ajoyib yechim, biroq u yuqori

aniqlikdagi hisob-kitoblarni talab qiladi. Amaliyotda har doim bir xil zavodda ishlab chiqarilgan, bir xil rusumli va bir xil parametrli transformatorlarni parallel ulash eng xavfsiz va samarali yo‘l hisoblanadi.

Adabiyotlar

[1]. EFE Serhat Berat and Mehmet CEBEC˙I. Power flow analysis by artificial neural network. a a, 3:1, 2013
[2]. Тюрюмина А.В., Секацкий В.С., Батрак А.П. Современное состояние вопроса диагностики силовых трансформаторов // Современные материалы, техника и технологии. – 2015
[3]. Тюрюмина А.В., Секацкий В.С., Батрак А.П. Диагностика состояния силового трансформатора в критических условиях эксплуататsii. Сложные системы в экстремальных условиях: тез. докл. XVIII Всерос. симп. с междунар. участием; отв. ред. Р.Г. Хлебопрос, В.Г. Суховольский, О.В. Крюкова. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2016
[4]. Managing aged transformers / Kurtz C., Ford G., Vainberg M. [et al.] // Transmission & Distribution World. – 2005
[5]. Metwally I.A. Failures, monitoring, and new trends of power transformers // IEEE potentials. – 2011.

UDK 620.91.:621.383.51

PARABOLATSILINDRIK KONSENTRATORLI GIBRID QUYOSH ISSIQLIK FOTOELEKTR MODULINING ENERGETIK SAMARADORLIGINI TADQIQ ETISH

S.F. Ergashev[1], X.N. Axmedova[2]

[1]Farg’ona davlat texnika universiteti
[2]Qayta tiklanuvchi energiya manbalari milliy ilmiy-tadqiqot instituti tayanch dokdoranti
E-mail: c@gmail.com ORCID: https://orcid.org/0009-0000-1316-3405
Email: abonu5956@gmail.com

(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada parabolatsilindrik konsentratorli quyosh issiqlik fotoelektr modulining (PV/T) konstruksiyasi va energetik xarakteristikalari tadqiq etilgan. Tizimning elektr va issiqlik samaradorligini oshirish usullari tahlil qilinib, quyosh nuri konsentratsiyasi sharoitida fotoelementlarning harorat rejimlari o’rganilgan.*

Kalit so’zlar: *Quyosh energiyasi, parabolatsilindrik konsentrator, fotoelektr modul, gibrid tizim, issiqlik samaradorligi.*

Annotation. *This paper investigates the design and energetic characteristics of a solar photovoltaic/thermal (PV/T) module with a parabolic trough concentrator. Methods for increasing electrical and thermal efficiency are analyzed, and the temperature regimes of photovoltaic cells under concentrated sunlight are studied.*

Keywords. *Solar energy, parabolic trough concentrator, photovoltaic module, hybrid system, thermal efficiency.*

Аннотация. *В данной статье исследуются конструкция и энергетические характеристики солнечного теплового фотоэлектрического модуля (ФЭТ) с параболоцилиндрическим концентратором. Анализируются методы повышения электрического и теплового КПД, изучены температурные режимы фотоэлементов в условиях концентрации солнечного излучения.*

Ключевые слова. *Солнечная энергия, параболоцилиндрический концентратор, фотоэлектрический модуль, гибридная система.*

Kirish. Global energiya kamligi va ekologik muammo ko’pligi quyosh energiyasidan kompleks foydalanishni taqozo etmoqda. Oddiy fotoelektr panellar quyosh energiyasida faqat 15-20% qismini elektr energiya aylantiradi, qolgan qismi esa issiqlik sifatida isrof bo’lib boradi. Parabolatsilindrik konsentratorlar (PTC) yordamida nurlarni kichik yuzasiga jamlash va resiverdagi issiqlikni utilizatsiya qilish orqali samaradorlikni 70-80% gacha ko’tarib berish imkoniyati mavjud.[1]

Adabiyotlar tahlili. So’nggi yillarda tizimlari bo’yicha dunyo miqyosida bir qancha tadqiqot ishlari olib borilgan: Bunga K.Sopian va boshqalar tomonidan konsentratorli tizimlarda sovitish suyuqligining turi (nanosuyuqliklar) samaradorlikka ta’siri o’rganilgan va qo’llanilgan.

H.G. Teo tadqiqotlarida esa faol sovitish tizimining fotoelementi ish muddatini 15-20% ga uzaytirishi isbotlangan.

O'zbekiston sharoitida N.R. Avezova va B.E. Xayriddinovlar tomonidan quyosh qurilmalarining issiqlik texnik ko'rsatkichlari bo'yicha fundamental ishlar bajarilgan. Biroq, parabolatsilindrik tizimlarda PV-modullarning geometrik joylashuvi va notekis nurlanish taqsimoti optimallash yakunlanmagan.

Tadqiqot metodikasi. Ishlab chiqilganda modul parabolik ko'zgu va uning fokusida joylashib turgan qurilmali moduldan iborat. Resiverning old yuzasida yuqori samarali fotoelementlar, orqa tomonida esa issiqlik olib ketuvchi kanal joylashgan bo'ladi.

Tadqiqot ob'ekti parametrlari:

Konsentratorning ochilish burchagi va shu tomoni: $90^0 – 120^0$

Geometrik konsentratsiya koeffitsienti: C = 10 / 50.

Sovitish agenti: Suv yoki antifriz.

Matematik model va formulalar. Tizimning energetik balansi quyidagi tenglamalar orqali aniqlanadi:

1. Resiverga tushayotgan quyosh radiatsiyasi:

$$G_{res} = G_b \cdot \rho \cdot \gamma \cdot \cos(\theta) \cdot C$$

Bu yerda:

G_b - to'g'ri quyosh radiatsiyasi,

ρ - qaytarish koeffitsienti,

γ - gamma — qamrash koeffitsienti.

2. Fotoelementning haroratga bog'liq elektr FIK:

$$\eta_{el} = \eta_0\left[1 - \beta\left(T_{\rho v} - 25\right)\right]$$

Bu yerda:

β - harorat koeffitsienti (kremniy uchun = 0.0045 \ K^{-1})

3. Foydali issiqlik quvvati:

$$Q_{use} = \dot{m} C_p (T_{out} - T_{in})$$

Bu yerda:

$\dot{m}$— suyuqlik sarfi,

C_p — issiqlik sig'imi.

Olingan natijalar va tahlil. O'tkazilgan tajriba va hisob-kitoblar natijasida Parabolatsilindrik konsentratorli gibrid quyosh issiqlik fotoelektr modulining energetik samaradorligini tadqiq etishda quyidagilar aniqlandi: Konsentratsiya darajasi C=15 bo'lgan, fotoelement harorati sovitmasdan 140°C ga yetdi, bu esa modulni ishdan chiqaradi.

Suyuqlik sarfi 0.02 kg/s bo'lgan, fotoelement harorati 45-50°C da yuqori darajaga yetadi. Gibrid modulning umumiy foydali ish koeffitsienti (elektr + issiqlik) an'anaviy PV panellarga nisbatan 3.5 marta yuqori ekanligi tasdiqlandi.[3]

Ilmiy yangilik: Tadqiqot davomida konsentratorning fokus masofasi va konsentratorli gibrid quyosh issiqlik fotoelektr modulining geometrik o'lchamlari orasidagi bog'liqlik optimallashtirildi. Fotoelement sirtida nurlanishning notekis taqsimlanishini kamaytirib boradi.

1. Konsentratsiyalangan nurlanishning notekislik koeffitsienti optimallashtirildi

Parabolatsilindrik konsentratorning geometrik parametrlarida va resiver yuzasidagi nurlanish zichligining taqsimoti orasidagi bog'liqlik aniqlanib boriladi. Fotoelement yuzasida nurlanishning notekis taqsimlanishini kichiklashtirilganda optimal fokus masofasi va kamayib borish kengligi nisbati ishlab chiqiladi, bu esa lokal qizib ketish (hotspots) xavfini kamaytirib boradi.

2. Issiqlik uzatishning yangi dinamik modeli ishlab chiqildi. Fotoelektr modul va issiqlik almashinuvchi kanal orasidagi issiqlik o'tish jarayonlarining quyosh radiatsiyasi intensivligiga bog'liq holda matematik modeli taklif qilind. Bu model an'anaviy modellardan farqli bo'lib, suyuqlik sarfining o'zgarishi fotoelement samaradorligini real vaqtda bashorat qilish imkonini beradi.[4]

3. Gibrid tizimning energetik ishonchliligi mezoni takomillashtirildi. Konsentratorli PV/T tizimlar uchun elektr va issiqlik energiyasining ekvivalentligini hisobga oluvchi umumlashtirilgan foydali ish koeffitsienti (FIK) metodikasi ishlab chiqildi. Bunda birinchi marta nurlanish darajasining (C) va sovutish suyuqligining kirish harorati o'rtasidagi o'zaro ta'sir koeffitsientlari kiritildi.
4. Konstruksion materiallarning asosiy xususiyatlari aniqlandi. Resiver yuzasiga qoplanadigan va fotoelementlar ustini yopuvchi maxsus himoya qatlamlarining (shisha yoki polimer) nurlanishni o'tkazish va qaytarish xususiyatlari konsentratsiyalangan nurlar oqimi ostida tadqiq etildi. Yuqori nurlanish oqimida fotoelementning ishlashini sekinlashtib boruvchi yutilish rejimi asoslab berildi.

Xulosa. Parabolatsilindrik konsentratorli gibrid quyosh issiqlik fotoelektr modulini (PV/T) ishlab chiqishda va tadqiq etish natijasida quyidagi xulosalarga ega bo'lindi: Konstruksion optimallashtirish: Parabolatsilindrik konsentrator yordamida quyosh nurlarini resiver yuzasiga jamlash orqali fotoelementlarning faol sirtidan foydalanish samaradorligi C=15 \div 20 marta oshirildi. Bu esa qimmatbaho yarimo'tkazgich materiallar sarfini sezilarli darajada kamaytirish imkonini beradi.[1]

Issiqlik rejimi va sovitish tizimi: Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, konsentrlangan nurlar ostida fotoelektr modulning harorati kritik darajaga (120-150°C) tez ko'tariladi. Ishlab chiqilgan suyuqlik asosidagi sovitish tizimi orqali ishchi haroratni 45-55°C oralig'ida saqlashga erishildi, bu esa elektr energiyasi ishlab chiqarish samaradorligining pasayishini oldini oldi.

Energetik samaradorlik: Gibrid tizimning umumiy foydali ish koeffitsienti (FIK) an'anaviy fotoelektr panellardan farqli bolib elektr, balki issiqlik energiyasini ham hisobga olgan holda 65-72% ni tashkil etdi. Bunda olingan issiqlik energiyasining o'zi umumiy energiya balansining taxminan 45-50% qismini egallaydi.

Iqtisodiy va amaliy istiqbollar: Taklif etilgan bu modul O'zbekistonning iqlim sharoitida, ayniqsa to'g'ri quyosh radiatsiyasi yuqori bo'lgan janubiy hududlarda yiliga 300 kundan ortiq samarali ishlash imkoniyatiga ega. [4] Tizimni sanoat korxonalari va qishloq xo'jaligi ob'ektlarida qo'llash orqali elektr va issiq suvga bo'lgan ehtiyojni avtonom tarzda qoldirish mumkin. Shuning uchun yaxshi sharoit bor joyda qo'llab foydalansa bo'ladi.

Adabiyotlar

[1]. Duffie, J.A., Beckman, W.A. "Solar Engineering of Thermal Processes", Wiley, 2013.
[2]. Sopian, K., et al. "Performance of a double pass photovoltaic thermal (PV/T) solar collector", Renewable Energy, 2000.
[3]. Avezova N.R. "Quyosh issiqlik energetikasi tizimlari", Toshkent, 2018.
[4]. Tyagi, V.V., et al. "Progress in solar PV/T systems: An overview", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2012.

AKKAMULYATOR BATAREYALARNI ENERGIYASINI SAQLASH TIZIMLARI: QAYTA TIKLANADIGAN ENERGIYADA TAKLIF-TALAB NOMUTANOSIBLIGINI HAL QILISHNING KALITI

tayanch doktorant B.T. Jobborov

Farg'ona davlat texnika universiteti,
e-mail: jobborovbaxodir95@gmail.com

(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya.*Qayta tiklanadigan energiya manbalarining (quyosh va shamol energiyasi kabi) intervalgacha va beqaror tabiati elektr energiyasi tizimlarida talab va taklif o'rtasida nomutanosiblikni yuzaga keltiradi. Ushbu maqolada batareya energiyasini saqlash tizimlarining (BESS) qayta tiklanadigan energiya manbalarini elektr tarmoqlariga samarali integratsiyalashdagi o'rni va ahamiyati tahlil qilinadi. BESS texnologiyalari real vaqt rejimida energiya ishlab chiqarish va iste'mol o'rtasidagi tafovutni muvozanatlash, ortiqcha energiyani saqlash va talab yuqori bo'lgan davrlarda uni qayta tarmoqqa uzatish imkonini beradi. Maqolada sanoat miqyosidagi va hisoblagich ortida o'rnatiladigan batareya tizimlarining*

qo‘llanilish sohalari, quvvat diapazonlari hamda funksional imkoniyatlari ko‘rib chiqilgan. Shuningdek, so‘nggi yillarda batareya texnologiyalarining rivojlanishi, ularning narxining pasayishi va global miqyosda energiya saqlash quvvatlarining o‘sish tendensiyalari yoritilgan. Tadqiqot natijalari batareya energiyasini saqlash tizimlari barqaror, ishonchli va moslashuvchan elektr energetika tizimlarini shakllantirishda muhim ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: *batareya energiyasini saqlash tizimi (BESS), qayta tiklanadigan energiya, talab va taklif muvozanati, elektr tarmoqlari, energiya boshqaruvi.*

Аннотация.*Непрерывно изменяющийся и прерывистый характер возобновляемых источников энергии, таких как солнечная и ветровая энергия, приводит к дисбалансу между спросом и предложением в электроэнергетических системах. В данной статье рассматривается роль и значение систем накопления энергии на аккумуляторных батареях (Battery Energy Storage Systems, BESS) в эффективной интеграции возобновляемых источников энергии в электрические сети. Технологии BESS обеспечивают гибкость энергосистем за счёт балансирования производства и потребления электроэнергии в реальном времени, накопления избыточной энергии и её последующей подачи в сеть в периоды пикового спроса. В работе проанализированы области применения промышленных аккумуляторных систем и систем, устанавливаемых за счётчиком, их диапазоны мощности и функциональные возможности. Также рассмотрены тенденции снижения стоимости аккумуляторных технологий и роста глобальных объёмов хранения энергии за последние годы. Полученные результаты подтверждают ключевую роль систем накопления энергии в формировании устойчивых, надёжных и гибких электроэнергетических систем.*

Ключевые слова: *системы накопления энергии, аккумуляторные батареи, возобновляемая энергетика, баланс спроса и предложения, электроэнергетические сети.*

Abstract.*The intermittent and variable nature of renewable energy sources, such as solar and wind power, creates significant challenges in balancing electricity supply and demand. This paper examines the role and importance of Battery Energy Storage Systems (BESS) in enabling the effective integration of renewable energy into power grids. BESS technologies provide system flexibility by balancing real-time electricity generation and consumption, storing excess energy during periods of surplus generation, and supplying it back to the grid during peak demand periods. The study analyzes the applications of utility-scale and behind-the-meter battery systems, their power capacity ranges, and functional characteristics. In addition, recent trends in battery technology development, cost reduction, and the global growth of energy storage capacity are discussed. The findings highlight that battery energy storage systems are a key component in achieving reliable, flexible, and sustainable power systems with a high share of renewable energy.*

Key words: *battery energy storage systems, renewable energy, supply-demand balance, power grids, energy management.*

1.Kirish. Qayta tiklanadigan energiya manbalarining uzluksiz tabiati elektr ta'minotida muammolarni keltirib chiqaradi. Quyosh panellari faqat yorug'lik vaqtida elektr energiyasini ishlab chiqarishi mumkin, shamol turbinalari esa ob-havo sharoitlariga bog'liq[1].Energiya tizimlari quyosh va shamol energiyasi kabi intervalgacha qayta tiklanadigan energiya manbalarini tobora integratsiyalashgani sababli, har qanday vaqtda elektr energiyasini ta'minlay oladigan moslashuvchan va ishonchli elektr tarmoqlariga ehtiyoj bor[2].

Batareya energiyasini saqlash tizimi (BESS) real vaqtda talab va taklifni muvozanatlash uchun moslashuvchanlikni ta'minlash orqali talab va taklif o'rtasidagi bu bo'shliqlarni bartaraf qilishi mumkin[3].Qayta tiklanadigan energiya ishlab chiqarish talabdan oshib ketganda, batareyalar keyinchalik foydalanish uchun ortiqcha elektr energiyasini saqlaydi, bu esa elektr tarmoqlariga qayta tiklanadigan energiyaning yuqori ulushini qabul qilish va vaqt va ob-havodan qat'iy nazar elektr ta'minotini ta'minlash imkonini beradi[4].

2018 yildan beri energiyani saqlashdan asosiy foydalanish energiya iste'molini o'zgartirmoqda, bu 2024 yilda umumiy qo'shilgan quvvatning 67 foizini tashkil qiladi[5].Bu ko'pincha past bozor narxlari yoki ortiqcha ishlab chiqarish davrida qayta tiklanadigan energiyani saqlash uchun batareyalardan foydalanishni, so'ngra narxlar yuqori bo'lganda talabning eng yuqori cho'qqisi davrida uni tarmoqqa qaytarishni o'z ichiga oladi[6].

Elektr batareyalari ikkita asosiy toifaga bo'linadi: sanoat batareyalari va hisoblagich orqasida o'rnatilgan batareyalar[7]. Sanoat batareyalari tarqatish yoki uzatish tarmoqlariga, shuningdek, energiya ishlab chiqarish ob'ektlariga ulangan.

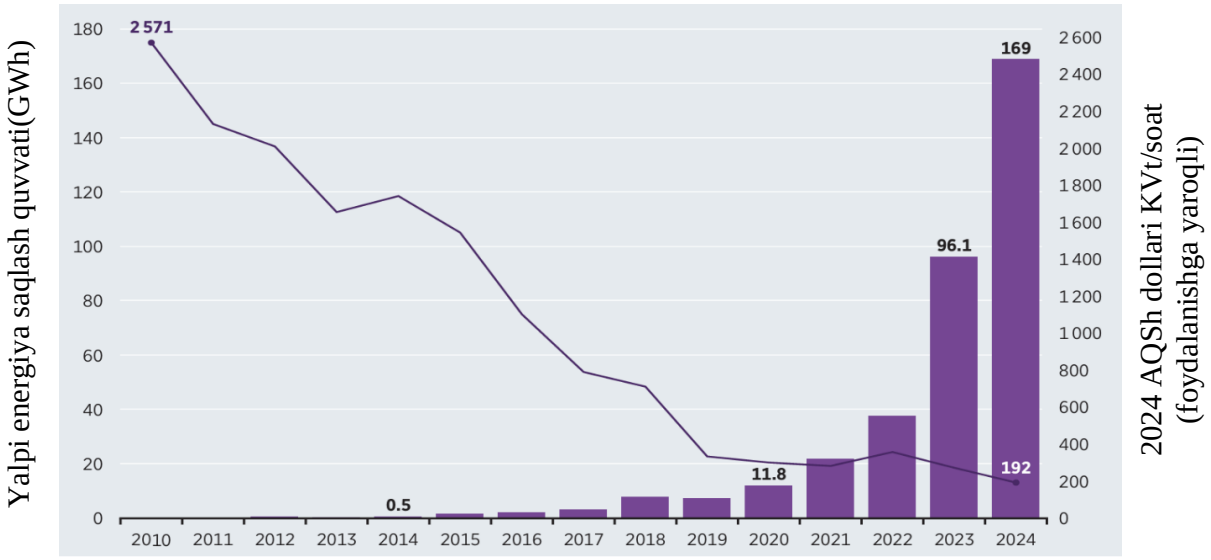
Bunday tizimlarning quvvati odatda bir necha megavatt-soatdan yuzlab megavatt-soatgacha o'zgarib turadi va chastotani tartibga solish va quvvatni qayta taqsimlash kabi tarmoq ilovalari uchun ishlatiladi[8].

