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 № 10

НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

SCIENTIFIC –TECHNICAL JOURNAL

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

МЕХАНИКА

Turdiyev M., Abduvaxobova Ch.A. O‘zgaruvchan qomatdagi ayollar kiyimida moda tendensiyalarini qo‘llash 12
Isroilova N.B., Oripov J.I. Jute tolasini xossalari, qo‘llanilishi va barqaror imkoniyatlari 15
Shamsiyeva M.B., Turg‘unov A.N., Dadamirzayev B.B., Xomidov A.A. Charm va mo‘yna sanoatlarida xromdan foydalanishga ekotoksikologik yondashuv 19
Yo‘ldosheva Z.O. Polikomponentli ipli matolarning xalqaro va mahalliy qo'llanilishi 24
Халилов И.Л. Барботажли абсорбер қурилмасининг гидравлик қаршилигини тадқиқ этиш 28
Abduraximova M.S. Erkaklar pidjaklari assortimentini tahlil qilish 33
Isomidinov A.S., Xoshimov A.A. Tutun-gaz aralashmasini tozalash uchun rotorli-dinamik apparat konstruksiyasini asoslash 37
Tashev D.V., Dadajonov B.A., Qahhorov J.I. Asfaltobeton qoplamali avtomobil yo‘llarining g‘ildrak bilan tishlashish koeffitsentini harakat xavfsizligiga ta’sirini tahlil qilish. (M-39 halqaro ahamiyatdagi avtomobil yo‘li hududidan o‘tuvchi Toshkent shoh ko‘chasi misolida) ... 44

ҚУРИЛИШ

Сагдиев Х.С., Ювмитов А.С., Ахунжанов Д.Г., Холиков М.Б., Собиров З.Ж., Бозоркулов С.Ф., Эгамбердиев Б.О. Кўп қаватли темирбетон каркасли биноларни антисейсмик кучайтириш учун фрикцион элементли демпфер қуримаси 49
Abdukadirova M.A., Otakuziyeva V.U., Sattiyev Y.Sh., Nuriddinov A.X. Kimyo sanoati chiqindilarining ekologik xavfini geoaxborot texnologiyalari yordamida baholash 55
Solijonov H.S., Sharipov I.Q. To‘ldiruvchilar turlari va ularning xususiyatlari 60
Kimsanov I.X., Rasulov A.Y. Farg‘ona viloyati sug‘oriladigan tuproqlarini baholash (Dang‘ara tumani misolida) 67
Rasulov A.Y., Abdujabborova M.R. Geografik axborot tizimlaridan foydalanish orqali sug‘oriladigan maydonlarini yo‘qlamadan o‘tkazish natijalari va tahlili 70
Rasulov A.Y., Xolmirzayeva D.Sh. Raqamli yer resurslari monitoringida tuproq unumdorligini aniqlash (Farg‘ona viloyati, Oltiariq tumani misolida) 74

ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Nabiyev Sh.M., Latipova M.I., Xoliddinov I.X. Sanoat korxonalarida tabiiy gaz sarfini optimallashtirish, matematik modellashtirish va prognozlash yondashuvlari 79
Soliyev B.G‘., Karimov N.U. Ishlab chiqarish binolarida havo bilan isitish tizimining energetik va iqtisodiy samaradorligini baholash 83
Abdusamatov X.A., Ergashev Sh.U. Yoqilg'ilarda suv va namlikni aniqlashnda an'anaviy usullar 88
To‘xtasinov S.X., Qodirov A.A. Reaktiv quvvatni kondensatorlar orqali kompensatsiya qilish va avtomatlashtirish 93
Samatova Sh.Y., Xolto’rayev Q.A. Yashil energetikaga o’tish zaruriyati, dunyodagi o’rni, istiqboli tahlili 97
Usmonova H.A., Turg‘unbayev A., Xudayqulov U.O‘. Namlikni o‘ta yuqori chastotada o‘lchish usulini ishlab chiqish 102
Muhammadjonova I.A. Konvektiv paxta quritish jarayonida issiqlik oqimi barqarorligini nazariy modellashtirish va optimallashtirish 106
Xalilova F.A., Halimjonov B.A. 0.4 kV past kuchlanishli elektr tarmoqlarida smart grid va sun’iy intellekt asosida energiya tizimlarini intellektual boshqarish 109