Hisoblagichdan keyingi tizimlar tijorat, sanoat va maishiy mijozlar tomonidan qo'llaniladi. Ular odatda uyingizda quyosh fotovoltaik (PV) tizimlari bilan birgalikda o'rnatiladi va birinchi navbatda elektr to'lovlarini tejash, talabni boshqarish va zaxira quvvat manbai sifatida xizmat qilish uchun ishlatiladi[9].

Batareya texnologiyalarining xilma-xilligi energiya saqlash tizimlariga qo'yiladigan turli talablarni aks ettiradi. Batareyalarning har bir turi o'ziga xos xususiyatlarga ega bo'lib, ular energiyani saqlashning o'ziga xos talablariga javob berishga imkon beradi, xoh tarmoqdagi o'zgarishlarga tezkor javob berish, xoh bir zumda energiya etkazib berishni talab qilish yoki uzoq vaqt davomida energiya sarflanishi kerak bo'lgan uzoq muddatli saqlash.

So'nggi 15 yil ichida butun dunyo bo'ylab texnologik taraqqiyot va ishlab chiqarishning kengayishi tufayli qayta zaryadlanuvchi batareyalar narxi sezilarli darajada pasayib, miqyos iqtisodiga olib keldi.o'nggi 15 yil ichida butun dunyo bo'ylab texnologik taraqqiyot va ishlab chiqarishning kengayishi tufayli qayta zaryadlanuvchi batareyalar narxi sezilarli darajada pasa chida butun dunyo bo'ylab texnologik taraqqiyot va ishlab chiqarishning kengayishi tufayli qayta zaryadlanuvchi batareyalar sezilarli darajada pasayib, miqyos iqtisodiga olib khun 32 foizga kamaydi[10].

Dunyo miqiyosida yalpi batareyani saqlash hajmi yil bo'yicha qo'shimchalar va kVt / soat uchun o'rnatilgan elektr energiyasini saqlash loyihasining umumiy xarajatlari, 2010-2024



Yalpi energiya saqlash hajmi qo'shimchalari,dunyo miqiyosida.Umumiy o'rnatilgan energiya saqlash loyihasi qiymati,dunyo miqiyosida.

Xulosa. Qayta tiklanadigan energiya manbalarining intervalgacha va beqaror tabiati sababli yuzaga keladigan talab va taklif nomutanosibligi muammolari hamda ularni bartaraf etishda batareya energiyasini saqlash tizimlarining (BESS) ahamiyati tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, BESS texnologiyalari elektr energiyasi tizimlarining moslashuvchanligini oshirish, qayta tiklanadigan energiya m\anbalarini tarmoqqa chuqur integratsiyalash va elektr ta’minotining ishonchliligini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi.

Maqolada sanoat miqyosidagi va hisoblagich ortida o‘rnatiladigan batareya tizimlarining funksional imkoniyatlari, qo‘llanilish sohalari hamda ularning elektr tarmoqlari barqarorligiga qo‘shadigan hissasi ko‘rib chiqildi. Shuningdek, energiya saqlash tizimlarining energiya iste’molini vaqt bo‘yicha siljitish, talab cho‘qqilarini kamaytirish va chastotani tartibga solish kabi muhim vazifalarni bajarishi asoslab berildi.

So‘nggi yillarda batareya texnologiyalarining jadal rivojlanishi va ularning tannarxining pasayishi BESS tizimlarini iqtisodiy jihatdan yanada maqbul qilmoqda. Bu esa kelajakda qayta tiklanadigan energiya manbalarining ulushini oshirish, uglerod chiqindilarini kamaytirish va barqaror energetika tizimlarini shakllantirish uchun keng imkoniyatlar yaratadi. Xulosa qilib aytganda, batareya energiyasini saqlash tizimlari qayta tiklanadigan energetika asosidagi zamonaviy elektr energetika tizimlarining ajralmas va strategik muhim elementi hisoblanadi.

Adabiyotlar ro‘yxati

[1]. IEA (International Energy Agency).Energy Storage. Paris: IEA, 2023.
[2]. IRENA (International Renewable Energy Agency).Electricity Storage and Renewables: Costs and Markets to 2030. Abu Dhabi: IRENA, 2017.
[3]. Luo, X., Wang, J., Dooner, M., Clarke, J.Overview of current development in electrical energy storage technologies and the application potential in power system operation.Applied Energy, vol. 137, pp. 511–536, 2015.
[4]. .Divya, K. C., Østergaard, J.Battery energy storage technology for power systems—An overview. Electric Power Systems Research, vol. 79, no. 4, pp. 511–520, 2009.
[5]. Zakeri, B., Syri, S.Electrical energy storage systems: A comparative life cycle cost analysis. Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 42, pp. 569–596, 2015.
[6]. U.S. Department of Energy.Grid Energy Storage. Washington, DC: DOE Office of Electricity, 2020.
[7]. Chen, H., Cong, T. N., Yang, W., Tan, C., Li, Y., Ding, Y.Progress in electrical energy storage system: A critical review.Progress in Natural Science, vol. 19, no. 3, pp. 291–312, 2009.
[8]. BloombergNEF.Global Energy Storage Market Outlook. Bloomberg Finance L.P., 2024.
[9]. IEEE Power & Energy Society.Battery Energy Storage Systems for Power Grid Applications. IEEE, 2018.
[10]. Schmidt, O., Melchior, S., Hawkes, A., Staffell, I.Projecting the future levelized cost of electricity storage technologies.Joule, vol. 3, no. 1, pp. 81–100, 2019.

UDK 620.91, 548

QUYOSH PANELLARI YUZASINI CHANGDAN TOZALAYDIGAN AVTOMATIK TIZIMNI ISHLAB CHIQISH

U.Z. Axmadjonov, D.T. Yusupov, Sh.O. Bebitov, F.F. Sodiqov

Qayta tiklanuvchi energiya manbalari milliy ilmiy-tadqiqot instituti
**Mas’ul muallif, e-mail: dilshod8006@mail.ru*
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Quyosh panellari samaradorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatuvchi chang, qum va boshqa muammolarni bartaraf etish uchun avtomatlashtirilgan tozalash tizimini ishlab chiqish masalalari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi quyosh panellarining ish unumdorligini oshirish, uning xizmat muddatini uzaytirish hamda texnik xizmat ko‘rsatish xarajatlarini kamaytirishga qaratilgan. Ish jarayonida changlanish darajasini aniqlovchi datchiklar, boshqaruv bloki sifatida mikrokontroller hamda mexanik tozalash elementlari asosida ishlovchi avtomatik tizim ko‘rib chiqilgan. Tizim panellar yuzasidagi changlanish darajasini monitoring qilib, belgilangan chegaradan oshganda avtomatik ravishda tozalash jarayonini ishga tushirilgan. Tozalash mexanizmi cho‘tka va harakatlantiruvchi motor yordamida amalga oshirilgan, zaruratga qarab suvli yoki quruq usuldan foydalanilgan.*

Kalit so‘zlar: *Quyosh paneli, tabiiy shamollatish, chang, gibrid tizimi, energiya tejamkorlik, mikrokontrollerlar, sensorlar, robotlashtirilgan tozalash tizimlari.*

Аннотация. *Рассмотрены вопросы разработки автоматизированной системы очистки для устранения пыли, песка и других факторов, негативно влияющих на эффективность солнечных панелей. Основная цель исследования заключается в повышении производительности солнечных панелей, увеличении срока их службы, а также снижении затрат на техническое обслуживание. В ходе работы рассмотрена автоматическая система, функционирующая на основе датчиков, определяющих степень запылённости, блока управления на базе микроконтроллера, а также механических элементов очистки. Система осуществляет мониторинг уровня загрязнения поверхности панелей и при превышении заданного порога автоматически запускает процесс очистки. Очистка выполняется с помощью щётки и приводного двигателя, при необходимости применяется сухой или водный способ очистки.*

Ключевые слова: *солнечная панель, естественная вентиляция, пыль, гибридная система, энергосбережение, микроконтроллеры, датчики, роботизированные системы очистки.*

Abstract. *This paper considers the development of an automated cleaning system designed to eliminate dust, sand, and other factors that negatively affect the efficiency of solar panels. The main objective of the study is to increase the performance of solar panels, extend their service life, and reduce maintenance costs. During the research, an automatic system based on dust level sensors, a microcontroller-based control unit, and mechanical cleaning elements is proposed. The system monitors the level of contamination on the panel surface and automatically initiates the cleaning process when a specified threshold is exceeded. The cleaning is carried out using a brush and a drive motor, with either dry or water-based methods applied as needed.*

Keywords: *solar panel, natural ventilation, dust, hybrid system, energy efficiency, microcontrollers, sensors, robotic cleaning systems.*

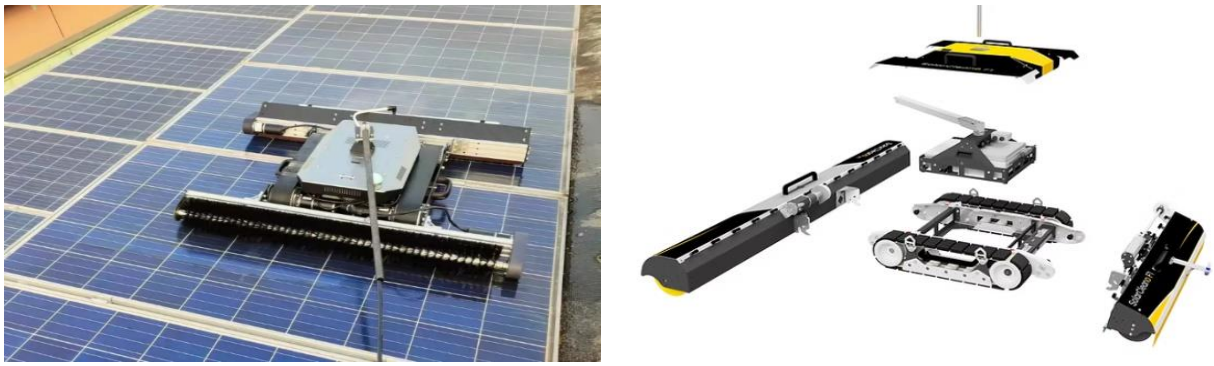
1. Kirish. Dunyoda quyosh energiyasi barqaror qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan biridir. Biroq, quyosh fotoelektrik modullarining samaradorligi atrof-muhit sharoitlariga bog‘liq bo‘ladi. Asosiy muammo quyosh paneli yuzasini ifloslanishi bo‘lib, panellarning yuzasida to‘plangan changlar quyosh nurlari o‘tishini to‘sish natijasida samaradorlik keskin kamayib ketishiga olib keladi [1]. An’anaviy tozalash usullarida ko‘p mehnat va suv talab qilinadi, shuningdek, baland binolarda yoki yirik quyosh stantsiyalarida ko‘plab ishchi kuchi talab qilinadi. Shu sababli, avtomatlashtirilgan tizimlar barqaror va iqtisodiy jihatdan samarali yechim bo‘la oladi [2]. Ushbu tizimlar nafaqat maksimal energiya ishlab chiqarishni, balki quyosh panellarining ishlash muddatini ham uzaytiradi Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, quyosh fotoelektr va issiqlik energiyasini birgalikda ishlab chiqaruvchi gibrid tizimlar issiqxona gazlari chiqindilarini sezilarli darajada kamaytirish salohiyatiga ega bo‘lib, 2030 yilga kelib, yillik chiqindilar hajmini qariyb 3 foizga (taxminan 600 million tonna CO_2 ga) va 2050 yilga kelib, 18 foizgacha qisqartirishi mumkin. Bu esa dunyo miqyosida energiya tizimlarining uglerod chiqindilarini kamaytirish jarayoniga o‘z hissasini qo‘shadi [3-6].

2. Tadqiqot usullari. Quyosh panellar I yuzalarini changdan tozalash tizimlarida quyidagi metodlardan foydalaniladi:

1. Boshqaruv tizimi: Tizimning “asosi” sifatida Arduino (UNO, ATmega328), NodeMCU (ESP8266) yoki ESP32 mikrokontrollerlar ishlatiladi. Ular sensorlardan ma’lumotni olib, motorlarni va tozalash mexanizmlarini boshqaradi.
2. Mexanik tozalash**:** o‘zgarmas tok motorlari yordamida harakatlanadigan aylanma cho‘tkalar (mikro-tolali yoki neylon) changni samarali tozalaydi.
3. Suvli tozalash: Suv nasoslari va purkagichlar yordamida panellar yuviladi.
4. Havo bilan tozalash: Ba’zi modellarda havo puflagichlar orqali suv ishlatmasdan tozalash amalga oshiriladi.
5. Chang datchiklari va yorug‘lik sensorlari**:** Chang miqdorini va samaradorlik pasayishini aniqlaydi.
6. IR va ultratovush datchiklari: Panel chekkalarini aniqlash va to‘siqlardan qochish uchun xizmat qiladi.
7. GPS tizimi: Robotning aniq joylashuvini va harakat yo‘nalishini belgilash uchun ishlatiladi.
8. Masofaviy aloqa: Wi-Fi yoki Bluetooth modullari orqali robotni mobil ilovalar yoki veb-interfeys yordamida masofadan boshqarish va real vaqt rejimida monitoring qilish imkoniyati yaratiladi.
9. Dasturiy ta’minot: Qurilmalarni dasturlash uchun Arduino IDE va Embedded C ++ tillari qo‘llaniladi.

3. Eksperiment natijalari va uning muhokamasi. Qurilmaning ishlash prinsipi quyidagicha: sensorlar orqali panel yuzasining holati doimiy ravishda nazorat qilinadi. Agar changlanish darajasi oldindan belgilangan qiymatdan oshsa, mikrokontroller tozalash tizimini ishga tushiradi. Qurilma odatda energiya yo‘qotilishini kamaytirish maqsadida kechki yoki tungi vaqtda

ishlaydi. Tozalash jarayoni yakunlangach, tizim avtomatik ravishda o‘z boshlang‘ich holatiga qaytadi va kutish rejimiga o‘tadi (1-rasm).



Tozalash jarayoni Sxematik ko’rinishi

1-rasm**.** Quyosh panellarini avtomatik tozalash qurilmasi

Tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, quyosh panellarining yuzalari changlardan bir oy davomida tozalanmasa, energiya ishlab chiqarish quvvati 50 % gacha pasayishi kuzatildi. Sahro va cho‘l sharoitlarida bu ko‘rsatkich yanada yuqori bo‘lib, energiya ishlab chiqishi 86 % gacha kamayishi aniqlandi. Bir kvadrat metr yuzada chang miqdori 10 grammga yetganda, panelning quvvat yo‘qotishi 34 % dan 38 % gacha tashkil etdi. Hatto yupqa chang qatlami ham energiya ishlab chiqarishini 25 % gacha kamaytirdi.

Quyosh panellarining yuzalarini tozalashda mikrokontrollerlar (Arduino, NodeMCU) yordamida boshqariladigan avtomatlashtirilgan tizimlardan foydalanilganda, an’anaviy usullarga qaraganda energiya ishlab chiqarish 30 % ga oshirildi. Wi-Fi orqali boshqariladigan robotlar bilan o‘tkazilgan testlar yordamida quyosh panelining yuzalari tozalanganda elektr energiya ishlab chiqishi 15-20 % gacha oshishi kuzatildi. Yigirma kun davomida suv purkagich tizimlari qo‘llanilganda tozalangan panellar o‘rtacha 177 W ni, tozalanmagan panellar esa quvvat 140 W ishlab chiqishga erishildi, natijada uning samaradorligi 27 % ga oshirildi.

4. Xulosa

Quyosh panellarining elektr energisi ishlab chiqarishdagi samaradorligi uning yuzasida to‘planadigan chang, qum va boshqa atrof-muhit ifloslantiruvchi moddalari sababli sezilarli darajada pasayadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, quyosh panellari yuzalari changlardan bir oy davomida tozalanmasa, energiya ishlab chiqarish quvvati 30 % dan 50 % gacha, cho‘l sharoitlarida esa 86 % gacha kamaygan. Hatto yupqa chang qatlami ham quyosh nurlarining fotoelektrik hujayralarga yetib borishini to‘sib, elektr energiyasini ishlab chiqishini 25 % gacha kamaytiradi. Shu sababli quyosh panellarining yuzalarini changlardan tozalashda avtomatlashtirilgan tozalash tizimlaridan foydalanish texnik, balki iqtisodiy jihatdan foyda keltiradi.

Adabiyotlar

[1]. Исманжанов А.И., Клычев Ш.И., Расаходжаев Б.С. Солнечные установки для индивидуального пользования в сельской местности и в горных регионах. РФ. Изд. НОО «Профессиональная наука».2020 г. 131с.

[2]. B.S.Rasakhodzhaev, L.N.Danilevskii, N.K. Kubatov, Zh.Zh.Shoimov, Ch.A. Adylov, U.Z.Akhmadjonov, A.R.Khamdamov, A.A.Mustakimov. Study of Technical and Economic Indicators of Autonomous Energy Complexes using Renewable Energy Sources for Heat and Electricity Supply to Greenhouses / Applied Solar Energy 2024/12 60 №6 Стр 860-867.

[3]. O‘zbekiston Respublikasida milliy BRMga erishishning statistic ko‘rsatkichlari. - Toshkent: O‘zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo‘mitasi 2020

[4]. Zhao Mingzhi, Usmonjon Akhmadjonov, Yung Jie Liu, Yu Rong, Jasur Shoimov. Automatic control system of greenhouse soil moisture using solar photoelectric systems research. International scientific and technical conference on "Actual problems of electricity supply system". Tashkent State Technical University. September 7-8. E3S Web of Conferences 461. 2023. 01080. doi.org.202346101080.

[5]. Расаходжаев Б.С., Алимухамедов А.Х., Ахмаджонов У.З., Камалиддинов А.У., Хамдамов А.Р. Исследование технико-экономических показателей автономных энергокомплексов. Журнал «Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies 2023 16(2). –С. 138–148.
[6]. Zhao Mingzhi, Liu Yingjie, Han Zheng, Chang Chun, Bao Daorina, Bakhramzhan Sabirovich Rasakhodzhaev, Akhadov Jobir. Research on the influence of solar radiation fuzzy adaptive system on the wet and hot environment in greenhouse. Case Studies in Thermal Engineering Volume 58, June 2024, 104440.

MOBILE LEARNING TECHNOLOGIES FOR ENGLISH LANGUAGE ACQUISITION

A.R. Galiakberova

Fergana State Technical University,
e-mail: albina.galiakberova @fstu.uz
(Received on March 18 th, 2026)

Annotation. *This article explores the role of mobile learning technologies in English language acquisition and their significance in modern education. It highlights the importance of smartphones, tablets, mobile applications, and online platforms in improving students' language skills. The article emphasizes that mobile learning increases motivation, supports independent learning, and provides flexible access to educational materials. In addition, it discusses the influence of digital technologies on vocabulary development, listening comprehension, pronunciation, and communication skills.*
Keywords: *mobile learning, English language acquisition, technology, education, applications, digital learning, communication, vocabulary, motivation, development.*
Аннотация. *В статье рассматривается роль мобильных образовательных технологий в изучении английского языка и их значение в современном образовании. Подчёркивается важность смартфонов, планшетов, мобильных приложений и онлайн-платформ в развитии языковых навыков студентов. Отмечается, что мобильное обучение повышает мотивацию, способствует самостоятельному обучению и обеспечивает гибкий доступ к образовательным материалам. Кроме того, анализируется влияние цифровых технологий на развитие словарного запаса, навыков аудирования, произношения и коммуникации.*
Ключевые слова: *мобильное обучение, изучение английского языка, технологии, образование, приложения, цифровое обучение, коммуникация, словарный запас, мотивация, развитие.*
Annotatsiya. *Maqolada ingliz tilini o'rganishda mobil ta'lim texnologiyalarining o'rni va ularning zamonaviy ta'limdagi ahamiyati ko'rib chiqiladi. Smartfonlar, planshetlar, mobil ilovalar va onlayn platformalarning talabalar til ko'nikmalarini rivojlantirishdagi ahamiyati ta'kidlanadi. Mobil ta'lim motivatsiyani oshirishi, mustaqil o'rganishni qo'llab-quvvatlashi va ta'lim materiallariga moslashuvchan kirishni ta'minlashi qayd etiladi. Bundan tashqari, raqamli texnologiyalarning lug'at boyligini oshirish, tinglab tushunish, talaffuz va muloqot ko'nikmalariga ta'siri tahlil qilinadi.*
Kalit so'zlar: *mobil ta'lim, ingliz tilini o'rganish, texnologiya, ta'lim, ilovalar, raqamli o'qitish, kommunikatsiya, lug'at boyligi, motivatsiya, rivojlanish.*

One of the most significant issue today is that modern education is increasingly influenced by digital technologies, which have transformed traditional teaching methods and created new opportunities for language learning. One of the most important developments in this field is mobile learning, often referred to as m-learning. Mobile learning can be defined as the use of portable digital devices such as smartphones, tablets, and laptops for educational purposes. In the context of English language acquisition, mobile technologies provide learners with constant access to educational resources, interactive exercises, and communication tools. These technologies allow students to practice language skills anytime and anywhere, making the learning process more flexible and effective. [1] Another important point is that mobile learning technologies significantly improve students' motivation and engagement. Traditional classroom methods sometimes fail to maintain students' interest, especially when language learning becomes repetitive or difficult. However, mobile applications such as Duolingo, Quizlet, Babbel, and Memrise use interactive tasks, games, quizzes, and reward systems that encourage learners to continue studying. Such applications create a positive learning environment where students

can develop language skills in an enjoyable way. Furthermore, mobile technologies support personalized learning because students can choose tasks and materials according to their own level and learning pace. As a result, learners become more independent and responsible for their educational progress.[2] Another key aspect of mobile learning is vocabulary development. Learning vocabulary is one of the most essential parts of acquiring a foreign language, and mobile technologies provide numerous opportunities for expanding lexical knowledge. Mobile applications help students memorize new words through repetition systems, visual illustrations, pronunciation practice, and contextual examples. In addition, students can use online dictionaries and translation tools to understand unfamiliar words quickly. This process increases the speed of vocabulary acquisition and improves retention of new lexical items. Mobile technologies also contribute to the development of academic vocabulary, which is especially important for university students and future specialists who need professional communication skills in English.

Moreover, mobile learning technologies play a crucial role in improving listening and speaking skills. Through podcasts, audiobooks, videos, and online conversations, learners can hear authentic English speech and become familiar with different accents and pronunciation patterns. Mobile platforms such as YouTube, Spotify, and language-learning applications provide access to authentic educational content created by native speakers. Consequently, students develop better listening comprehension and pronunciation abilities. In addition, voice recognition systems available in many applications allow learners to practice speaking and receive immediate feedback on pronunciation mistakes. Such technologies help students gain confidence in oral communication and reduce psychological barriers connected with speaking a foreign language [3].

It is also important to mention that mobile learning supports communication and collaboration between students and teachers. Modern educational platforms such as Google Classroom, Microsoft Teams, and Zoom enable learners to participate in discussions, complete assignments, and communicate with instructors online. Mobile technologies make distance learning more accessible and efficient, especially in situations where traditional classroom instruction is limited. Furthermore, students can interact with peers from different countries through social media, online forums, and language exchange applications. Such communication contributes to intercultural competence and allows learners to practice English in real-life situations.

Another advantage of mobile learning technologies is flexibility. Unlike traditional educational methods, mobile learning is not limited by time or location. Students can study while traveling, during breaks, or at home. This flexibility is especially important for university students and working professionals who often combine education with other responsibilities. Mobile technologies also support self-education because learners can independently search for additional materials, videos, articles, and exercises that correspond to their academic needs. Thus, mobile learning promotes lifelong learning and continuous professional development.

However, despite numerous advantages, mobile learning technologies also have certain disadvantages and challenges. One of the main problems is distraction. Smartphones and tablets provide access not only to educational resources but also to social media, games, and entertainment platforms that may reduce students' concentration. In addition, excessive use of digital devices can negatively affect eyesight and physical health. Another challenge is unequal access to technology, since not all students have modern devices or stable internet connections. Teachers also need sufficient digital competence in order to integrate mobile technologies effectively into the educational process. Therefore, successful implementation of mobile learning requires proper organization, digital literacy, and balanced use of technology in education [4].

In addition, the role of teachers remains highly important even in technology-based learning environments. Mobile technologies cannot fully replace professional educators because teachers guide students, explain difficult concepts, and provide emotional support and motivation. Effective language acquisition depends not only on technological tools but also on pedagogical methods and meaningful interaction between teachers and learners. Consequently, mobile technologies should be viewed as supportive instruments that complement traditional teaching rather than substitute it completely.

All things considered, mobile learning technologies have become an essential component of modern English language education. They provide students with flexible access to educational materials, increase motivation, and improve vocabulary, listening, speaking, and communication skills. Mobile applications and online platforms create interactive and personalized learning environments that support independent study and lifelong education. At the same time, effective use of mobile technologies requires digital competence, balanced organization, and active teacher involvement. Therefore, the integration of mobile learning technologies into English language teaching can significantly contribute to academic success and professional development in the modern digital world.

References

[1]. Kukulska-Hulme, A. (2020). Mobile-Assisted Language Learning. The Encyclopedia of Applied Linguistics.
[2]. Burston, J. (2015). Twenty Years of MALL Project Implementation: A Meta-Analysis of Learning Outcomes. ReCALL, 27(1), 4–20.
[3]. Stockwell, G. (2013). Mobile-Assisted Language Learning. Contemporary Computer-Assisted Language Learning.
[4]. Traxler, J. (2018). Learning with Mobiles in Developing Countries. International Journal of Mobile and Blended Learning.

UDK 677.21.051.2.

5LP RUSUMLI LINTERNI TAKOMILLASHTIRISH MAQSADIDA ILMIY TADQIQOT YO‘NALISHINI ASOSLASH

O.Sh. Abdurahmonov, A.B. Qurbonov

Termiz davlat muhandislik va agrotexnologiyalar universiteti, O‘zbekiston
olim9201@mail.ru, qanvar77@gmail.com
(Qabul qilindi 22.09.2025 y.)

Annotatsiya. *Maqolada chigitni linterlash jarayoni va linterlash uskunalarini takomillashtirish bo‘yicha bajarilgan ilmiy tadqiqot ishlarini natijalari analitik tahlil qilingan. 5LP linterini ish unumdorligini oshirish va energiyani tejash maqsadida ishchi gipoteza ishlab chiqilgan va ilmiy tadqiqot yo‘nalishi asoslangan.*

Kalit so‘zlar: *chigit, linterlash, tadqiqot, ishchi kamera, momiq, unumdorlik, qistirma, silindr.*

Аннотатсия. *В статье проведён аналитический анализ результатов научных исследований, выполненных по процессу линтерования семян хлопка и совершенствованию линтеров. В целях повышения производительности и энергосбережения линтера типа 5ЛП была разработана рабочая гипотеза и обосновано научное направление исследований.*

Ключевые слова: *семена хлопка, линтерование, исследование, рабочая камера, пух, производительность, вставка, цилиндр.*

Annotation. *The article analyzes the results of scientific research on the process of seed linting and the improvement of linting equipment. In order to increase the productivity and energy saving of the 5LP linter, a working hypothesis was developed and the direction of scientific research was substantiated.*

Keywords: *seed, lintering, research, working chamber, lint, productivity, gasket, cylinder*

KIRISH

Xozirgi vaqtda paxta tozalash korxonalarining jinlangan chigitni linterlash sexlarida keng qo‘llanilib kelinayotgan 5LP rusumli linterlarida ishchi kamera ko‘ndalang kesimining kattalashtirilishi linterning ish unumdorligini bor-yo‘g‘i 5-8 % ga oshirish imkonini berdi. Kamera hajmining kattalashishi esa ishchi kameradan linterlangan chigitlarning o‘z vaqtida tashqariga chiqishini jadallashtirmagan. Natijada kameradagi chigitli valik massasining va zichligining ortishi yuzaga kelgan. Bu o‘z navbatida chigitli valikdan arrali silindrga tushayotgan yuklamani ortishiga olib keldi [1]. Ortiqcha yuklamani yengish, chigitli valikka kerakli tezlikni berish va linterlash jarayonini tiqilmasdan amalga oshirish uchun arrali silindrga 18,5 kVt li elektr dvigateli o‘rnatilgan. Paxta chigitini linterlash jarayonini intensivlashtirish uchun Paxtasanoat ilmiy markazi hamda Toshkent to‘qimachilik va yengil sanoat institutida ko‘plab tadqiqotlar o‘tkazilgan bo‘lib, ularda asosan linter ishlashiga ta’sir etuvchi omillar o‘rganilgan [2, 3, 4, 5].

Izlanuvchi M.V.Pokras [6] tomonidan linter ishchi kamerasiga chigitli valikning aylanishidan yuzaga keladigan kuchlarning ta’siri o‘rganilgan. Bunda valik aylanish tezligiga ishchi kamera sirtidan qarshilik ko‘rsatuvchi kuchlarning kattaligi chigitli valikning kamera devorlariga uzatuvchi kuchlar kattaligi bilan ishqalanish kuchiga bog‘liqligi ko‘rilgan. Lekin chigitli valikning aylanish tezligiga, chigitli valikdagi chigitlarning tukdorligi bo‘yicha strukturasini va ishchi kameradan kolosniklar zonasida chigitlarni o‘z vaqtida tashqariga chiqish xolatining chigitli valik strukturasiga va tezligiga ta’sirining bog‘liqligi inobatga olinmagan.

Linter uskunalari va ulardagi chigitni linterlash jarayoniga ta’sir etuvchi har bir ishchi qismlarning konstruksiyalarini ishlab chiqishdan oldin olimlar tomonidan nazariy yo‘nalishda o‘rganilgan [7]. Linter ishchi kamerasi ko‘ndalang kesimi yuzasi va xajmi kameradagi chigit massasi va chigitli valik tezligini inobatga olgan holda, arrali silindr bilan aralashtirgich tezligining chigit sirtidan momiqni qirib olishda chigitning shikastlanish darajasini, momiqning ifloslik darajasini inobatga olgan holda, linterlangan chigitlarning ishchi kamerada bo‘lish vaqti nazariy tadqiqotlar asosida o‘rganilgan.

Yu.A.Maxmudov [8] ilmiy ishida PMP-160 rusumli linterning ishchi kamerasiga qaraganda 15 % ga kattalashtirilgan kamerani taklif etadi. Kameraning linterda qo‘llanilishida linterning chigit bo‘yicha ish unumdorligi 15-18 % ga, momiq bo‘yicha 8-10 % ga oshgan. Muallif ishchi kamera xajmining oshishi, kameradagi chigitli valikning aylanish tezligiga ijobiy natija bermasligini aytib, ijobiy natijaga erishish uchun ishchi kamera xajmining kattalashishi bilan bir vaqtning o‘zida chigitli valikdagi linterlangan chigitlar massasining kamayishi kerakligi haqida ilmiy ishida xulosaga keladi.

Izlanuvchi E.K.Nuraliyev [9] nazariy tadqiqotlar natijasida linter uchun hajmiy jihatidan kattalashtirilgan KL-7 rusumli ishchi kamerani taklif etadi. Kamerada tashqi diametri 240 mm ga ega bo‘lgan aralashtirgich qo‘llaniladi. Tadqiqot ishlarining yakunida taklif etilgan ishchi kamera unda qo‘llanilgan aralashtirgich chigitli valikni yaxshi aralashtirish hiobiga linterning chigit va momiq bo‘yicha ish unumdorligiga ijobiy ta’sir etganligi aniqlangan.

Izlanuvchi A.K.Kalimulin [10] linterning chigit bo‘yicha ish unumdorligi chigit tarog‘ining turish holatiga bog‘liq bo‘lishi haqida aytgan. Bunda mavjud chigit tarog‘i bilan kolosnik panjarasining oralig‘ini chigit tarog‘ini o‘qi bo‘ylab ilgarilanma-qaytarma va taroq o‘qi atrofida tepaga va pastga xarakatlantirib, ushbu oraliqni o‘zgartirilishi chigit sirtidan momiqni bir xilda qirib olinishini va kameradan chiqayotgan chigitlarning bir xil tukdorlikda bo‘lishini ta’minlamasligini aytgan. Chigitlarning bir xil tukdorlikda tashqariga chiqishi uchun chigit tarog‘ini gorizontal tekislikka nisbatan 15^0 gradusda o‘rnatib, faqat ilgarilanma-qaytarma xarakatga keltirish kerak degan taklifni beradi.

Izlanuvchi S.P.Ivanov [11] tomondan arralar oraliq masofasining chigit sirtidan momiqni qirib olish jarayoniga ta’siri o‘rganilgan. Nazariy tomondan samarali linterlash jarayonini amalga oshirish uchun arralar oraliq masofasining muqobil kattaligi linterlanayotgan chigitning tukdorlik darajasiga va hajmiga bog‘liqligi aniqlangan.

K.K.Iskandarov [12] tadqiqot ishlarining natijasida aralashtirgichning takomillashtirilgan konstruksiyasini taklif etgan. Arrali silindrning chigit sirtidan qirib olish samaradorligini va linter ish unumdorligini oshirish uchun aralashtirgich chigitli massani aylanma va aralashtirgich o‘qi bo‘ylab xarakatini amalga oshirgan. Lekin aralashtirgich konstruksiyasida parraklar bo‘lmaganligi va qo‘llanilgan yo‘naltirgichning chigitlarni aralashtirgich o‘qi bo‘ylab kerakli bosimda yo‘naltira olmaganligi oqibatida, chigitli valikning aylanish tezligi pasaygan, arrali silindrdagi arra tishlarining chigit yuzasidan momiqni qirib olish darajasi kam bo‘lgan. Natijada ishchi kameradan tashqariga chiqadigan chigitlarning miqdori kamaygan, chigitli valikning zichligi ortgan, ta’minlovchi valikdan ishchi kameraga jinlangan chigitlarning berilishi kamaytirilgan. Oqibatda linterning chigit va momiq bo‘yicha ish unumdorligi kamaygan.

Linter uskunasini takomillashtirish bo‘yicha “Paxta sanoat ilmiy markazi” tomonidan yangiliklar qilishga harakatlar bo‘lgan [13, 14]. Lekin asosiy masala linterning ish unumdorligini sezilarli ravishda oshishiga erishiladigan natijalarga erishilmagan.

Yuqoridagi qisqacha analitik taxlillar natijasida amaldagi 5LP linterini arrali silindridagi arralar oraliq qistirmalarini nisbatan katta diametrdagi qistirmalarga almashtirish (qistirmalarni eni o‘zgarishsiz qoladi) linterning ishchi kamerasidagi jarayonlarga ijobiy ta’sir etishi, ishchi kameradagi chigit zichligini nisbatan kamayishi, yaxshi aralashishi hisobiga ish unumdorligini oshishi mumkinligi to‘g‘risida ishchi gipoteza ishlab chiqildi.

Taklif etilayotgan ishchi gipotezani amalga oshirilishi natijasida quyidagilar kutilmoqda: Arra valini linterga va undagi arra disklarini valga nisbatan aniq mahkamlash, shuningdek, har bir kolosnikli panjara seksiyasini arralar oralig‘i bo‘ylab tekislash ta’minlanadi, shuning xisobiga bir arraning kolosnikli panjara tirqishidagi nominal holatidan og‘ishi amaldagi 5LP rusumli linterga qaraganda ancha kam bo‘lishi kutilmoqda. Bundan tashqari, katta diametrli arralar oraliq qistirmalari bilan siqilgan arralarni deformatsiyasi butunlay bartaraf qilinishi va natijada arralarni valga yig‘ishdan avval bolg‘a bilan urib to‘g‘rilash istisno qilinishi mumkin.

Ishlab chiqiladigan takomillashtirilgan linterning ishchi kamerasida chigit qatlamining qalinligi amaldagi 5LP rusumli linterga qaraganda o‘rtacha 1,4-1,5 marta kamayishi mumkin. Ushbu omil tufayli, shuningdek, kameraning pastki qismida aylanadigan arrali barabanidagi katta diametrdagi arra oraliq qistirmalarini chigit qatlamiga tayanch bo‘lishi tufayli chigit qatlamlarining mutlaq va nisbiy tezligi oshishi, ularni kamerada yaxshiroq aralashishi, massa almashishi tezlashishi natijasida ishlab chiqiladigan linterning unumdorligi amaldagi 5LP rusumli linterga nisbatan 1,3-1,4 marta oshishi kutilmoqda.

Hisob-kitoblar va o‘lchovlar shuni ko‘rsatdiki, amaldagi 5LP linterdagi arra silindrni aylantiruvchi elektr dvigatelning energiya sarfining 85% gachasi arrali silindrni chigit qatlamiga ishqalanishiga va 15% gachasi arrali silindrni kolosnikli panjaralarga ishqalanish uchun sarflanadi. Ishlab chiqilayotgan takomillashtirilgan linterda arrali silindrni chigit qatlamiga kirishi sezilarli ravishda kamaytirilishi mumkin, amaldagi 5LP rusumli linterda arrali silindni chigit qatlamiga kirishi 28 mm ni tashkil etadi, shuning uchun boshqa barcha shartlar teng bo‘lsa, takomillashtirilgan linterda arralarning yon yuzalarini ishqalanishi uchun energiya sarfi sezilarli darajada, ya’ni 10-15 % ga kamayishi kutilmoqda.

Adabiyotlar

[1]. Сулаймонов Р.Ш., Каримов У.К., Маруфханов Б.Х. Изучение технологий и оборудования зарубежного производства по джинированию хлопка-сырца, линтерованию семян, очистки волокна и линта, эксплуатируемого на отечественных хлопкозаводах с выдачей рекомендаций. Отчет по НИР. АО “Paxtasanoat ilmiy markazi”. Ташкент, 2016.- 28 с.

[2]. Кушакеев Б.Я. Совершенствование процесса линтерования хлопковых семян. Дисс. на соиск.канд.техн.наук. Ташкент.-2011, 106 с.

[3]. Сулаймонов Р.Ш. Создание рациональной технологических процессов линтерования хлопковых семян и очистки линта. Дисс. на соиск.докт.техн.наук. Ташкент, -2019, 188 с.

[4]. Ахмедов М.Х. Линтерни самарадорлигини оширишда такомиллаштирилган колосникни ишлаб чиқиш. Техника фанлари бўйича фалсафа доктори (PhD) диссертацияси. Тошкент, 2020,-103 б.

[5]. СулаймоновР.Ш., КушакеевБ.Я., МадрахимовД.У. Изыскание путей повышения эффективности процесса линтерования семян.Отчет по НИР, ОАО «Paxtasanoat ilmiy markazi». –Ташкент, 2011. -65 с.

[6]. Покрас М.В. Разработка технологии и средств формирующих линию линтерования хлопковых семян. Дисс. канд.тех.наук, ТИТЛП, Ташкент, 1988.- 146 с.

[7]. Ходжиев М.Т., Салимов А.М., Таджиев У. С. Касб махорати. “Адабиёт учқунлари”. Тошкент. 2018.217 б.

[8]. Махмудов Ю.А. Совершенствование рабочей камеры и процесса линтерования с целью повышения эффективности выработки линта. Дисс. канд.тех.наук, ТИТЛП, Ташкент, 1994.-141 с.

[9]. Нуралиев Э.К. Повышение эффективности линтерования хлопковых семян путем совершенствования рабочей камеры линтера. Дисс. канд.тех.наук, ТИТЛП, Ташкент, 1990.- 138 с.

[10]. Калимулин А.К. Изыскание схемы линтера с автоматическим поддержанием заданной производительности и съема линта. Отчет по НИР. ЦНИИХпром. Ташкент 1986.- 77 с.

[11]. Иванов С.П. Исследование рабочих органов пухоотделителя и выбор режима пухоотделения.//Дисс… канд. тех. наук. –Ташкент:ТТИ, 1959. - 135 с.

[12]. Искандаров К.К. Повышение эффективности линтерования хлопковых семян путем совершенствования рабочих органов камеры линтера. Дисс. канд.тех.наук. ТИТЛП, Ташкент, 1998.- 125 с.

[13]. Омонов Ф.Б., Юлдашов Д.А., Сулаймонов Р.Ш., Лугачев А.Е. Линтерная машина. Патент РУз. на полезную модель № FAP 01133//Официальный вестник, 2016,№9.

[14]. Кушакеев Б.Я., Сулаймонов Р.Ш., Лугачев А.Е., Мангутов Р.А., Киличев А.Ж. Ворошитель для линтера. Патент РУз. на полезную модель № FAP 00709// Официальный вестник, 2012, № 3.