МУНДАРИЖА

O‘lmasov J.F., Gaziyeva N.N., Xoliddinov I.X. Fuzzy noaniq mantiqqa asoslangan MPPT yordamida zeta konvertorli fotoelektr–batareya tizim parametrlarini optimallashtirish va energiya samaradorligini oshirish 116

ЭЛЕКТРОН ҚУРИЛМАЛАР ВА АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Mamirov D.R. Katta hajmli ma'lumotlar muhitida sun'iy intellekt neyrotarmoqlari yordamida kiberhujumlarni real vaqt rejimida aniqlash algoritmlari 123

Ergashev O.M., Raxmonov O.Sh. Suv kanallarida bug'lanish oqibatida suv yo‘qotilishini kamaytirish texnologiyalari 131

КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЭКОЛОГИЯ

Қулуева Г.Б., Абдукаримова С.А., Тўраев Э.Р., Пирмаматов А.Е., Содиков У.Х. Ўзбекистондаги газ-кимё заводларида ишлаб чиқарилаётган полимер маҳсулотларнинг физик-механик хоссаларини тадқиқ этишнинг замонавий ва ишончли усуллари 137

Ibragimov L.A. Oziq-ovqatda genetik modifikatsiyasining afzalliklari va xavflari 143

Fozilov H.S., Sodiqov U., Fozilov S.F. Maxsar moyini normal butil spirti eterifikatsiya jarayonining texnologik sxemasini ishlab chiqish va sanoat reaktorini matematik modellashtirish va optimallashtirish 147

Вохидова М.С., Дехканов З.К. Экстракцион фосфор кислотаси, кунгабоқар кули ва аммоний нитрат асосида суспензияланган азот–фосфор–калийли ўғит олиш 152

Ibragimov L.A., Ikromova G.I. Iqlim o’zgarishning oziq-ovqat mahsulotlariga tasiri 159

Хуррамов М.Г., Назиров З.Ш., Эргашева Г.Ё., Джураева Н.Б. Сув бўйларида ташланган қаттиқ чиқиндиларни экологик хавфлилик даражасини тадқиқоти 163

Ibragimov L.A. Fermentatsiya jarayonlari va oziq-ovqat sifatiga ta'siri 167

Auesbaev A.U. Izomerizatsiya jarayoni uchun xomashyo tayyorlash maqsadida gidrotozalangan nafta fraksiyalanish sxemasini uch oqimli ajratishni joriy etish orqali takomillashtirish 171

Mamatkulov M.X., Dexkanov Z.K., Ibragimov L.A., Medatov R.X. Turli oziqa kompozitsiyalarining yuqori zichlikda oddiy sazan (cyprinus carpio) va oq amur (hypophthalmichthys molitrix) ning oziqa samaradorligiga ta’siri 180

Usmonbekova S.I.,Topvoldiyeva G.A. Sut va sut mahsulotlarini qayta ishlash sanoatida metrologik ta’minot: xalqaro standartlar va modernizatsiya istiqbollari 187

ИЖТИМОИЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАНЛАР

Zokirova Z.T. Oliy ta’limni modernizatsiya qilish sharoitida xorijiy tillarni o‘qitishning pedagogik modellari transformatsiyasi 193

Rustamova M.M. To‘qimachilik korxonalari raqobatbardoshligini iqtisodiy salohiyatni boshqarish metodologiyasini takomillashtirish asosida oshirish 198

Minamatov Y.E., Vaxobov D.A. Texnika yo‘nalishlari bo‘yicha ta’limda raqamli texnologiyalardan foydalanishning pedagogik imkoniyatlari 204

Soliyev B.N., Ismoilova M.R. Django ga asoslangan o'qitishni boshqarish tizimlari uchun xavfsiz avtentikatsiya va avtorizatsiya doirasi 208