UO‘K 629.485.4.

PAYVANDLAB QOPLANGAN AVTOSEPKA QULF DETALLARINING YEYILISH MIQDORLARINI LABORATORIYA VA ISHLAB CHIQARISHDAGI SINOV NATIJALARI

A.M. Umarov

Andijon davlat texnika instituti,
E-mail: abdurahimumarov27@gmail.com tel:+998999100427
(Qabul qilindi 17.10.2025 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada vagonlarning yeyilgan avtosepka qulf detallarini payvandlab qayta tiklash orqali ish resursini oshirish usullari haqida so‘z yuritilgan.*

Kalit so‘zlar: *avtosepka, vagon, payvandlash, resurs, usul.*

Аннотация. *В данной статье рассматриваются способы повышения ресурса работы вагонов за счет восстановления изношенных деталей автосепок.*

Ключевые слова: *автоцепка, вагон, сварка, ресурс, метод.*

Annotation. *This article discusses ways to increase the working life of wagons by welding and restoring worn parts of automatic seals locks..*

Key words: *autocoupling, wagon, welding, resource, method.*

Payvandlangan qatlamning qattiqligi yeyilishning bir qancha turlarida detallarning yeyilishga chidamliligini ta’minlovchi asosiy ko‘rsatkichlaridan biri xisoblanadi.

Namunalarni laboratoriya sharoitidagi yeyilishga sinash jarayonida vagonlarning avtotsepka uzeli harakatlanish prinsipidan kelib chiqib, yuzasiga beriladigan bosim kuchiga, ishqalanish va harakatlanish holatiga moslab o‘tkazildi. Sinash ishlarini olib borish uchun 20GL markali po‘latdan tayyorlangan namunalar yuzasiga UONI13/55 markali elektrod bilan, himoya gazlari muhitida Sv08G2S rusumidagi sim bilan, UONI13/55+SORMAYT, UONI13/55+PGSR-2,7, UONI13/55+PGXN-80 va UONI13/55+PGFBX-6,2 dan tashkil topgan maxsus qoplamali elektrodlar bilan eritib qoplandi[1]. Har bir namuna bir xil muhitda, 5 xil og‘irlikda 10 soat mobaynida 80 har/min ilgarlanma-qaytma harakat orqali namunalarning yuzalari yeyiltirildi. Yeyilish miqdorlari namuna massalari va o‘lchamlari farqini tajriba vaqtiga nisbatan aniqlandi (1.1-jadval) va olingan natijalar bo‘yicha grafik tuzildi.

1.1-jadval

Namunalarning o‘rtacha yeyilish miqdorlari

	Қаттик қотишма маркаси	**Қўйилган юкка нисбатан ейилиш миқдори (гр)**					**Намуналар нинг умумий ейилиш миқдорлари (гр)**
		0.5 кг	**1 кг**	**1.5 кг**	**2 кг**	**2.5 кг**	
1	20ГЛ маркали пўлат	1.22	1.29	1.38	1.44	1.49	6,82
2	Св08Г2С	1.18	1.22	1.27	1.33	1.37	6,37
3	УОНИ13/55	1.03	1.09	1.14	1.18	1.24	5,68
4	УОНИ13/55 + СОРМАЙТ	0.41	0.43	0.46	0.52	0.53	2,35
5	УОНИ 13/55 + ПГСР-2,7	0.35	0.41	0.45	0.48	0.58	2,27
6	УОНИ13/55 + ПГХН-80	0.31	0.34	0.37	0.41	0.46	1,89
7	УОНИ13/55 + ПГФБХ-6,2	0.28	0.30	0.33	0.34	0.36	1,61

Sinov jarayonida aniqlikni ta’minlash maqsadida namunalar og‘irligi har 2 soatda 0,001 gramm aniqlikdagi MN-333 elektron tarozisida tortildi.

Vaqt birligi ichidagi yeyilish jadalligi quyidagi ifoda orqali aniqlandi.

$$\varepsilon_{бир} = \frac{m_{бош} - m_{йакун}}{t}, \quad (1.1)$$

Bunda $m_{бош}$ - namunaning tajribadan oldingi massasi;

$m_{йакун}$ -namunaning tajribadan keying massasi;

t-tajriba vaqti.

Kukunsimon kompozitsion materiallar aralashmasini yeyilgan detal yuzasiga odatdagi eritib qoplash jarayonida butun hajmi bo‘yicha bir tekis tarkibda shakllanishini nazorat qilib bo‘lmaydi. Bu esa qayta tiklangan detalning ekspluatatsiya jarayonida tribotexnik ko‘rsatkichlariga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Shuning uchun elektrodning yuza qismlariga kukunsimon kompozitsion materiallardan qo‘shimcha qoplama qoplab, maxsus qoplamali elektrod ko‘rinishida qoplama qoplash yuzasiga uzatish muxim ahamiyatga ega [2].

Eksperimental tajriba sinovlari «O‘zbekiston temir yo‘llari» AJga qarashli «Andijon Mexanika zavodi» Sho‘ba Korxonasining telejka va avtotsepkalarni ta’mirlash bo‘limida ta’mirlandi va yuk tashuvchi vagonlarga o‘rnatilib o‘tkazildi.

Tadqiqotlarda mavjud 20GL markali po‘latdan tayorlangan yangi qulf detalini 76011485 raqamli vagonning 10408 raqamli avtotsepkasiga, UONI13/55 markali elektrod bilan eritib qoplab qayta tiklangan qulf detalini 63337950 raqamli vagonning 20241 raqamli avtotsepkasiga, UONI13/55+PGXN-80 dan tashkil topgan maxsus qoplamali elektrod bilan eritib qoplab qayta tiklangan qulf detalini 67551374 raqamli vagonning 69666 raqamli avtotsepkasiga o‘rnatib, yeyilish miqdorlari eksperimental sinovdan o‘tkazildi [3].

Eksperimental tajriba sinovlari «O‘zbekiston temir yo‘llari» AJga qarashli «Andijon Mexanika zavodi» SHo‘ba Korxonasining telejka va avtotsepkalarni ta’mirlash bo‘limida ta’mirlandi va yuk tashuvchi vagonlarga o‘rnatilib o‘tkazildi
(1-rasm).

a) *b)*

1-rasm Yeyilgan va qayta tiklangan qulf detali. a) yeyilgan qulf detali; b) maxsus qoplamali elektrodlar bilan eritib qoplangan qulf detail.

Tadqiqotlarda mavjud 20GL markali po‘latdan tayorlangan yangi qulf detalini 76011485 raqamli vagonning 10408 raqamli avtotsepkasiga, UONI13/55 markali elektrod bilan eritib qoplab qayta tiklangan qulf detalini 63337950 raqamli vagonning 20241 raqamli avtotsepkasiga, UONI13/55+PGXN-80 dan tashkil topgan maxsus qoplamali elektrod bilan eritib qoplab qayta tiklangan qulf detalini 67551374 raqamli vagonning 69666 raqamli avtotsepkasiga o‘rnatib, yeyilish miqdorlari eksperimental sinovdan o‘tkazildi (4.1-jadval).

1.2-jadval

Ekspluatatsiya sinovlaridan olingan natijalar

№	Vagon raqami	Avto-sepka raqami	Zavod raqami/ i/ch yil	Payvand lash materiali	Sinalgan davr	Qulf qalin-ligi, mm	Yeyili shi, mm	Ish resursi marta
1	76011485	10408	1923/20	Yangi (20GL)	01.08.2020	50	2.2	1
			1923/20		10.10.2022	47.8		
2	63337950	20241	14/83	UONI 13/55	31.05.2020	50	2.1	1,04
			5/88		29.08.2022	47.9		
3	67551374	69666	12/84	UONI13/55 PGXN-80	26.05.2020	50	1.4	1.57
			12/84		05.12.2022	48.6		

Ishlab chiqarish sinovlarini o‘tkazishdan ko‘zlangan asosiy maqsad vagonlarning avtotsepkasiga o‘rnatilgan mavjud 20GL markali po‘latdan tayorlangan avtotsepka qulf detalining yeyilish miqdoriga nisbatan UONI13/55 markali elektrod hamda UONI13/55+PGXN-80 dan tashkil

topgan maxsus qoplamali elektrodlar bilan eritib qoplab qayta tiklangan qulf detallarini ishchanligi va yeyilishga chidamliligini aniqlashdan iborat.

XULOSA.

Yeyilib ishdan chiqqan avtotsepka qulf detallarini eritib qayta tiklash ularning ish muddatini oshiradi va natijada ularning resursi avtotsepka qulf detalini ta’mirlashlararo resursiga nisbatan ortishini, uni ishlab chiqarishga joriy etish ish unumi hamda vagonlarning foydalanish samaradorligini oshirishi aniqlandi.

CHARM-POYABZAL SANOATIDA ISO 9001 SIFAT MENEJMENTI TIZIMINI JORIY ETISH VA SERTIFIKATLASH BOSQICHLARINI TAHLIL QILISH

R.A. Nurdinova, D.O. Yusupova

Farg‘ona davlat texnika universiteti,
e-mail: *nurdinovar2016@mail.ru, dilafroz443@gmail.com*
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada charm-poyabzal sanoatida ISO 9001 xalqaro standarti asosida sifat menejmenti tizimini joriy etish va sertifikatlash bosqichlari tahlil qilingan. Tadqiqot davomida korxonalarda sifat menejmenti tizimini shakllantirishning tashkiliy, texnologik hamda boshqaruv jihatlari o‘rganildi. Shuningdek, ISO 9001 talablarini ishlab chiqarish jarayonlariga integratsiya qilish, ichki audit o‘tkazish va sertifikatlashtirishga tayyorgarlik bosqichlari yoritildi.*

Kalit so‘zlar: *ISO 9001, sifat menejmenti tizimi, charm-poyabzal sanoati, sertifikatlashtirish, sifat nazorati, ichki audit, standartlashtirish, raqobatbardoshlik.*

Аннотация. *В данной статье проанализированы этапы внедрения и сертификации системы менеджмента качества на основе международного стандарта ISO 9001 в кожевенно-обувной промышленности. В ходе исследования рассмотрены организационные, технологические и управленческие аспекты формирования системы менеджмента качества на предприятиях. Также изучены процессы интеграции требований ISO 9001 в производственную деятельность, проведения внутреннего аудита и подготовки к сертификации.*

Ключевые слова: *ISO 9001, система менеджмента качества, кожевенно-обувная промышленность, сертификация, контроль качества, внутренний аудит, стандартизация, конкурентоспособность.*

Annotation. *This article analyzes the stages of implementing and certifying a quality management system based on the ISO 9001 international standard in the leather-footwear industry. The study examines organizational, technological, and managerial aspects of establishing a quality management system in enterprises. The processes of integrating ISO 9001 requirements into production activities, conducting internal audits, and preparing for certification are also considered.*

Keywords: *ISO 9001, quality management system, leather-footwear industry, certification, quality control, internal audit, standardization, competitiveness.*

Kirish. Hozirgi global iqtisodiyot sharoitida ishlab chiqarish korxonalarida mahsulot sifatini oshirish, xalqaro bozorda raqobatbardoshlikni ta’minlash hamda iste’molchilar talablarini qondirish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, charm-poyabzal sanoati korxonalarida sifatni boshqarish tizimini takomillashtirish eksport salohiyatini oshirishda katta ahamiyat kasb etadi. Shu sababli xalqaro ISO 9001 standarti asosida sifat menejmenti tizimini joriy etish korxona faoliyatini samarali tashkil etishning muhim omili hisoblanadi.

ISO 9001 standarti korxonalarda boshqaruv jarayonlarini tizimli ravishda tashkil etish, ishlab chiqarishdagi kamchiliklarni kamaytirish, mahsulot sifatini nazorat qilish va mijozlar ehtiyojini qondirishga xizmat qiladi. Ushbu standartni charm-poyabzal sanoatida qo‘llash orqali ishlab chiqarish samaradorligi oshadi, resurslardan oqilona foydalanish imkoniyati yaratiladi hamda xalqaro sertifikatga ega bo‘lish orqali korxonaning bozordagi mavqei mustahkamlanadi [1].

Mazkur maqolada charm-poyabzal sanoatida ISO 9001 sifat menejmenti tizimini joriy etishning asosiy bosqichlari, sertifikatlashtirish jarayonlari hamda ularning korxona
faoliyatiga ta’siri tahlil qilinadi[2].

Nazariy qism. ISO 9001 - bu sifat menejmenti tizimiga qo‘yiladigan xalqaro talablarni belgilovchi standart bo‘lib, u korxonalarning mahsulot va xizmat sifatini doimiy ravishda yaxshilashiga xizmat qiladi. Ushbu standart jarayonli yondashuv, risklarni boshqarish, rahbariyat mas’uliyati va mijozlarga yo‘naltirilgan boshqaruv tamoyillariga asoslanadi[3].

Poyabzal sanoati global ishlab chiqarishning eng dinamik sohalaridan biri bo'lib, iste'molchilarning qulaylik, uslub, barqarorlik va ishlashga bo'lgan talabi bilan belgilanadi. Sifat menejmenti (QM) mahsulot ishonchliligini ta'minlash, nuqsonlarni kamaytirish va ichki va xalqaro bozorlarda raqobatbardoshlikni saqlashda muhim rol o'ynaydi. Ushbu tadqiqot poyabzal sanoatida sifat menejmenti tamoyillari va qo'llanilishini o'rganadi, Total Quality Management (TQM), Six Sigma, Lean Manufacturing va ISO asosidagi standartlar kabi vositalarni ta'kidlaydi. Mavjud adabiyotlar va sanoat amaliyotlarining keng qamrovli sharhi, shuningdek, xom ashyoning o'zgaruvchanligi, mehnat talab qiladigan jarayonlar, global ta'minot zanjiri murakkabligi va barqarorlik imperativlari kabi muammolar tahlili taqdim etiladi. Poyabzal sektori uchun moslashtirilgan integratsiyalashgan sifat menejmenti tizimi taklif qilingan bo'lib, ilg'or sinovlar, materiallarni kuzatish, raqamli sifatni boshqarish tizimlari va mijozlarning fikr-mulohazalarini integratsiyalashga urg'u berilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, raqamlashtirish va barqaror amaliyotlar bilan birlashtirilgan proaktiv sifat madaniyati kelajakdagi raqobatbardoshlik uchun juda muhimdir [6].

Metodologiya. Mazkur tadqiqotda charm-poyabzal sanoatida ISO 9001 sifat menejmenti tizimini joriy etish va sertifikatlashtirish jarayonlarini o‘rganish uchun kompleks ilmiy-uslubiy yondashuvlardan foydalanildi. Tadqiqot davomida nazariy, tahliliy va amaliy usullar qo‘llanildi.

Avvalo, ISO 9001 xalqaro standarti talablari hamda sifat menejmenti tizimiga oid ilmiy adabiyotlar, me’yoriy hujjatlar va xorijiy tajribalar tahlil qilindi. Ushbu jarayonda qiyosiy tahlil usuli orqali charm-poyabzal sanoatida sifat boshqaruvining o‘ziga xos jihatlari o‘rganildi.

Tadqiqotning amaliy qismida charm-poyabzal korxonalarida sifat menejmenti tizimini joriy etish bosqichlari, jumladan, hujjatlashtirish, ichki audit, ishlab chiqarish jarayonlarini nazorat qilish va sertifikatlashtirish jarayonlari tahlil qilindi. Jarayonli yondashuv asosida korxona faoliyatining asosiy ishlab chiqarish bosqichlari o‘rganildi hamda ISO 9001 talablariga moslik darajasi baholandi.

Shuningdek, statistik tahlil va kuzatish usullari yordamida sifat ko‘rsatkichlari, ishlab chiqarishdagi nuqsonlar darajasi va boshqaruv samaradorligiga ta’sir etuvchi omillar aniqlashtirildi. Olingan natijalar asosida charm-poyabzal korxonalarida sifat menejmenti tizimini takomillashtirish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.

1-jadval

ISO 9001 ni joriy etish bosqichlari

ISO 9001 ni joriy etish bosqichlari	**Asosiy vazifalar**	**Natijalar**
Dastlabki tahlil	Korxona holatini baholash	Muammolarni aniqlash
Hujjatlashtirish	Standart hujjatlarni ishlab chiqish	Tizimli boshqaruv
Joriy etish	Tizimni amaliyotga tatbiq qilish	Sifat nazorati kuchayadi
Ichki audit	Kamchiliklarni aniqlash	Tuzatish ishlari
Sertifikatlashtirish	Tashqi auditdan o‘tish	ISO 9001 sertifikati

Natija va Tahlil. Charm-poyabzal korxonalarida ISO 9001 standartini joriy etish natijasida mahsulot sifati barqarorlashadi, ishlab chiqarishdagi brak mahsulotlar soni kamayadi va iste’molchilar ishonchi ortadi. Shuningdek, xalqaro sertifikat mavjudligi eksport faoliyatini kengaytirishga yordam beradi. Ammo tizimni joriy etishda malakali mutaxassislarning yetishmasligi, hujjatlashtirish jarayonining murakkabligi hamda qo‘shimcha xarajatlar ayrim muammolarni yuzaga keltirishi mumkin. Shu bilan birga, raqamli texnologiyalar asosida sifat menejmenti tizimini avtomatlashtirish ISO 9001 talablarini samarali boshqarish imkonini beradi. Bu esa ishlab chiqarish samaradorligini yanada oshirishga xizmat qiladi.

Charm-poyabzal korxonalarida ISO 9001 tizimini joriy etish bir necha bosqichlarda amalga oshiriladi:

1. Dastlabki tahlil bosqichi. Bu bosqichda korxonaning mavjud boshqaruv tizimi o‘rganiladi, ishlab chiqarishdagi muammolar aniqlanadi va ISO 9001 talablariga moslik darajasi baholanadi. Jarayonlar xaritasi ishlab chiqiladi va asosiy xavf omillari aniqlanadi.

2. Hujjatlashtirish bosqichi. Korxonada sifat siyosati, sifat maqsadlari, ichki tartib-qoidalar, yo‘riqnomalar va texnologik hujjatlar ishlab chiqiladi. Hujjatlashtirish sifat menejmenti tizimining muhim elementi hisoblanadi.
3. Tizimni joriy etish bosqichi. Mazkur bosqichda ishlab chiqilgan tartib va qoidalar amaliyotga tatbiq qilinadi. Xodimlar ISO 9001 talablari bo‘yicha o‘qitiladi hamda ishlab chiqarish jarayonlari standart asosida boshqariladi.
4. Ichki audit bosqichi. Ichki audit orqali tizimning samaradorligi tekshiriladi. Aniqlangan kamchiliklar bo‘yicha tuzatish choralari ishlab chiqiladi. Bu bosqich sertifikatlashtirishdan oldingi muhim tayyorgarlik jarayoni hisoblanadi.
5. Sertifikatlashtirish bosqichi. Maxsus akkreditatsiyadan o‘tgan sertifikatlashtirish organlari tomonidan korxona faoliyati baholanadi. Agar korxona ISO 9001 talablariga to‘liq javob bersa, unga xalqaro sertifikat beriladi.

Strategik amalga oshirish rejasi. Charm-poyabzal korxonalarida ISO 9001 sifat menejmenti tizimini samarali joriy etish va sertifikatlashtirish jarayonini tashkil etish uchun bosqichma-bosqich strategik reja ishlab chiqiladi. Mazkur reja korxona faoliyatini xalqaro standartlar asosida takomillashtirish, mahsulot sifatini oshirish hamda raqobatbardoshlikni kuchaytirishga xizmat qiladi.

1-bosqich. Dastlabki tahlil va rejalashtirish. Ushbu bosqichda korxonaning mavjud boshqaruv tizimi, ishlab chiqarish jarayonlari va sifat nazorati holati o‘rganiladi. ISO 9001 talablari bilan mavjud tizim o‘rtasidagi tafovutlar aniqlanadi hamda amalga oshirish rejasi ishlab chiqiladi. Buning uchun korxona faoliyatini tahlil qilish, muammoli jarayonlarni aniqlash, ISO 9001 talablarini o‘rganish, ishchi guruh tashkil etish kabi vazifalar bajarilishi kerak.

2-bosqich. Hujjatlashtirish tizimini yaratish. Korxonada sifat menejmenti tizimiga oid barcha zarur hujjatlar ishlab chiqiladi. Bunda sifat siyosati, maqsadlar, yo‘riqnomalar va texnologik reglamentlar tayyorlanadi. Bu bosqichni yakunlash uchun sifat siyosatini ishlab chiqish, jarayonlar xaritasini yaratish, ichki tartib-qoidalarni shakllantirish, hujjatlarni standartlashtirish ishlari amalga oshirilishi zarur.

3-bosqich. Xodimlarni tayyorlash va o‘qitish. ISO 9001 talablarini samarali joriy etish uchun xodimlarning malakasini oshirish muhim hisoblanadi. Shu sababli maxsus trening va seminarlar tashkil etiladi. Bu bosqichda xodimlarni ISO 9001 bo‘yicha o‘qitish, ichki auditorlarni tayyorlash, sifat madaniyatini shakllantirish ishlari amalga oshirilishi maqsadga muvofiqdir.

Sifat ko‘rsatkichlarini monitoring qilish jarayoni korxonada ishlab chiqarilayotgan mahsulotlarning belgilangan standart va texnik talablar asosida muntazam nazorat qilinishini ta’minlaydi. Monitoring davomida mahsulot sifati, ishlab chiqarish samaradorligi, nuqsonlar darajasi, mijozlar talabi va ishlab chiqarishdagi xavf omillari tahlil qilinadi. Olingan ma’lumotlar asosida kamchiliklarni bartaraf etish, sifatni yaxshilash hamda ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtirish bo‘yicha qarorlar qabul qilinadi. ISO 9001 standartida monitoring va baholash tizimi korxona faoliyatini uzluksiz takomillashtirishning muhim vositasi sifatida qaraladi.

Xulosa. Charm-poyabzal sanoatida ISO 9001 sifat menejmenti tizimini joriy etish korxonalarda mahsulot sifatini oshirish, ishlab chiqarish samaradorligini ta’minlash hamda xalqaro bozorda raqobatbardoshlikni kuchaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, sifat menejmenti tizimini bosqichma-bosqich joriy etish orqali ishlab chiqarishdagi nuqsonlar kamayadi, resurslardan samarali foydalanish imkoniyati ortadi va mijozlar ehtiyojini qondirish darajasi yaxshilanadi.

ISO 9001 talablarini amaliyotga tatbiq etish korxonalarda hujjatlashtirish tizimini rivojlantirish, ichki audit mexanizmlarini takomillashtirish hamda boshqaruv jarayonlarini standartlashtirishga xizmat qiladi. Sertifikatlashtirish jarayoni esa korxonaning xalqaro
standartlarga mosligini tasdiqlab, eksport imkoniyatlarini kengaytiradi.

Shuningdek, sifat menejmenti tizimining samarali ishlashi xodimlarning malakasi, zamonaviy texnologiyalarni qo‘llash va doimiy monitoring tizimiga bog‘liq ekanligi aniqlandi. Kelgusida charm-poyabzal korxonalarida raqamli boshqaruv texnologiyalarini joriy etish orqali ISO 9001 tizimining samaradorligini yanada oshirish mumkin. Bu esa mahalliy ishlab chiqaruvchilarning xalqaro bozordagi mavqeini mustahkamlashga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1]. ISO 9001:2015 Quality Management Systems – Requirements. International Organization for Standardization, Geneva, 2015.

[2]. Karimov X.X. Sifat menejmenti tizimlari va ularni ishlab chiqarishda qo‘llash. – Toshkent: “Fan va texnologiya”, 2021.
[3]. Ishmuhamedov A.A. Korxonalarda sifat menejmentini tashkil etish asoslari. – Toshkent, 2020.
[4]. G'ulomov S.S. Menejment asoslari. O'quv qo'llanma. - Toshkent-2019.: 45 bet.;
[5]. Charm-poyabzal va mo‘ynachilik sohalarida tayyor mahsulot sifatini nazorat qilish va sifat menejmenti tizimini joriy etish bo‘yicha chora-tadbirlar, 2022, O'zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ-143-sonli qarori va unga ilova qilingan "Yo'l xaritasi", (lex.uz)
[6]. M. Vishva Kumar, Abdul Swabeer M Quality Management in the Footwear Industry: Strategies, Challenges, and Future Directions, International Journal of Sciences and Innovation Engineering, Vol. 2 No. 9 (2025): IJSCI Volume-02 ISSUE-09, PP1060-1068

ЦИФРОВИЗАЦИЯ НЕФТЕГАЗОВОЙ ОТРАСЛИ УЗБЕКИСТАНА: ОБЗОР ТЕНДЕНЦИЙ

Р.Г. Рахимов[1], докторанты О.З. Турсунов[1], А.А. Ахмадалиев[1], магистрант К.А. Климович [2]

[1]Наманганский государственный технический университет,
тел.:+998934999929, e-mail: rgrakhimov@nammti.uz;
тел.: +998946012193, e-mail: aspireone121@gmail.com;
e-mail: anvarbek19932627@gmail.com
[2]Дальневосточный федеральный университет,
тел.: +998970097288, e-mail: ksu-klimovich99@yandex.ru
(Получена 17.10.2025 г.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada raqamli texnologiyalarni qo'llashdagi asosiy tendentsiyalar ta'kidlangan va ularni O'zbekiston Respublikasining neft-gaz sohasida joriy etishning istiqbolli yo'nalishlari belgilangan. Maqolada neft va gaz sohasidagi korxonalarni raqamlashtirish samaradorlikni oshirish, xarajatlarni kamaytirish, kompaniyalarning xavfsizligi va barqarorligini ta'minlash uchun yangi imkoniyatlar ochadigan rivojlanishning asosiy vektori ekanligi ta'kidlangan.*
Kalit so'zlar: *raqamli transformatsiya, neft va gaz kompleksi, innovatsiya drayverlari, raqamli texnologiyalar, transformatsiya omillari, innovatsion rivojlanish.*
Аннотация: *в данной статье подсвечены ключевые тенденции в применении цифровых технологий и определены перспективные области их внедрения в нефтегазовой сфере Республики Узбекистан. В статье подчёркивается, что цифровизация предприятий нефтегазового сектора – это основной вектор развития, который открывает новые возможности для повышения эффективности, снижения издержек, обеспечения безопасности и стабильности работы компаний.*
Ключевые слова: *цифровая трансформация, нефтегазовый комплекс, драйверы инноваций, цифровые технологии, факторы трансформации, инновационное развитие.*
Abstract. *This article highlights key trends in the use of digital technologies and identifies promising areas for their implementation in the oil and gas sector of the Republic of Uzbekistan. The article emphasizes that digitalization of oil and gas sector enterprises is the main vector of development which creates new opportunities to increase efficiency, reduce costs, and ensure the safety and stability of companies.*
Key words: *digital transformation, oil and gas complex, innovation drivers, digital technologies, transformation factors, innovative development.*

Прогноз Международного энергетического агенства говорит о том, что ожидаемое увеличение спроса нефти к 2026 году достигнет рекордных 104, 1 млн баррелей в сутки. Растет спрос на нефть, соответственно, возникает необходимость перехода к добыче в более сложных условиях, что приводит к тому, что предприятия вынуждены интегрировать в свою работу новые способы [1]. Цифровые технологии играют в этом процессе ключевую роль, так как для удовлетворения повышенного спроса предприятия нефтегазового сектора должны активно развивать добычу труднодоступных запасов.

По мнению Р.Х. Азиевой, цифровизация – это ключевой вектор развития предприятий нефтегазовой отрасли. Одним из факторов, способствующих внедрению цифровых технологий в нефтегазовом секторе, является быстрое развитие информационно-коммуникационных технологий. Они предоставляют компаниям доступ к большим объёмам информации,

аналитическим инструментам и вычислительным мощностям. Это позволяет предприятиям эффективнее управлять производственными процессами, оптимизировать добычу, логистику и операции на всех этапах цепочки поставок[2].

Цифровизация влияет на работу и повседневную деятельность компаний нефтегазового сектора, охватывая все аспекты их работы — от добычи и переработки нефти до управления бизнес-процессами и взаимодействия с клиентами.

История развития нефтегазовой промышленности Узбекистана насчитывает почти 120 лет, на данный момент можно говорить о том, что создана национальная база данных, с момента ее создания разработаны 120 отраслевых моделей трехмерной цифровой геологии рудников, 75 гидродинамических, 40 газовых труб. На данный момент стоит одной из самых сложных задач интегрированного моделирования, значение которого состоит в объединении и анализе подземных и надземных нефтегазовых месторождений.

По словам начальника Центра моделирования компании «Узбекнефтегаз», Анвара Муродова, экономический эффект цифровой трансформации составил 64, 4 млн долларов. Нефтегазовая отрасль цифровизируется: «Узбекнефтегаз» вместе с американской компанией Schlumberger реализует проект оцифровки месторождений.

Орифхон Хужаев, руководитель группы по управлению базой данных Центра моделирования при Департаменте разработки месторождений АО «Узбекнефтегаз», разработал методику, позволяющую унифицировать сбор различного рода данных и создал цифровой код для каждой из них на территории республики, принятый в общемировой отраслевой системе [3].

В 2019-2023 годах «Узбекнефтегаз» оцифровал около 470 тысяч геологических и технических данных по более чем 7200 скважинам, а также результаты 44 тысяч геофизических исследований на более чем 1400 скважинах [4].

Кроме того, создана единая национальная база данных нефтегазовой отрасли Узбекистана при сотрудничестве с американской компанией Schlumberger.

В таблице 1 представлены направления, в которых применяются цифровые технологии в нефтегазовой сфере в Узбекистане.

Таблица 1

Применение цифровых технологий (составлена авторами)

Название направления	Описание	Ожидаемая ценность
Удаленное обслуживание	ИИ, машинное обучение, аналитика данных	Снижение необходимости обслуживания
Сейсмическая визуализация	Обработка 3D изображений с помощью ИИ	Ускорение данного процесса в 10-100 раз
Прецизионное бурение	Использование ИИ и машинного обучения для управления своим буровым оборудованием	Снижение затрат на бурение и эксплуатацию месторождений. Повышение операционной эффективности и создание потоков дополнительного дохода
Оптимизация спроса и предложения	Блокчейн для безопасных транзакций и облачных вычислений	Централизация данных, рост бизнеса
Полевая безопасность	Дополнительная и виртуальная реальность оперативно передающая информацию	Повышение уровня безопасности
Диагностическое обслуживание	Технология диагностического обслуживания для незапланированных простоев	Возможность сокращения простоев на 20%

Таким образом, можно сделать вывод, что внедрение передовых цифровых технологий в сейсморазведку позволяет нефтегазовым компаниям оптимизировать свой ресурсный портфель и обеспечить более эффективное развитие бизнеса.

В результате цифровизации эксплуатационного бурения достигается повышение операционной эффективности, снижение затрат и создание новых источников доходов для нефтегазовых компаний.

Цифровизация производственных операций в нефтегазовом секторе направлена на оптимизацию работы существующих активов, повышение надёжности и безопасности операций, а также снижение операционных затрат.

В условиях современных глобальных изменений особенно актуальным становится внедрение цифровых технологий в нефтегазовый сектор экономики.. Цифровая трансформация является ключевым направлением развития отрасли, и её значимость обусловлена широким спектром возможностей применения цифровых технологий для повышения эффективности добычи и использования нефти, оптимизации затрат и обеспечения конкурентоспособности на рынке.

В сфере производственных операций важно внедрение стратегий многоуровневой цифровой интеграции, учитывая индивидуальные особенности каждого месторождения. Например, применение цифровых технологий может включать установку распределенных датчиков на месторождениях с высоким потенциалом для получения точных данных о условиях добычи как над, так и под поверхностью. С другой стороны, для объектов с низким потенциалом отдачи актуальными могут быть более дешевые стандартные автоматизированные и мониторинговые решения.

Список литературы

[1]. «Узбекнефтегаз» — о цифровизации месторождений и скважин. Электронный ресурс. URL: https://www.gazeta.uz/ru/2023/08/16/ung/

[2]. Азиева Р.Х. Мониторинг результатов цифровой трансформации в нефтегазовой отрасли // Естественно-гуманитарные исследования. – 2022. – № 40. – С. 21–29.

[3]. Каждая под контролем: как Орифхон Хужаев создал код, с помощью которого можно отслеживать состояние нефтегазовых скважин Узбекистана. Электронный ресурс. URL: https://uznews.uz/posts/79528

[4]. Стратегия комплексной системы цифровизации газоконденсатных месторождений Узбекистана. Электронный ресурс. URL: https://magazine.neftegaz.ru/articles/tsifrovizatsiya/786413-strategiya-kompleksnoy-sistemy-tsifrovizatsii-gazokondensatnykh-mestorozhdeniy-uzbekistana/

САНОАТНИНГ ИККИЛАМЧИ МАҲСУЛОТЛАРИДАН САМАРАЛИ ФОЙДАЛАНИШ

К.К. Сайдалиев

Қўқон университети Андижон филиали
Sayidaliyev_qodirjon@mail.ru, тел: 97 980 03 82

(Қабул қилинди 29.08.2025 й.)

Аннотация. *Саноатда ва ишлаб чиқариш жараёнида ҳосил бўладиган иккиламчи маҳсулотлардан самарали фойдаланиш усуллари улар ёрдамида турли таркибдаги композициялар ҳосил қилиш, ҳосил қилинган композициялар саноатда ва қишлоқ хўжалигининг турли соҳаларида фойдаланиш сохалари ҳақида маълумотлар келтирилган.*

Калит сўзлар: *иккиламчи маҳсулот, линт, делинт, ишлаб чиқариш самарадорлиги, композиция, биологик фаол моддалар, композицион озуқа.*

Аннотация. *Представлена информация о способах эффективного использования вторичных продуктов, образующихся в промышленности и производственном процессе, формировании с их помощью композиций различного состава, об использовании полученных композиций в промышленности и различных отраслях сельского хозяйства.*

Ключевые слова: *вторичный продукт, линт, делинт, эффективность производства, композиция, биологически активные вещества, композиционные корма.*

Annotation. *The methods of effective use of secondary products formed in industry and in the production process are used to produce comps of different composition with them, the resulting*

comps are given data on the use composition in industry and in different areas of rural agriculture.

Keywords: *secondary product, lint, delint, production efficiency, composition, biologically active substances, compositional feed.*

Кириш. Жаҳоннинг ривожланган мамлакатларида саноатни ривожлантириш ва унинг ресурсларидан самарали фойдаланиш иқтисодий ўсишни таъминлашнинг муҳим омили бўлиб қолмоқда. Бугунги кунда саноат республикамиз иқтисодиётининг асосий тармоқларидан бири ҳисобланади. Саноат тармоғининг ривожланиши миллий иқтисодиётнинг барқарор суръатлар билан ривожланишига олиб келади. Саноат корхоналарида ресурсларни қайта ишлаш, улардан янгидан–янги маҳсулотлар ишлаб чиқариш, ассортимент ва номенклатуранинг кўпайиши ҳисобига диверсификациялашув жараёнлари такомиллашади. Корхонада ресурс тежамкорлиги бўйича чора–тадбирлар кенг қамровли бўлганлиги учун корхонанинг ресурс тежамкорлиги бўйича стратегиясини ишлаб чиқиш корхонанинг фаолиятидаги асосий заруриятлардан бири хисобланади [1].

Саноатнинг иккиламчи маҳсулотларидан самарали фойдаланиш бугунги кунда тобора оммалашиб бормоқда. Иккиламчи маҳсулотлар асосий маҳсулотлар ишлаб чиқариш жараёнида ва саноатнинг турли соҳаларида ҳосил бўладиган қўшимча моддалардир. Улардан самарали фойдаланиш ресурсларни тежаш, атроф–муҳитни ҳимоя қилиш ва иқтисодий самарадорликни ошириш учун муҳимдир.

Иккиламчи (чиқиндилар)нинг ҳосил бўлишидан тортиб уларни қайта ишлаш, атроф–муҳит зарарли таъсирининг олдини олиш, чиқиндилар ҳосил бўлишини камайтириш, улардан хўжалик фаолиятида оқилона фойдаланишгача бўлган жараёнлар бир–бирлари билан ва қатор бошқа омиллар билан узулуксиз боғланган. Улар мураккаб, кўп олмилли ва ўзаро боғлиқ яхлит тизимини ташкил этади.

Саноатда чиқиндиларнинг ҳосил бўлиши дастлаб турли фойдали моддаларга эга бўлган чанг, оқава, газ шаклида содир бўлади. Уларни қайта ишлаб чифиндаларни фойдаланиш сохаларини кенгайтириш мумкун. Саноат чиқиндиларидаги маҳсулот ишлаб чиқаришда ёки саноат ишларини бажаришда ҳосил бўлган ва ўз истеъмол хусусиятларини тўлиқ ёки қисман йўқотган хомашё қолдиқлари, материаллар, ярим тайёр маҳсулотлар киради.

Адабиётлар тахлили. Иккиламчи ресурслардан фойдаланишнинг асосий тамойилларига қуйидагилар киради: тизимли илмий ёндашиш;

ресурс–чиқинди–ресурс циклидан оптимал фойдаланиш;

чиқиндиларни камайиб боришини ҳисобга олиш;

чиқиндилар ҳосил бўлиш жараёнида табиий мухит ва ишлаб чиқариш ўртасидаги ўзаро алоқаларни уйғунлаштириш;

иккиламчи ресурслардан ҳар тамонлама фойдаланиш.

Чиқиндиларнинг таркиби, ҳажми ва хилма–хиллигига ва бошқа хусусиятларига қараб уларни турларга бўлиш мумкун. Уларни турларги бўлишда корҳоналардан чиқаётган чиқиндилар ва улардан самарали фойдаланиш алоҳида аҳамият касб этади. Иккиламчи ресурслардан фойдаланишнинг қуйидаги соҳаларга ажратиш мумкин: ресурс, геоэкологик, ижтимоий–иқтисодий каби соҳаларга ажралади [2].

Иккиламчи маҳсулотлардан фойдаланиш усуллари қуйидагилардан иборат:

1. Қайта ишлаш ва қайта тиклаш;
2. Энергетикада фойдаланиш;
3. Қишлоқ хўжалигида қўллаш;
4. Қурилиш ва саноатда қайта ишлатиш;
5. Янги маҳсулотлар ишлаб чиқариш;
6. Турли таркибдаги композициялар ҳосил қилиш.

Иккиламчи маҳсулотлардан самарали фойдаланиш орқали қуйидаги афзалликларга эришиш мумкин:

I. Иқтисодий самарадорлик–бунда хомашё тежалади ва ишлаб чиқариш ҳаражатлари камаяди;

II. Экологик жиҳатидан–чиқиндиларни камайтириш ва атроф–муҳитни ҳимоя қилиш;

III. Энергия тежамкорлик–қайта ишланган материаллардан фойдаланиш энергия сарфини камайтиради;

IV. Янги иш ўринларини яратиш–қайта ишлаш ва чиқиндиларни фойдали ресурсга айлантириш соҳасида янги имкониятлар яратилади [3].

Бугунги кунда саноатнинг иккиламчи маҳсулот ва турли чиқиндиларни қайта ишлаб турли таркибдаги композициялар ва композицион озуқалар ҳосил қилиб турли соҳаларда фойдаланилмоқда.

Композициялар турли хил моддаларни бирлаштириш ва уларни қайта ишлаш орқали олинади. Улар озуқа моддаларининг мувозанатли таркибини таъминлаш учун қўлланилади. Турли композицияларни ҳосил қилишнинг асосий усуллари қуйидагилардан иборат:

А) Механик аралаштириш;

Б) Экструзия усули;

В) Гидротермик қайта ишлаш;

Г) Биотехнологик усуллар;

Д) Кимёвий моддалар ёрдамида қайта ишлаш;

Е) Микрозаррача ва нано–технологиялар.

Қишлоқ хўжалигининг ажралмас қисми ҳисобланган ипакчилик тармоғи бошқа соҳалар каби ривожланиб бораётган соҳалардан бири ҳисобланади. Бу борада олиб борилаётган илмий изланишлар ҳам ўз самарасини бериб келмоқда.

Тажриба қисм. Бизни олиб борган тадқиқотларимиз ҳам саноатда ҳосил бўладиган иккиламчи маҳсулотлардан яъни пахта толасини ажратиб олингандан сўнг техник чигит атрофида қоладиган линт (делинт)дан микрокристалл целлюлоза олинди. Уни органик ва ноорганик моддалар ёрдамида қайта ишлаб самарали таркибдаги композиция яъни композицион озуқа суспензияси ҳосил қилинди. Ҳосил қилинган композиция қишлоқ хўжалигининг турли тармоқларида қўлланилиб юқори натижаларга эришилиб келинмоқда [4].