Matkarimov N.X., Ahmadjonov M.O. “UVAYSIY” va “NAVBAHOR” MFYlarining master rejasini ishlab chiqish tajribasi 212

Sobirov M.M., Baxtiyorov M.B. Sun'iy intellekt integratsiyalashgan sinflarda pedagog rolining transformatsiyasi va o'quvchi shaxsiy kompetensiyalariga ta'sirini tadqiq etish 219

Raximjonova D.A. O‘zbek va ingliz tillarida dasturiy ta’minot leksikasini boyitishning muhim manbai sifatida qo‘shma so‘zlar 227

Rajabova X.X. Zamonaviy ta’lim tizimida faol va tajribaga asoslangan pedagogik kompetentlikni rivojlantirishning nazariy va amaliy asoslari 232

Боймирзаев А.Р. Сифат бошқарув тизимини ташкил этишнинг методологик асослари ва талаблари 237

МУНДАРИЖА

Xomidov M.X., Isroilov X.I. Avtomobilsozlik korxonalarida sanoat kooperatsiyasi asosida qo‘shilgan qiymat zanjirini rivojlantirish 243

ҚИСҚА ХАБАРЛАР

Sultonov N.A., Mirzajonov Z. Yorug‘lik diodi manbasi va quyosh elementi yordamida yorug‘lik energiyasining fotoelektrik transformatsiyasi 248
Xidirov D.Sh., Abdurasulov D.B. Alyumin bilan legirlangan rux oksidi asosli yupqa plyonkalarning optik xossalari va taqiqlangan zonasining o‘zgarishi 250
Axmadaliyev J.A. Tirkashev B.X. Si/SiGe kvant nuqtalarida elektron spinini silliq ko‘chirish orqali vodiy qo‘zg‘alishlarini kamaytirishning nazariy asoslari 253
Mirboboyeva G.A., Aminova D.A. Kostyum dizaynida rang va kompozitsiyaning o‘rni 256
Mamatqulova S.R., Qambarov J.X. Innavatsion texnologiyalar yordamida raqamli dizayn dasturida mato teksturasini yaratish 258
Rahmatova S.U., Nizamova B.B. Turli xom ashyolardan trikotaj matolar olish texnologiyasini ishlab chiqish 261
Axmadaliyeva S.G‘. Bambuk tolalarining to‘qimachilikda qo‘llanishi va yangi ro‘molbop to‘qimalar ishlab chiqarish texnologyasini yaratish 264
Джамолов Р.К., Ғайратов Ж.Ғ. Ўзбекистон иқлим шароитида канатник намуналарининг унувчанлиги ва дастлабки ўсув босқичларини баҳолаш 266
Nasriddinov X.Sh., Omonov X.A. Quruq issiq iqlim sharoitida suv purkash tizimi yordamida binolar mikroiqlimini yaxshilash va energiya samaradorligini oshirish 269
Эргашев А.Ш., Мамарахимов Б.И., Намазов Ш.Э., Содиқова О.Х. Турлараро дурагайлаш орқали олинган дурагайларда „Униб чиқиш-50% пишиш“ кўрсаткичининг ўзгарувчанлиги 272
Abdullayev S.S. Organik erituvchilar yordamida Ocimum basilicum L. efir moyini olish va dastlabki tozalash jarayonini o‘rganish 275
Abdubannobov M.I., Axmadaliyev X.E. Zamonaviy fizika laboratoriyalarini ilg‘or texnologiyalar bilan o‘qitish 278
Eminov A.Y. Voleybol o‘yinida joy tanlash asosida to‘pni qabul qilish texnikasi 279
Djamolov R.K., Jalilova G.X., Akromov M.M. Kanatik (hibiscus cannabinus l.) Tolasining fizik-mexanik xossalarini gost 11191–77 standarti asosida baholash 282
Suyunov Sh.A., Xakimova K.R., Shavkatova M.Sh. Atmosferaning yerga yaqin qatlamida geodezik o‘lchash natijalariga refraksiya ta’sirini aniqlash va uni hisobga olishga yangicha yondashuv 285
Rasulov A.Y., Abdujabborova M.R. Farg‘ona viloyati rishton tumanining ijtimoiy-iqtisodiy tavsifi hamda yer toifalari kartalarini yaratishning ahamiyati 287
Kimsanov I.X., Rasulov A.Y. Tuproqlarning ikkilamchi sho‘rlanishga moyillik darajasi (Andijon viloyati Bo‘z tumani 290
Rasulov A.Y., Nurmuhammadova S.F., Hududiy chegaralarni belgilashda topogeodezik ma’lumotlardan foydalanishning mavjud usullari va texnologiyalari (Farg‘ona tumani misolida) 293
Jo’rayev O’.Sh, Anvarova G.A. Madanıy meros obyektlarıdagı ornamentlarnıng tarıxıy ıldızları va ularnıng qayta tıklash jarayonıdagı o‘rnı 295
Муаллифлар диққатига ! 300