Бунинг учун аввало бутун дунёда ва юртимизда бу борада олиб борилган қатор илмий изланишлар ўрганилиб чиқилди ва турли шароитларда етиштирилган тут баргларини минерал таркиблари тахлил қилинди. Ўрганилган тут баргларни минерал таркибларини бойитиш мақсадида турли таркибдаги композицион озуқалар ишлаб ишлаб чиқилиб улар ёрдамида тут баргларига ишлов бериш орқали оптимал таркиб танлаб олинди.

Дастлаб бир қанча анорганик ва огранік бирикмалардан намуналар олиниб, турли фоизлардаги бирикмалари синаб кўрилди. Яратилган композиция тут баргларини минералларга бойиши ва тут баргларининг тўйимлилик даражаси ортиши натижасида ўтказилган тажрибаларда ўзининг амалий ифодалари орқали ўз исботини топди. Юқоридаги келтирилган экспериментал тадқиқотларнинг натижаларини диққат билан ўрганиш асосида маҳаллий ва иккиламчи хомашёлардан фойдаланиб турли таркибдаги озуқа композициялари ишлаб чиқилди (1–жадвал).

1–жадвал

Яратилган озуқа копмозицияларни таркиблари (1 л)

Композицияларни таркиблари	Анорганик модда (%)	Органик модда (%)	Органик полимер модда (%)	Эритувчи (мл)
1 – композиция	0,3	0,5	0,5	98,7
2 – композиция	1	1,5	1,5	96
3 – композиция	0,5	1	1	97,5
4 – композиция	2	2	2	94

Оптимал таркиб танлаб олингандан сўнг уни олиш технологик схемаси ишлаб чиқилди ва унинг асосида композицион озуқаси (суспензия) олиш қурилмаси яратилди. Қурилма ёрдамида композицион озуқаси (суспензия) олинди ва тажрибалар ўтказилиб турли натижалар олишга эришилди [5].

Ҳулоса. Тут баргларини минерал таркибини бойитишга қаратилган илмий изланишлар ва олиб борилган тадқиқотларни таққослаб, тахлил қилиб ўрганган ҳолда биз ҳам бир қанча тадқиқот ишларини турли тажрибаларни лаборатория шароитларида олиб бордик. Бизни олиб борган тадқиқотларимиздан кўзланган асосий мақсадлардан бири бу саноатда ҳосил бўладиган иккиламчи махсулот ва турли чиқиндилардан самарали фойдаланиш орқали ишлаб чиқариш самарадорлигини ошириш, экалогия ва атроф–мухитни мухофазасини таъминлашга қаратилган ишларнинг давоми сифатида эътироф этиш мумкун. Изланишлар давомида турли мухитда турли навлардаги тут барларини табиий биологик фаол ва композицион озуқалар ёрдамида тут баргларни минерал таркибларини бойитиш орқали ҳосилдорликни оширишга қаратилган илмий изланишларни олиб бормоқдамиз. Бу орқали саноатнинг иккиламчи махсулотларини кимёвий моддалар ёрдамида қайта ишлаб саноат учун керакли ҳомашёга айлантириш ва уларни қишлоқ хўжалигида бошқа соҳаларда фойдаланиш қамровни кенгайтириш ва юртимизни ривожланишига ўз хиссамизни қўшиш олдимизга асосий мақсадларимиздан биридир.

Адабиётлар

[1]. . Дониёрова Ш “Саноат корхоналарда иқтисодий ресурсларидан самарали фойдаланиш йўллари ва истиқболлари” International scientific and practical conference “Economics, management and digital innovation in education: modern trends and approaches” March 13, 2024. P.149–150.

[2]. Жумаев Т.Ж. “Иккиламчи ресурлардан фойдаланишни тартибга солиш” Ўзбекистон ёзувчилар уюшмаси Адабиёт жамғармаси нашриёти Тошкент 2004–й.

[3]. Зикирёев Э. “Пахтани дастлабки қайта ишлаш” ўқув қўлланма. Тошкент 2002 й.

[4]. Сайдалиев К.К. “Иисполь зование дополнительных питательных веществ при кормлении тутового шелкопряда” Актуальные вопросы высшего образования–2024. Материалы Международной научно–методической конференции Уфа 25 октября 2024 г. с. 145–146.

[5]. Сайдалиев К.К. “Пилла етиштиришда тут баргларига ишлов бериш учун озуқа композицияларини самарали таркиби ва олиш технологиясини ишлаб чиқиш” мавзусидаги диссертатция ишига автореферат. Тошкет 2024 й.

UDK: 664.8.022.6

MEVA-SABZAVOTLARNI QAYTA ISHLASH JARAYONIDA ULAR TARKIBIDAGI NAMLIK VA NITRAT IONI MIQDORINI ANIQLASH

A.A. Egamberdiyev

Namangan davlat texnika universiteti doktoranti, PhD
g-mail: egamberdiyevazizbek206@gmail.com

(Qabul qilindi 05.09.2025 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada tadqiqot obyektlari sifatida tanlab olingan mevalardan anjir va xurmo, poliz mahsulotlaridan qovunning tarkibida mavjud bo‘lgan namlik va nitrat ioni miqdorini aniqlash metodikasi hamda olingan natijalar o‘z ifodasini topgan.*

Kalit so‘zlar. *Meva, sabzavot, namlik, nitrat ioni, nitratomer, xomashyo, quritilgan mahsulot, metodika, alunit, ruxsat etilgan miqdor.*

Аннотация. *В данной статье представлены методика определения содержания влаги и ионов нитрата в инжире и хурме — выбранных в качестве объектов исследования фруктов, а также в дыне из бахчевых культур, и полученные результаты.*

Ключевые слова. *Фрукты, овощи, влага, нитрат-Ион, нитратомер, сырье, сушеный продукт, методология, алунит, допустимое количество.*

Abstract. *The article presents a method for determining the moisture and nitrate ion content in figs, dates, and melon - chosen as research objects - along with the results obtained.*

Keywords. *Nitrate ion, moisture, nitratomer, raw material, dried product, methodology, alunite, allowable quantity.*

Kirish. Meva-sabzavot va poliz mahsulotlarini quritish ularni konservalashning keng tarqalgan xalq usullaridan biri hisoblanadi. Quritish jarayonini sanoatda tashkil etish yuqori ahamiyatga ega. *Birinchidan,* meva-sabzavotlarni sifatli quritishni tashkil etish bilan bog‘dorchilik va sabzavotchilikka ixtisoslashtirilgan fermer xo‘jaliklarining ishlab chiqarish rentabelligini oshirishga xizmat qiladi hamda ularning raqobatbardoshligini oshirishga, yanada iqtisodiy jihatdan taraqqiy etishiga erishiladi. Chunki, meva-sabzavotlarni quritishni tashkil etish qishloq xo‘jalik mahsulotlarini qayta ishlash sohasining eng sodda, tannarxi arzon yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. *Ikkinchidan,* quritilgan meva va sabzavotlar ichki bozorda ham, tashqi bozorda ham yuqori narxlarda realizatsiya qilinadi. *Uchinchidan,* meva-sabzavotlarni quritish bilan ularning xususiyatlariga qarab uzoqroq muddat davomida saqlash imkoniyati mavjud hamda mavsumdan tashqari vaqtlarda ham mamlakatimiz aholisini ushbu mahsulotlarga bo‘lgan ehtiyojini qondirish imkoniyati yuzaga keladi. *To‘rtinchidan,* respublikamiz hududida yozgi davrda ko‘plab mevalar to‘kilib, nes nobud bo‘ladi. Quritishni tashkil etish esa ushbu mahsulotlarning to‘kilib, nobud bo‘lib ketishini oldini olishga imkon beradi. Ko‘rinib turibdiki, meva sabzavotlarni quritish dehqon va fermer xo‘jaliklari uchun istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi.

Adabiyotlar tahlili. Jahonda sifatli oziq-ovqat mahsulotlariga bo‘lgan talabni ortib borishi, mahsulotlarni saqlash borasida bajariladigan jarayonlarni sifatli amalga oshirishni talab etmoqda. Quritish uchun eng samarali usullardan biri bu sublimatsiya usulida quritish jarayonidir. Sublimatsion quritish jarayonini o‘rganish borasida eng muhim ishlardan biri S.V. Shaxov nomidagi Voronej davlat muhandislik texnologiya universitetida S. T. Antipov [1; 44-47 b., 2; 154-156 b.] boshchiligidagi ilmiy maktab tomonidan amalga oshiriladi. Jarayonni faollashtirish va ishlab chiqarish uchun energiya sarfini kamaytirishga qaratilgan yondashuvlar quritish siklining davomiyligini 40÷50 % ga kamaytirish orqali sublimatsion quritish jarayonida moddiy va energiya resurslarini tejashga modellashtirish va optimallashtirish orqali erishilgan [3]. G.V. Semyonov rahbarligida [4] Moskva Davlat oziq-ovqat ishlab chiqarish universitetida vakuumli suvsizlanish jarayonlariga bosimni, haroratni va boshqa rejim paramtrlarni keng miqyosdagi ta’sirini o‘rganishning ilmiy yo‘nalishi aktiv rivojlanib bormoqda.

Tahlil va natijalar. Meva va sabzavotlar, ayniqsa poliz mahsulotlarini yetishtirishda yetarli miqdorda mahalliy o‘g‘itlar bilan bir qatorda kimyoviy mineral o‘g‘itlar ishlatiladi. Bu kimyoviy o‘g‘itlarning aksariyati o‘simlikning o‘zida to‘planadi va natijada nitratlar shakllana boradi. Nitratlar o‘simliklar uchun zarur materiallardir. O‘simlik tarkibidagi azot birikmalarining bir qismi oqsilga aylanadi va ortiqcha qismi to‘planadi. Ular bizning tanamizga tushadi. Biz nitratlarning 60 foizdan ortig‘ini sabzavotlardan, 20 foizini ichimlik suvidan, 10 foizini go‘shtdan, qolgan 10 foizini meva va sut mahsulotlaridan olamiz. Shu sababdan iste’mol qilinayotgan va qayta ishlanayotgan meva-sabzavotlar va poliz mahsulotlari tarkibidagi nitrat ulushni bilish talab etiladi [5; 57-59 b. 6; 56-57 b.]. Meva va sabzavotlar tarkibida mavjud bo‘lgan nitrat ioni miqdori GOST 29270-95 bo’yicha aniqlanadi [7]. Ushbu davlat standartiga asosan jarayon quyidagi ketma-ketlikda amalga oshiriladi. Xurmo mevasi yaxshilab tozalanadi va po‘sti bilan qirg‘ichdan o‘tkazilib, namunadan 10 g tortib olamiz va stakanga solib, unga alyumokal kvas (alunit) ning 1 % li eritmasidan 50 ml quyib, yaxshilab aralashtiriladi. Ushbu aralashmadan ikkita na’muna tayyorlanadi. So‘ngra nitratomer yordamida hosil bo‘lgan aralashmalar tarkibidagi nitrat ioni miqdori aniqlanadi. Nitrat ionini aniqlashda ikkita namuna olinib, har ikki namuna uch marotabadan qayta tekshirishladi. Olingan natijalarning o‘rtacha arifmetik qiymatlari olinadi. Olingan natija xurmo mevasi tarkibidagi nitrat ioni miqdorini ifodalaydi. Ushbu jarayon anjir va qovunda ham xuddi shu ketma-ketlikda amalga oshirildi. Olingan natijalar 1 - jadvalda keltirilgan.

1-rasm. Ekspert 001 markali nitratomer.

Mahsulotlarning (xurmo, anjir va qovun) tarkibidagi nitrat ioni miqdori Namangan viloyati Sanitariya-epidemiologik osoyishtalik va jamoat salomatligi boshqarmasi tasarrufidagi Sanitariya-gigiyena laboratoriyasida mavjud bo‘lgan № 0130700075 raqamli nitratomer yordamida aniqlandi.

Tadqiqot natijalariga asosan xomashyolar tarkibidagi nitrat ioni miqdori quyidagi qiymatga ega ekanligi aniqlandi 1-jadval.

1-jadval

Nitrat ionining xomashyolar tarkibidagi ulushi

№	Mahsulot nomi	Xomashyolar tarkibidagi nitrat ioni miqdori (mg/kg)	Nitrat ionining ruhsat etilgan miqdori (mg/kg)
1	Qovun	79.0 ± 1.5	90.0
2	Anjir	0.00	mavjud emas
3	Xurmo	0.00	mavjud emas

Izoh. Oziq-ovqat mahsulotlari xavfsizligining gigiyenik normativlari mavjud emas (№ 0366-19-sonli SanQvaM) ga asosan anjir va xurmo tarkibidagi nitrat ionining ruxsat etilgan miqdori keltirilmagan.

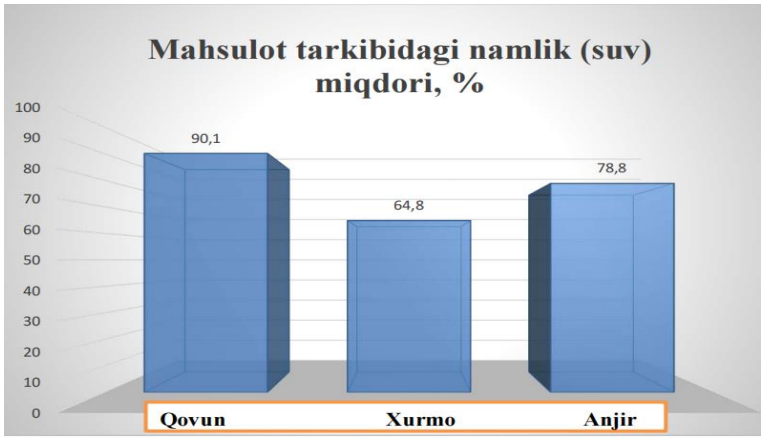
Har uchta namunadagi nitrat ioni miqdori aniqlash bo‘yicha olib borilgan tajribalardan shu ma’lum bo‘ldiki, Anjir va xurmo mevasi tarkibida nitrat ioni aniqlanmadi. Qovun poloz mahsulotida 79,0 mg/kg ni tashkil etishi aniqlandi.

Xurmo, qovun va anjir tarkibidagi namlik (suv) miqdori

Mahsulotlar (anjir, xurmo va qovun) tarkibida namlik (suv) miqdori ularni saqlash, qayta ishlash va quritish jarayonida asosiy omillardan biri hisoblanadi. Quritilgan mahsulot tarkibidagi namlik ushbu mahsulotni saqlash muddati va sharoitlarini belgilovchi omil sifatida xizmat qilishi mumkin. Shu sababdan, quritishga tayyorlanayotgan mahsulot yoki xomashyoni dastlabki suv miqdori va quritilgandan keyingi tarkibidagi namligini aniqlash muhim ahamiyatga ega. Yuqorida keltirilgan omillarni inobatga olgan holda tadqiqot obyektlarini boshlang‘ich namliklari laboratoriya sharoitida aniqlandi [8; 22-25 b., 9; 47-51 b.].

Quritish jarayonida xomashyo va quritilgan mahsulot massalari o‘rtasidagi farq orqali namlik (suv) miqodri aniqlandi va jarayon quyidagi ketma-ketlikda amalga oshirildi. Xomashyo mayda bo‘laklarga bo‘linadi va uning dastlabki masssasi o‘lchab olinadi. Quritish shkafida 60^0 C harorat ta’sirida 7÷10 soat mobaynida quritiladi [10]. Quritishdan keyingi massasi o‘lchab olinib, massalar o‘rtasidagi farq aniqlandi. Massalar o‘rtasidagi farq miqdorining xomashyoning dastlabki og‘irligiga nisbati olindi. Hosil bo‘lgan natija xomashyoning namlik miqdorini ifodalaydi. Jarayon quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$\omega = \frac{m_1 - m_2}{m_1} * 100\ \%; \quad (1)$$



2-rasm. Mahsulot tarkibidagi namlik (suv) miqdori, % (100 g namunada)

Bu yerda: m_1 - mahsulotning dastlabki massasi, g; m_2 - quritilgan mahsulot massasi, g; ω - mahsulot tarkibidagi namlik miqdori, %.

Olingan tadqiqot natijalari 2-rasmda keltirilgan.

Rasmda keltirilgan ko‘rsatkichlardan, qovun tarkibida namlik eng yuqori bo‘lib, 90,1 % ni tashkil qilsa, eng past ko‘rsatkich xurmo mevasi tarkibidagi suv miqdori bo‘lib, 64,8 % ni tashkil etadi. Anjir mevasi tarkibidagi suv miqdori esa 78,8 % ni tashkil qilishi aniqlandi.

Xulosa

Laboratoriya sharoitida tadqiqot obyektlari, ya'ni qovun, anjir va xurmoning tarkibida mavjud bo'lgan namlik va nitrat ioni miqdori o'rganildi hamda quyidagicha natijalar olindi:

1. Anjir va xurmo mevasida nitrat ioni mavjud emasligi, qovun poliz mahsulotida 79,0 mg/kg ni tashkil etishi aniqlandi. Qovunning tarkibidagi nitrat ioni miqdorining ruhsat etilgan miqdori "Oziq-ovqat mahsulotlari xavfsizligining gigiyenik normativlari (№ 0366-19-sonli SanQvaM)" ga asosan 90.0 mg/kg ni tashkil etadi. Bundan ko'rinadiki, tadqiqot obyektlari sifatida tanlab olgan mahsulotlarimizning barchasi oziq-ovqat xavfsizligi talablariga to'la javob beradi.

2. Quritishdan oldingi tarkibidagi namlik (suv) miqorini qovunda 90,1 % ni, xurmoda 64,8 % ni, anjirda esa 78,8 % ni tashkil qilishi aniqlandi. Bu natijalar, mahsulotlarni quritish jarayonida qurilmaning eng maqbul parametrlarini tanlashga asos bo'lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1]. Антипов С.Т. Исследование процесса вакуум-сублимационного обезвоживания пищевых продуктов при различных способах энергоподвода / С.Т. Антипов, А.А. Воронин, А.С. Кумицкий и др. // Вестник Международной академии холода. – СПб.-М. – 2007. – Вып. 2. – С. 44-47.

[2]. Антипов С.Т. Моделирование процессов вакуум-сублимационной сушки материалов с развитой поверхностью тепло- и массообмена и с различными источниками энергоподвода / С.Т. Антипов, А.И. Шашкин, С.В. Шахов и др. - Воронеж: ВГТА, 2011. - 168 с.

[3]. Шахов С.В. Научное обеспечение развития системы процессов интенсивного обезвоживания пищевых сред с применением вакуум-сублимационной сушки. Автореф. дисс. д-ра техн. наук. – Воронеж, 2011.

[4]. Семенов Г.В. Тепломассообмен в процессах низкотемпературного вакуумного обезвоживания термолабильных материалов и его аппаратурное оформление. Автореф. дисс. д-ра техн. наук. – М., 2003.

[5]. Андрющенко В.К. Содержание нитратов в овощах // Вопросы питания. 2009. № 5. С. 57–59.

[6]. Бурова Т.Е. Биологическая безопасность продовольственного сырья и продуктов питания: лабораторный практикум: учеб.-метод. пособие / под ред. А.Л. Ишевского. СПб.: НИУ ИТМО, 2014. 96 с.

[7]. ГОСТ 29270-95 Межгосударственный стандарт. «Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения нитратов»

[8]. Тухтаев Ш.К, Самадов О.Б., Чориев А. Ж., Додаев К.О. Исследование изменения влажности сортов дыни при ИК-конвективной сушке // Universum: химия и биология: электрон. научн. журн. - 2020. 11 (77) – С. 22-25. URL:ttps://7universum.com/ru/nature/archive/item/10862.

[9]. Исследование изменения влажности тыквы при ИК-конвективной сушке / О.Б. Самадов, Ш.К. Тухтаев, А.Ж. Чориев, К.О. Додаев [и др.] // Вестник Казахского университета технологии и бизнеса. – Казахстан, 2019. – № 4. – С. 47–51

[10]. Исследование процесса сублимационной сушки плодов сливы. UNIVERSUM: ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ. Выпуск: 12(105) декабрь 2022 г. Часть 4. г. Москва. С. 22-25. https://7universum.com/pdf/tech/12(105)/12(105_4).pdf.

THE IMPACT OF A COMBINED TEACHING METHODOLOGY IN HIGHER MATHEMATICS ON THE FORMATION OF PROFESSIONAL COMPETENCIES IN ENGINEERING STUDENTS

M.Ya. Kosimova

Fergana State Technical University,
ORCID: 0009-0001-0145-3656
E-mail: qosimovamaxbubaxon22@gmail.com

(Received on April 4 th, 2026)

Mavzuning dolzarbligi: *Kompetentsiyaga yo'naltirilgan muhandislik ta'limiga bo'lgan ortib borayotgan talab texnik universitetlarda matematikani o'qitishning an'anaviy yondashuvlarini qayta ko'rib chiqishni taqozo etmoqda.*

Maqsad: *Ushbu tadqiqot muammoli ta'lim va amaliy yondashuv integratsiyasiga asoslangan kombinatsiyalashgan o'qitish metodologiyasining muhandislik talabalari kasbiy kompetentsiyalarini shakllantirishdagi samaradorligini asoslash va eksperimental tekshirishdan iborat.*

Metodlar: *Farg'ona davlat texnika universitetida 2023-2025 yillar davomida nazorat guruhli pedagogik eksperiment o'tkazildi. Jami 84 nafar ikkinchi kurs muhandislik talabalari tasodifiy tanlash yo'li*

bilan nazorat va eksperimental guruhlarga bo'lindi. Natijalar nazariy bilim, amaliy ko'nikma va analitik tafakkur bo'yicha baholandi.

Natijalar: *Eksperimental guruhda barcha ko'rsatkichlar bo'yicha statistik jihatdan sezilarli yaxshilanishlar kuzatildi (p < 0,001). Amaliy ko'nikmalarda eng katta o'sish qayd etildi (~29%), undan keyin analitik tafakkur va nazariy bilimlar.*

Xulosa: *Oliy matematika kurslarida faol va amaliy o'qitish usullarining integratsiyasi muhandislik talabalarining kasbiy kompetentsiyalarini sezilarli darajada oshiradi va texnik universitetlarda qo'llash uchun tavsiya etiladi.*

Kalit so'zlar: *oliy matematika, muammoli ta'lim, muhandislik ta'limi, kasbiy kompetentsiyalar, pedagogika, kombinatsiyalashgan metodologiya*

Актуальность: *Возрастающий спрос на компетентностно-ориентированное инженерное образование побуждает к переосмыслению традиционных подходов к обучению математике в технических университетах.*

Цель: *Данное исследование направлено на обоснование и экспериментальную проверку эффективности комбинированной методики преподавания высшей математики, основанной на интеграции проблемного обучения и прикладного подхода, в формировании профессиональных компетенций студентов инженерных специальностей.*

Методы: *В Ферганском государственном техническом университете в 2023–2025 годах проведён контролируемый педагогический эксперимент. Выборка включала 84 студента второго курса инженерных специальностей, случайным образом распределённых на контрольную и экспериментальную группы. Результаты оценивались по трём компонентам: теоретические знания, прикладные навыки и аналитическое мышление.*

Результаты: *В экспериментальной группе зафиксированы статистически значимые улучшения по всем показателям по сравнению с контрольной группой (p < 0,001). Наибольший прирост наблюдался по прикладным навыкам (~29%), далее следовали аналитическое мышление и теоретические знания.*

Вывод: *Интеграция активных и прикладных методов обучения в курсе высшей математики существенно повышает уровень профессиональных компетенций студентов инженерных специальностей и рекомендуется для внедрения в технических университетах.*

Ключевые слова: *высшая математика, проблемное обучение, инженерное образование, профессиональные компетенции, педагогика, комбинированная методика*

Background: *The growing demand for competency-oriented engineering education has prompted a re-evaluation of traditional mathematics instruction in technical universities.*

Aim: *This study aimed to substantiate and experimentally verify the effectiveness of a combined teaching methodology in higher mathematics based on the integration of problem-based learning and an applied approach in forming professional competencies among engineering students.*

Methods: *A controlled pedagogical experiment was conducted at Fergana State Technical University (2023–2025). A total of 84 second-year engineering students were randomly assigned to control and experimental groups. The control group received traditional instruction, while the experimental group was taught using a combined methodology incorporating problem-based learning, case-based tasks, and mathematical modeling. Outcomes were assessed across theoretical knowledge, applied skills, and analytical thinking.*

Results: *Statistically significant improvements were observed in all indicators in the experimental group compared to the control group (p < 0.001). Applied skills showed the greatest gain (~29%), followed by analytical thinking and theoretical knowledge.*

Conclusion: *The integration of active and applied teaching methods in higher mathematics courses significantly enhances engineering students' professional competencies and is recommended for adoption in technical universities.*

Keywords: higher mathematics, problem-based learning, engineering education, professional competencies, pedagogy, combined methodology.

1. Introduction

The development of higher technical education is currently associated with a gradual transition from a knowledge-based model of training to a competency-oriented approach. This shift is driven by the increasing complexity of engineering activities and the need to train specialists capable of analytical thinking and independent problem solving [1, 2]. In this context, higher

mathematics occupies a central position, as it forms the basis for modeling processes and developing logical reasoning [3].

At the same time, the traditional system of teaching mathematics in technical universities is mainly focused on the transfer of theoretical material. Such an approach often leads to insufficient formation of practical skills and difficulties in applying knowledge in professional situations [4]. This problem determines the need to revise teaching methods and introduce more effective educational technologies.

In recent years, active learning methods, including problem-based learning and applied approaches, have become increasingly widespread. Their use makes it possible to increase student involvement in the educational process and create conditions for meaningful assimilation of knowledge [5, 6]. However, the combined use of these approaches in teaching higher mathematics has not been sufficiently studied, which justifies the present investigation.

2. Materials and Methods

The study was conducted as a pedagogical experiment with parallel groups at Fergana State Technical University during 2023–2025. The study involved 84 second-year engineering students. The participants were divided into control and experimental groups using random selection, which ensured the comparability of the groups.

Students in the control group were trained using a traditional teaching model based on lectures and standard practical tasks. In contrast, the experimental group was taught using a combined methodology that included problem-based learning, case-based assignments, and elements of mathematical modeling.

The assessment of learning outcomes included three main components: theoretical knowledge, applied skills, and analytical thinking. Theoretical knowledge was evaluated using standardized tests, applied skills were assessed through problem-solving tasks, and analytical thinking was evaluated using specially adapted tasks.

Statistical processing of the data was carried out using standard methods, including comparison of mean values (M±m) and verification of the reliability of differences using the Student's t-test. A significance threshold of $p < 0.05$ was adopted for all comparisons.

3. Results and Discussion

At the initial stage of the study, no statistically significant differences were found between the control and experimental groups ($p > 0.05$), which confirms their comparability before the intervention.

After the implementation of the combined teaching methodology, significant changes were observed in the experimental group, while the indicators in the control group remained virtually unchanged. The results are presented in Table 1.

Table 1. Dynamics of indicators in control and experimental groups (M±m)

Indicator	Control (before)	Control (after)	Experimental (before)	Experimental (after)	p
Theoretical knowledge	71.9±1.7	72.3±1.8	72.1±1.6	81.7±1.5	<0.001
Applied skills	64.8±2.0	65.4±2.1	65.1±2.2	84.2±1.7	<0.001
Analytical thinking	68.2±1.8	68.9±1.9	68.5±1.7	86.5±1.6	<0.001

The analysis shows that in the control group the increase in indicators is minimal and does not reach practical significance. In contrast, the experimental group demonstrates a pronounced positive dynamic across all three measured competency domains.

The level of theoretical knowledge increased by more than 13%, which indicates better assimilation of the material. The most notable gains were observed in applied skills, where the increase reached approximately 29%, reflecting a marked development in the ability to solve

practical problems. Analytical thinking also improved substantially, which points to the formation of higher-order cognitive functions.

These results can be explained by the fact that the combined methodology creates conditions for active student participation in the learning process. The use of real problem situations and case-based assignments contributes to a deeper understanding of the material and facilitates its application in professional contexts.

The obtained data are consistent with findings from previous studies demonstrating the effectiveness of active learning methods [1, 7 - 10]. At the same time, the present results indicate that integrating problem-based and applied approaches produces a synergistic effect that exceeds the benefits of either method applied in isolation.

4. Conclusion

The results of the study confirm that the use of a combined teaching methodology in higher mathematics contributes to a significant improvement in the level of professional competencies among engineering students. The integration of problem-based learning and an applied approach makes it possible to increase the effectiveness of the educational process across all assessed competency domains. On the basis of the statistically confirmed findings ($p < 0.001$), this methodology can be recommended for systematic implementation in technical universities seeking to align mathematics instruction with competency-oriented educational standards.

References

[1]. Freeman S, Eddy SL, McDonough M, Smith MK, Okoroafor N, Jordt H, Wenderoth MP. Active learning increases student performance in science, engineering, and mathematics. Proc Natl Acad Sci USA. 2014;111(23):8410–8415.

[2]. Felder RM, Brent R. Teaching and Learning STEM: A Practical Guide. San Francisco: Jossey-Bass; 2016.

[3]. Biggs J, Tang C. Teaching for Quality Learning at University. 4th ed. Maidenhead: Open University Press; 2011.

[4]. Sweller J, Ayres P, Kalyuga S. Cognitive Load Theory. New York: Springer; 2011.

[5]. Hmelo-Silver CE. Problem-based learning: What and how do students learn? Educational Psychology Review. 2004;16(3):235–266.

[6]. Kolmos A, de Graaff E. Problem-based and project-based learning in engineering education. International Journal of Engineering Education. 2014;30(3):561–570.

[7]. Prince M. Does active learning work? A review of the research. Journal of Engineering Education. 2004;93(3):223–231.

[8]. Kosimova, M. Y. (2022). TALABALARNI TA'LIM SIFATINI OSHIRISHDA FANLARARO UZVIYLIGIDAN FOYDALANISH. *Nazariy va amaliy tadqiqotlar xalqaro jurnali*, *2*(2), 57-64.

[9]. Yakubjanovna, Q. M. (2022). Some Methodological Features of Teaching the Subject «Higher Mathematics» in Higher Educational Institutions. *Eurasian Journal of Physics, Chemistry and Mathematics*, *4*, 62-65.

[10]. Qosimova, M. Y. (2021). Two-point second boundary value problem for a quadratic simple second-order differential equation solved by the bernoulli equation. *Asian Journal of Multidimensional Research*, *10*(10), 97-100.

MATBAA YANGILIKLARI: ILMIY-TEXNIK INNOVATSIYALAR VA RAQAMLI TRANSFORMATSIYA

G.I. Ismailova, G.O. Qodirova, R.M. Muradov

Namangan davlat texnika universiteti

Tel:+998913611007 , Tel: +998 94 158 71 57 , Tel: +998 94 272 94 56

(Qabul qilindi 19.06.2025 y.)

Annotatsiya. *Poligrafiya sanoati hozirda raqamlashtirish, avtomatlashtirish, barqarorlik va sun'iy intellekt asosida chuqur o'zgarishlar asosida rivojlanmoqda. Zamonaviy bozor talablari yuqori tezlik, shaxsiylashtirish, ekologik toza va ishlab chiqarishning intellektual moslashuvini ta'minlaydigan innovatsion echimlarni joriy etish zarurligini taqozo etmoqda. Maqolada matbaadagi ilmiy va texnologik taraqqiyotning asosiy yo'nalishlari, jumladan, raqamli bosish usulu, gibrid texnologiyalar, barqaror materiallar va intellektual boshqaruv tizimlari ko'rib chiqiladi.*

Kalit so'zlar: *matbaa, raqamli bosish, sun'iy intellekt, barqaror rivojlanish, innovatsiyalar,*

avtomatlashtirish, texnologiya.

Аннотация. *Полиграфическая отрасль сегодня переживает этап глубокой трансформации, обусловленной влиянием цифровизации, автоматизации, устойчивого развития и искусственного интеллекта. Современные требования рынка диктуют необходимость внедрения инновационных решений, способных обеспечить высокую скорость, персонализацию, экологичность и интеллектуальную адаптацию производства. В статье рассматриваются ключевые направления научно-технического прогресса в полиграфии, включая цифровую печать, гибридные технологии, устойчивые материалы и интеллектуальные системы управления.*

Ключевые слова: *полиграфия, цифровая печать, искусственный интеллект, устойчивое развитие, инновации, автоматизация, технологии.*

Annotation. *The printing industry is currently undergoing a profound transformation driven by digitalization, automation, sustainable development and artificial intelligence. Modern market demands dictate the need to implement innovative solutions that can ensure high speed, personalization, environmental friendliness and intelligent adaptation of production. The article examines key areas of scientific and technological progress in printing, including digital printing, hybrid technologies, sustainable materials and intelligent control systems.*

Keywords*: printing, digital printing, artificial intelligence, sustainable development, innovation, automation, technology.*

Kirish

Tarixan matbaa ommaviy kommunikatsiyaning asosiy kanali bo‘lib, bilim, axborot va madaniyatning tarqalishini ta’minlagan. Biroq, raqamli asrning kelishi bilan an'anaviy ofset va fleksografik texnologiyalar yanada moslashuvchan raqamli echimlar bilan raqobatlasha boshladi. Bozor avtomatlashtirilgan tizimlar, barqaror materiallar va intellektual dasturiy ta'minotni birlashtirishni talab qiladi, bu esa ishlab chiqarish jarayonlarini tubdan o'zgartirishga olib keladi.
Matbaa - bu matbaa texnologiyalari, materialshunoslik, dasturlash va dizaynni birlashtirgan fanlararo soha bo’lib, ishlab chiqarishda moslashuvchanlik, tezlik va barqarorlikka e'tibor qaratgan holda an'anaviy jarayonlarni qayta ko'rib chiqishni talab qiladi.

Zamonaviy matbaa sanoati faqat mahsulot ishlab chiqarish bilan emas, balki uni to‘g‘ri taqdim etish, qadoqlash va markalash bilan ham chambarchas bog‘liq. Aynan shu jarayonlarda sanoat matbaachiligi muhim o‘rin egallaydi. So‘nggi yillarda matbaa texnologiyalarining sanoat tarmoqlarida qo‘llanilishi yanada kengayib, raqamli bosma uskunalar, avtomatlashtirilgan tizimlar va ekologik siyohlar kabi innovatsiyalar jadal suratda joriy qilinmoqda. Bu esa ishlab chiqaruvchilarga nafaqat samaradorlikni oshirish, balki mahsulot sifati va iste’molchi ishonchini mustahkamlash imkonini bermoqda. Ushbu maqolada matbaa sanoatidagi eng so‘nggi yangiliklar, ularning amaliy qo‘llanilishi va istiqbollari tahlil qilinadi.

2. Raqamli bosma usuli zamonaviy transformatsiyaning asosi sifatida

So‘nggi yillarda dunyo bo‘ylab raqamli texnologiyalar keskin rivojlandi. Bu o‘zgarishlar nafaqat ijtimoiy tarmoqlar, balki an’anaviy ommaviy axborot vositalarining o‘z faoliyatini qayta ko‘rib chiqishiga olib keldi. Ayniqsa, bosma nashrlar bugun raqamli shaklga o‘tib, yangi davrga qadam qo‘ymoqda. Ushbu maqolada raqamli bosma yangiliklarning bugungi holati, afzalliklari va muammolari yo’ritib berilgan. Raqamli bosma yangiliklari – bu an’anaviy gazeta va jurnallarning internet orqali tarqatiladigan, ko‘pincha mobil qurilma yoki kompyuter orqali o‘qiladigan shaklidir. Ular matn, rasm, video va infografika kabi ko‘p formatli axborotni birlashtira oladi.

Afzalliklari:

1. **Tezlik va dolzarblik** – Maqolalar real vaqt rejimida yangilanadi, bu esa o‘quvchilarga eng so‘nggi voqealarni tezda yetkazadi.
2. **Qulaylik** – Har qanday joyda va vaqtda yangiliklarni o‘qish imkoniyati mavjud.
3. **Ekologik jihatdan qulay** – Qog‘oz sarfi kamayadi, bu esa atrof-muhitga ijobiy ta’sir qiladi.
4. **Interaktivlik** – Foydalanuvchilar maqolalarga izoh qoldirishi, baham ko‘rishi yoki ijtimoiy tarmoqlarda ulashishi mumkin.

Muammolar:

1. **Soxta yangiliklar tahdidi** – Har kim axborot tarqatishi mumkinligi sababli noto‘g‘ri yoki yolg‘on ma’lumotlar tarqalish ehtimoli ortadi.

2. **Moliyalashtirish muammosi** – Ko‘plab raqamli nashrlar reklamalarga tayanadi, bu esa tahririyat mustaqilligiga tahdid solishi mumkin.
3. **Axborot ko’pligi** – Juda ko‘p ma’lumot oqimi o‘quvchini charchatishi yoki chalg‘itishi mumkin.

Raqamli bosma usuli so'nggi yigirma yil ichida matbaa sanoati rivojlanishining asosiy vektoriga aylandi. Xozirda quyidagi texnologiyalar faol rivojlanmoqda:

• *Inkjet usulida bosish:* o'zgaruvchan ma'lumotlar bilan ishlash, har bir nusxani shaxsiylashtirish, talab bo'yicha bosish va kichik adaddagi mahsulotlarni bosish xarajatlarini kamaytirish imkonini beradi.

• *Toner bilan bosish (elektrofotografiya):* ofis va tezkor matbaa uchun samarali hisoblanadi.

• *Gibrid tizimlar:* raqamli va ofset bosish usulini birlashtirilib, an'anaviy bosish jarayoni sifati raqamli boshqaruvning moslashuvchanligi bilan ta'minlanadi.

Inkjet bosma usuli: zamonaviy matbaachilikning ilg‘or texnologiyasi

Inkjet (purkashli) bosma usuli — bu siyohni qog‘oz yoki boshqa material yuzasiga to‘g‘ridan-to‘g‘ri purkab chiqariladigan bosma texnologiya bo‘lib, bugungi kunda eng keng tarqalgan va ko‘p qirrali bosma usullardan biridir. Ushbu texnologiya nafaqat ofis va uy printerlarida, balki sanoat miqyosidagi ishlab chiqarish liniyalarida, reklama mahsulotlari tayyorlashda, tekstil, qadoqlash va elektronika sohalarida ham faol qo‘llanilmoqda.

Inkjet bosmaning ishlash prinsipi

Inkjet bosma qurilmalari mikroskopik teshiklardan siyohni purkab chiqaradi. Asosan ikki xil asosiy texnologiyasi mavjud:

1. **Termal inkjet** – siyoh qizdiriladi va bug‘ hosil qilinadi, bu esa siyohni teshikdan chiqarib yuboradi.
2. **Piezoelektrik inkjet** – piezo kristall yordamida bosim hosil qilinadi va siyoh purkaladi. Bu usul nozikroq va aniqroq bosma beradi, shuningdek ko‘proq turdagi siyohlar bilan ishlay oladi.

Afzalliklari:

- **Moslashuvchanlik:** turli materiallarga – qog‘oz, plastik, to‘qima, metall va hatto keramika yuzalariga bosma chiqarish imkonini beradi.
- **Harajat jihatidan qulaylik:** kichik hajmdagi yoki shaxsiylashtirilgan mahsulotlar uchun ayniqsa samarali.
- **Tez sozlash:** yangi dizaynlarni ishlab chiqarish liniyasiga tez integratsiya qilish mumkin.
- **Ekologik variantlar mavjud:** suv asosidagi siyohlar bilan ishlovchi modellar atrof-muhitga kamroq zarar yetkazadi.

Kamchiliklari:

- **Siyoh sarfi yuqori:** ayniqsa katta hajmli bosmalarda ancha siyoh talab etadi.
- **Tezligi cheklangan:** ofset bosmaga nisbatan sekinroq ishlaydi, lekin yangi sanoat inkjet tizimlari bu cheklovni tobora yengib bormoqda.
- **Namlikka sezuvchanlik:** ba’zi siyoh turlari qurigunча o‘chib ketishi mumkin.

Sanoatdagi qo‘llanilishi:

Inkjet texnologiyasi sanoat matbaachiligida keng ko‘lamli qo‘llanilmoqda:

- **Qadoqlash** – mahsulot yaroqlilik muddati, QR-kod, shtrix-kod va partiya raqamlarini bosish.
- **Tekstil** – kiyim-kechak va matolarga bevosita bosma qilish.
- **Elektronika** – mikrosxemalar ishlab chiqarishning ba’zi bosqichlarida murakkab naqshlar bosib chiqarish.