СОДЕРЖАНИЕ

МЕХАНИКА

Турдиев М., Абдувахобова Ч.А. Применение модных тенденций в одежде для женщин с изменяющейся фигурой 12
Исроилова Н.Б., Орипов Ж.И. Свойства, применение и устойчивый потенциал джутового волокна 15
Шамсиева М.Б., Тургунов А.Н., Дадамирзаев Б.Б., Хомидов А.А. Экотоксикологический подход к использованию хрома в кожевенной и меховой промышленности 19
Юлдашева З.О. Международное и локальное применение многокомпонентных пряжных тканей 24
Халилов И.Л. Исследование гидравлического сопротивления устройства барботажного абсорбера 28
Абдурахимова М.С. Анализ ассортимента мужского пиджака 33
Исомидинов А.С., Хошимов А.А. Обоснование конструкции роторно-динамического аппарата для очистки дымогазовой смеси 37
Ташев Д.В., Дададжонов Б.А., Каххоров Ж.И. Анализ влияния коэффициента сцепления колес с асфальтобетонным покрытием автомобильных дорог на безопасность движения. (На примере проспекта Ташкент, проходящего по территории международной автомобильной дороги М-39) 44

СТРОИТЕЛЬСТВО

Сагдиев Х.С., Ювмитов А.С., Ахунжанов Д.Г., Холиков М.Б., Собиров З.Ж., Бозоркулов С.Ф., Эгамбердиев Б.О. Демпферное устройство с фрикционными элементами для антисейсмического усиления многоэтажных железобетонных каркасных зданий 49
Абдукадирова М.А., Отакузиева В.У., Саттиев Ю.Ш., Нуриддинов А.Х. Оценка экологической опасности отходов химической промышленности с использованием геоинформационных технологий 55
Солижонов Х.С., Шарипов И.К. Виды заполнителей и их характеристики 60
Кимсанов И.Х., Расулов А.Ю. Оценка орошаемых почв Ферганской области (на примере Дангарского района) 67
Расулов А.Й., Абдужабборова М.Р. Результаты и анализ мониторинга орошаемых территорий с использованием географических информационных систем 70
Расулов А.Й., Холмирзаева Д.Ш. - Определение плодородия почв в цифровом монито ринге земельных ресурсов (на примере Олтиарикского района Ферганской области) 74

ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Набиев Ш.М., Латипова М.И., Холиддинов И.Х. Оптимизация, математическое моделирование и прогнозирование потребления природного газа на промышленных предприятиях 79
Солиев Б.Г., Каримов Н.У. Оценка энергетической и экономической эффективности системы воздушного отопления в производственных зданиях 83
Абдусаматов Х.А., Эргашев Ш.У. Традиционные методы определения содержания воды и влаги в топливе 88
Тухтасинов С.Х., Қодиров А.А. Компенсация и автоматизация реактивной мощности с помощью конденсаторов 93
Саматова Ш.Ю., Холтораев К.А. Анализ необходимости перехода к зелёной энергетике, её места в мире и перспектив 97
Усманова Х.А., Тургунбаев А., Худайкулов У.У. Разработка метода измерения влажности на сверхвысокой частоте 102
Мухаммаджонова И.А. Теоретическое моделирование и оптимизация стабильности теплого потока в процессе конвективной сушки хлопка 106
Халилова Ф.А., Халимжанов Б.А. Интеллектуальное управление энергетическими системами на основе Smart Grid и искусственного интеллекта в электрических сетях низкого напряжения 0,4 кВ 109