Inkjet bosma usuli — bu zamonaviy matbaachilikning moslashuvchan, ekologik va iqtisodiy samarali alternativasi bo‘lib, hozirda sanoat tarmoqlarida tobora keng qo‘llanilmoqda. Texnologiyaning rivojlanishi bilan inkjet bosma sifati va tezligi oshib bormoqda, bu esa uni kelajakda yanada dolzarb texnologiyaga aylantirishi aniq.

Matbaa sanoatidagi gibrid tizimlar: an’anaviy va raqamli texnologiyalarning uyg‘unligi

Zamonaviy bosma sanoati tobora raqamlashtirilayotgan bir vaqtda, matbaa jarayonida tezlik, sifat, narx va moslashuvchanlikni muvozanatda ushlab turish zarurati ortib bormoqda. Shu maqsadda matbaachilikda **gibrid tizimlar** tobora keng qo‘llanilmoqda. Bu tizimlar an’anaviy (analog) bosma usullari — masalan, **ofset**, **fleksografiya** yoki **rotogravyura** — bilan **raqamli bosma texnologiyalar** — masalan, **inkjet** yoki **toner asosidagi bosma** — ni birlashtiradi.

Gibrid tizim nima?

Gibrid matbaa tizimi — bu bir vaqtning o‘zida ikkita yoki undan ortiq bosma texnologiyalarni birlashtirgan bosmaxona uskunasi bo‘lib, u turli xil bosma ehtiyojlarga javob bera oladi. Masalan, katta hajmdagi dizaynni ofset usulida, individual yoki moslashtirilgan elementlarni esa raqamli bosma orqali amalga oshirish mumkin.

Gibrid tizimlarning afzalliklari

1. **Moslashtirilgan (personalizatsiyalangan) bosma**
   Gibrid tizimlar yordamida har bir nusxaga individual ma’lumot — mijoz ismi, QR-kod, seriya raqami kabi elementlar qo‘shilishi mumkin.
2. **Samaradorlik va tezlik**
   An’anaviy usulda asosiy bosma qismlarini tez va arzon narxda chiqarish, raqamli modul orqali esa o‘zgaruvchan ma’lumotlar bilan to‘ldirish mumkin.
3. **Ko‘p formatlilik**
   Bir vaqtning o‘zida rangli tasvir, matn, shtrix-kod va boshqa elementlarni har xil texnologiyada chiqarish imkonini beradi.
4. **Xarajatlarni optimallashtirish**
   Raqamli bosma kichik adadlar, an’anaviy bosma esa katta adadlar uchun samaraliroq. Gibrid tizim bu ikkisini muvozanatlashtiradi

Gibrid tizimlar qayerda qo‘llaniladi?

- **Qadoqlash sanoati** – masalan, oziq-ovqat mahsulotlarining asosiy dizayni an’anaviy usulda, yaroqlilik muddati yoki QR-kodlar esa raqamli usulda bosiladi.
- **Reklama va marketing materiallari** – katalog, broshyura, flayer va boshqa materiallar dizayni standart, lekin har bir mijoz uchun alohida ma’lumot bilan chiqariladi.
- **Nashriyot sohasida** – cheklangan adadli kitoblar, individual muqovalar va eksklyuziv dizaynlar uchun.

3. Sun'iy intellekt va avtomatlashtirish

SI va uskunalarni avtomatlashtirishning joriy etilishi yangi ufqlarni ochadi:

• Kontent va maketni tahlil qilish asosida avtomatlashtirilgan saxifalash;
• Intellektual sensorlar orqali ranglarni usatish va ro'yxatga olishni optimallashtirish;
• Uskunaning eskirishini prognozlash va rejali texnik xizmat ko'rsatish;
• Inson omili ta'sirini kamaytiradigan robotlashtirilgan qadoqlash va buklash oqim tizimlarini joriy qilish.

4. Ekologik barqarorlik va yashil texnologiyalar

Matbaa sanoati ekologik toza texnologiyalarga faol o’tmoqda:

• Suvda eruvchan siyoh va xavfsiz laklardan foydalanish;
• Qayta ishlangan (ikkilamchi) va biologik parchalanadigan qog'ozdan foydalanish;
• Energiya sarfini optimallashtirish va uglerod izlarini kamaytirish;
• Yopiq ishlab chiqarish tsikli tamoyillarini amalga oshirish (Circular Economy).

5. Yangi materiallar va ommaviy axborot vositalari

Zamonaviy bosma mahsulotlar tobora an'anaviy qog'ozda chop etishdan tashqariga chiqmoqda. Bosish quyidagi materiallarda amalga oshirilmoqda:

• Sintetik plyonkalar va to'qimachilik materiallari;
• Ko'p qatlamli qadoqlash materiallari;
• RFID va NFC lar uchun moslashuvchan tashuvchilar;
• Integratsiyalashgan elektronikaga ega yuzalar (interaktiv jildlar, AR elementlari).

6. Istiqbollar va muammolar

Raqamli raqobatga qaramay, matbaa axborot-kommunikatsiya zanjirida muhim bo‘g‘in bo‘lib

qolmoqda. Uning istiqbollari raqamli texnologiyalar bilan birlashish, ixtisoslashuv, moslashuvchanlik va intellektual boshqaruv tizimlariga o'tishdan iborat. Asosiy muammolar qatoriga innovatsiyalarni joriy etishning yuqori narxi, malakali ishchilar yetishmasligi va biznes modellarini qayta ko‘rib chiqish zarurati kiradi.

Asosiy istiqbollar:

• intellektual zavodlar (smart factories);
• to‘ldirilgan reallik bilan integratsiya;
• web-to-print - chop etish platformalarini rivojlantirish.

Asosiy qiyinchiliklar:

• yangi texnologiyalarni joriy etishdagi yuqori xarajatlar;
• mutaxassislarning etishmasligi;
• an'anaviy korxonalarni raqamli voqelikka moslashtirish.

Xulosa

Bugungi matbaa sanoati faqatgina "chop etish" ishi bilan chegaralanib qolmay, ilm-fan, texnologiya, dizayn va barqaror rivojlanish o'zaro ta'sir qiladigan jadal rivojlanayotgan yuqori texnologiyali sohadir. Raqamli va intellektua yechimlarni amalga oshirish nafaqat uning saqlanib qolishi, balki sanoat o'sishining yangi bosqichini ham ta'minlaydi.

Adabiyotlar

[1]. Kipphan, H. Handbook of Print Media. Springer, 2001.
[2]. Lundberg, K. Digital Printing and Its Impact on the Print Industry, Journal of Graphic Engineering, 2020.
[3]. Müller, R. Sustainable Print Production: Materials and Technologies, EcoPrint Review, 2022.
[4]. Smith, J. AI in Modern Print Workflow, Digital Press Journal, 2023.

PEDAGOGIK TEXNOLOGIYALAR: MUAMMOLAR VA ULARNING YECHIMLARI

I.M. Burxonov[1], G.Q. Sharipova[2],

Farg‘ona davlat texnika universiteti,
**Mas’ul muallif,*
(Qabul qilindi 04.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Mazkur maqolada pedagogik texnologiyalarning ta’lim tizimidagi o‘rni va ahamiyati tahlil qilingan. Shuningdek, zamonaviy pedagogik texnologiyalarni joriy etish jarayonida uchraydigan muammolar va ularning yechimlari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot davomida pedagogik texnologiyalarning ta’lim samaradorligini oshirishdagi roli, o‘quvchilarning mustaqil fikrlashini rivojlantirishdagi ahamiyati hamda o‘qitish jarayonini innovasion yondashuvlar asosida tashkil etish masalalari yoritilgan. Maqola yakunida pedagogik texnologiyalarni samarali qo‘llash bo‘yicha amaliy tavsiyalar berilgan.*

Kalit so‘zlar: *Pedagogik texnologiyalar, ta’lim jarayoni, innovasion usullar, interaktiv ta’lim, axborot-kommunikatsiya texnologiyalari.*

Abstract: *This article analyzes the role and importance of pedagogical technologies in the education system. Also, the problems encountered in the process of introducing modern pedagogical technologies and their solutions are considered. During the study, the role of pedagogical technologies in increasing educational efficiency, the importance of developing students' independent thinking, and the issues of organizing the educational process based on innovative approaches are highlighted. At the end of the article, practical recommendations are given for the effective use of pedagogical technologies.*

Keywords: *Pedagogical technologies, educational process, innovative methods, interactive education, information and communication technologies.*

Аннотация: *В данной статье анализируется роль и значение педагогических технологий в системе образования. Также рассматриваются проблемы, возникающие в процессе внедрения современных педагогических технологий, и пути их решения. В ходе исследования освещается роль педагогических технологий в повышении эффективности обучения, важность развития самостоятельного мышления учащихся и вопросы организации образовательного процесса на основе инновационных подходов. В заключение статьи даются практические рекомендации по эффективному использованию педагогических технологий.*

Ключевые слова: *Педагогические технологии, образовательный процесс, инновационные методы, интерактивное образование, информационно-коммуникационные технологии.*

Hozirgi kunda jahonda ta’lim tizimi tubdan o‘zgarish bosqichini boshdan kechirmoqda. Ilm-fan va texnologiyalarning jadal rivojlanishi, axborot oqimining ortib borishi ta’lim mazmuni va usullarini yangilashni taqozo etmoqda. Shu nuqtai nazardan, pedagogik texnologiyalar ta’lim jarayonini samarali tashkil etishning muhim omili sifatida namoyon bo‘lmoqda.

Pedagogik texnologiyalar ta’limning maqsad, mazmun va natijalarini aniq belgilash, shuningdek, ularga erishishning samarali yo‘llarini ishlab chiqishga qaratilgan tizimli yondashuvdir. Ular o‘quvchilarning bilim olish jarayonini faollashtirish, mustaqil fikrlash qobiliyatini rivojlantirish va amaliy ko‘nikmalarini shakllantirishda muhim ahamiyatga ega.

Bugungi kunda ta’lim muassasalarida zamonaviy pedagogik texnologiyalarni joriy etish orqali dars sifati va samaradorligini oshirishga alohida e’tibor qaratilmoqda. Xususan, interaktiv usullar, axborot-kommunikatsiya texnologiyalari va innovasion yondashuvlar ta’lim jarayoniga keng tatbiq etilmoqda.

Ushbu maqolaning maqsadi – pedagogik texnologiyalar tushunchasi, ularning ahamiyati, mavjud muammolar va ularning yechimlarini tahlil qilishdan iborat. Shu bilan birga, zamonaviy ta’lim jarayonida pedagogik texnologiyalarni samarali qo‘llash bo‘yicha taklif va tavsiyalar ishlab chiqish ham ko‘zda tutilgan.

ADABIYOTLAR TAHLILI

Pedagogik texnologiyalar mavzusi ilmiy adabiyotlarda keng o‘rganilgan bo‘lib, ushbu sohada ko‘plab olimlar va tadqiqotchilar tomonidan turli yondashuvlar ishlab chiqilgan. Xususan, pedagogik texnologiya tushunchasi, uning mazmuni va ta’lim jarayonidagi o‘rni bo‘yicha turli nazariy qarashlar mavjud.

Pedagogik texnologiyalar nazariyasini rivojlantirishda xorijiy olimlardan B. Bloom, J. Bruner va R. Gagné larning ilmiy ishlari alohida ahamiyatga ega. Masalan, B. Bloom tomonidan ishlab chiqilgan taksonomiya o‘quv maqsadlarini bosqichma-bosqich belgilash va baholashda muhim metodik asos bo‘lib xizmat qiladi. J. Bruner esa o‘qitishda kashfiyotli o‘rganish (discovery learning) g‘oyasini ilgari surib, o‘quvchilarning mustaqil fikrlashini rivojlantirishga alohida e’tibor qaratgan. R. Gagné tomonidan taklif etilgan ta’lim bosqichlari esa darsni samarali tashkil etishda amaliy ahamiyatga ega.

MDH mamlakatlari olimlaridan V. Bespalko pedagogik texnologiyani aniq loyihalashtirilgan va kafolatlangan natijaga qaratilgan ta’lim jarayoni sifatida ta’riflaydi. Uning fikricha, pedagogik texnologiya ta’limning barcha bosqichlarini oldindan rejalashtirish va natijani kafolatlashga xizmat qiladi.

O‘zbekistonlik olimlardan N. Saidakhmedov, U. Nishonaliyev va boshqalar pedagogik texnologiyalarni milliy ta’lim tizimiga moslashtirish masalalariga alohida e’tibor qaratganlar. Ularning ishlarida zamonaviy pedagogik texnologiyalarni qo‘llash orqali ta’lim samaradorligini oshirish, o‘quvchilarning ijodiy va mustaqil fikrlash qobiliyatlarini rivojlantirish masalalari yoritilgan.

Shuningdek, so‘nggi yillarda axborot-kommunikatsiya texnologiyalariga asoslangan pedagogik yondashuvlar bo‘yicha ham qator ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ularda elektron ta’lim, masofaviy o‘qitish va raqamli platformalardan foydalanishning afzalliklari v a imkoniyatlari tahlil qilingan. Adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, pedagogik texnologiyalar ta’lim jarayonini takomillashtirishda muhim ilmiy-nazariy va amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi. Turli olimlarning qarashlari bir-birini to‘ldirib, zamonaviy ta’lim modelini shakllantirishga xizmat qiladi.

Zamonaviy ta’lim tizimida pedagogik texnologiyalarni joriy etish muhim ahamiyatga ega bo‘lsa-da, amaliyotda qator muammolar kuzatiladi.

Asosiy muammolar:

Birinchidan, o‘qituvchilarning barchasi ham zamonaviy pedagogik texnologiyalardan to‘liq foydalanish ko‘nikmasiga ega emas. Ayrim hollarda ular an’anaviy usullarga ko‘proq tayanadi.

Ikkinchidan, ta’lim muassasalarida texnik jihozlanish darajasi yetarli emas. Kompyuterlar, internet va multimedia vositalari yetishmasligi darslarni zamonaviy tashkil etishga to‘sqinlik qiladi.

Uchinchidan, o‘quvchilarning faolligi va mustaqil fikrlash darajasi hamma joyda bir xil emas. Bu esa interaktiv usullarni samarali qo‘llashni qiyinlashtiradi.

To‘rtinchidan, vaqt taqsimoti muammosi ham mavjud. Yangi texnologiyalar asosida dars o‘tish ko‘proq tayyorgarlik va vaqt talab qiladi.

Yechimlar:

Bu muammolarni bartaraf etish uchun quyidagi choralar muhim hisoblanadi.

Avvalo, o‘qituvchilar malakasini oshirish zarur. Seminarlar, treninglar va qayta tayyorlash kurslari orqali ularni zamonaviy texnologiyalarga o‘rgatish kerak.

Ikkinchidan, ta’lim muassasalarini zamonaviy texnika bilan ta’minlash lozim. Davlat va xususiy sektor hamkorligi bu borada samarali natija berishi mumkin.

Uchinchidan, o‘quvchilarda mustaqil fikrlash va faollikni rivojlantirishga alohida e’tibor qaratish kerak. Buning uchun interaktiv metodlar va amaliy mashg‘ulotlardan keng foydalanish maqsadga muvofiq.

To‘rtinchidan, darslarni rejalashtirishni samarali tashkil etish lozim. O‘qituvchi vaqtdan oqilona foydalanib, texnologiyalarni dars mazmuniga mos ravishda qo‘llashi kerak.

Pedagogik texnologiyalarni joriy etish jarayonida uchraydigan muammolar tabiiy holdir. Chunki har qanday yangilikni amaliyotga tatbiq etish ma’lum qiyinchiliklar, moslashuv jarayoni va resurslar talab etadi. Muhimi, mazkur muammolarni chuqur tahlil qilish, ularning kelib chiqish sabablarini aniqlash va aniq maqsadga yo‘naltirilgan yechimlar ishlab chiqishdan iborat.

Shuni alohida ta’kidlash joizki, pedagogik texnologiyalardan samarali foydalanish faqatgina texnik vositalar bilan bog‘liq emas. Bu, avvalo, o‘qituvchining kasbiy mahorati, pedagogik madaniyati va innovasion yondashuvlarga tayyorligiga bog‘liq. Agar o‘qituvchi zamonaviy texnologiyalarni mazmunan to‘g‘ri anglab, ularni dars jarayoniga mos ravishda qo‘llay olsa, ta’lim samaradorligi sezilarli darajada oshadi.

Shu bilan birga, ta’lim muassasalarida moddiy-texnik bazani mustahkamlash, axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan keng foydalanish uchun sharoit yaratish muhim ahamiyat kasb etadi. Bu jarayonda davlat siyosati, ta’lim islohotlari va investisiyalar hal qiluvchi omillardan biri hisoblanadi.

Yana bir muhim jihat — o‘quvchilarning faolligini oshirish va ularni ta’lim jarayonining faol ishtirokchisiga aylantirishdir. Pedagogik texnologiyalar aynan shu maqsadga xizmat qilib, o‘quvchilarda mustaqil fikrlash, tahlil qilish, muammo yechish kabi ko‘nikmalarni shakllantiradi.

Pedagogik texnologiyalarni to‘g‘ri va maqsadli joriy etish ta’lim tizimini yangi bosqichga olib chiqadi. Muammolarni o‘z vaqtida bartaraf etish va innovasion yondashuvlarni izchil qo‘llash orqali ta’lim sifati va samaradorligini sezilarli ravishda oshirish mumkin. Bu esa o‘z navbatida, zamonaviy bilim va ko‘nikmalarga ega bo‘lgan raqobatbardosh kadrlarni tayyorlashga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1]. Benjamin Bloom. Taxonomy of Educational Objectives. – New York: Longmans, 1956.
[2]. Robert Gagné. The Conditions of Learning. – New York: Holt, Rinehart & Winston, 1985.
[3]. Jerome Bruner. The Process of Education. – Cambridge: Harvard University Press, 1960.
[4]. Vladimir Bespalko. Slagayemыye pedagogicheskoy texnologii. – Moskva: Pedagogika, 1989.
[5]. N. Saidakhmedov. Yangi pedagogik texnologiyalar. – Toshkent: Fan, 2003.
[6]. U. Nishonaliyev. Pedago gik mahorat asoslari. – Toshkent: O‘qituvchi, 2005.
[7]. O‘zbekiston Respublikasi “Ta’lim to‘g‘risida”gi Qonuni. – Toshkent, 2020.
[8]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining ta’lim sohasini rivojlantirishga oid qarorlari va farmonlari.
[9]. Zamonaviy pedagogik texnologiyalar bo‘yicha ilmiy maqolalar to‘plami. – Toshkent, 2018.
[10]. Axborot-kommunikatsiya texnologiyalari va masofaviy ta’lim bo‘yicha manbalar (onlayn resurslar).

МУАЛЛИФЛАР ДИҚҚАТИГА !

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 чоп 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 А4 ўлчамдаги оқ 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 оралиқ** билан ёзилади ва икки нусхада тақдим қилинади. Мақолалар ҳажми чизмаларсиз **саккиз саҳифа**дан, қисқа хабарлар эса **уч саҳифа**дан 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 борича сонлар ёки ҳарфлар кўринишида берилиши ва улар мақола саҳифасида ёки чизмага иловада тушунтирилиши лозим. Мақолада чизмалар сони **4 та**гача, қисқа хабарларда эса **2 та**гача рухсат этилади.

5. Мурожаат 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 охирги кўриниши олинган кундан бошлаб мақола таҳририятга тушган ҳисобланади.

Журнални чоп этишда doc. MS Word 97 (2003) таҳририда ишловчи дастурлардан фойдаланилади.

Мақолаларини ўз вақтида чоп 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.fstu.uz (faoliyat→ilmiy faoliyat→ilmiy jurnal) дан топиш мумкин.***

Кўрсатилган қоидалар асосида тайёрланмаган мақолалар таҳририят томонидан қабул қилинмайди.

К СВЕДЕНИЮ АВТОРОВ !

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, вверху и внизу 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 10х10 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.fstu.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.fstu.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 — Н.Х. Юлдашев
Мусаҳҳиҳ — А.Ш. Нигматуллина
Мусаҳҳиҳ — Д.Х. Мамажонова
Компьютерда саҳифаловчи — 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: 30.04.2026 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.