СОДЕРЖАНИЕ

Улмасов Ж.Ф., Газиева Н.Н. , Халиддинов И.Х. Оптимизация параметров фотоэлектрической батарейной системы с зета-преобразователем и повышение энергетической эффективности на основе нечеткого МППТ 116

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Мамиров Д.Р. Алгоритмы обнаружения кибератак в реальном времени с использованием нейронных сетей ии в среде больших данных 123

Эргашев О.М., Рахмонов О.Ш. Технологии снижения потерь воды за счет испарения в водоотводных каналах 131

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Қулуева Г.Б., Абдукаримова С.А., Тўраев Э.Р. Пирмаматов А.Е., Содиков У.Х. Современные и надежные методы изучения физических и механических свойств полимерных изделий, производимых на газохимических заводах Узбекистана 137

Ибрагимов Л.А. Преимущества и риски генетической модификации пищевых продуктов 143

Фозилов Х.С., Содиков У., Фозилов С.Ф. Разработка технологической схемы процесса этерификации масла сафлора нормальным бутиловым спиртом и математическое моделирование и оптимизация промышленного реактора 147

Вохидова М.С., Дехканов З.К. Экстракция суспензионного азотно-фосфорно-калиевого удобрения на основе фосфорной кислоты, золы подсолнечника и нитрата аммония 152

Ибрагимов Л.А., Икромова Г.И. Влияние изменения климата на продукты питания 159

Хуррамов М.Г., Назиров З.Ш., Эргашева Г.Ё., Джураева Н.Б. Исследование уровня экологической опасности твердых отходов, брошенных на побережья 163

Ибрагимов Л.А. Влияние процессов ферментации на качество пищевых продуктов 167

Ауесбаев А.У. Совершенствование схемы фракционирования гидроочищенной нафты путем внедрения трехсекционного отбора для подготовки сырья к изомеризации 171

Маматкулов М.Х., Дехканов З.К., Ибрагимов Л.А., Медатов Р.Х. Влияние различных пищевых композиций с высоким утечностным составом на эффективность пищевого применения обычного сазана (Cyprinus carpio) и белого ловушки (Hypophthalmichthys molitrix) 180

Усмонбекова С.И., Топволдиева Г.А. Метрологическое обеспечение в промышленности по переработке молока и молочных продуктов: международные стандарты и перспективы модернизации 187

СОЦИАЛЬНО - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Зокирова З.Т. Трансформация педагогических моделей обучения иностранным языкам в контексте модернизации высшего образования 193

Рустамова М.М. Повышение конкурентоспособности текстильных предприятий на основе совершенствования методологии управления потенциалом 198

Минаматов Ю.Э., Вахобов Д.А. Педагогические возможности использования цифровых технологий в обучении по техническим направлениям 204

Солиев Б.Н., Исмоилова М.Р. Надежная система аутентификации и авторизации для систем управления обучением на основе Django 208

Маткаримов Н.Х., Ахмаджонов М.О. Опыт разработки мастер-плана махаллинских комитетов “УВАЙСИЙ” и “НАВБАХОР” 212

Собиров М.М., Бахтиёров М.Б. Трансформация роли педагога в условиях интеграции искусственного интеллекта и её воздействие на формирование личностных компетенций учащихся 219

Рахимжонова Д.А. Сложные слова как важный источник обогащения лексики программного обеспечения в узбекском и английском языках 227

Раджабова Х.Х. Теоретические и практические основы развития активной и основанной на опыте педагогической компетентности в современной системе образования 232

Боймирзаев А.Р. Методологические основы и требования к организации системы управления качеством 237

СОДЕРЖАНИЕ

Хомидов М.Х., Исроилов Х.И. Развитие цепочки добавленной стоимости на основе промышленной кооперации на автомобилестроительных предприятиях 243

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Султанов Н.А., Мирзажонов З. Фотоэлектрическая трансформация световой энергии с использованием светодиодного источника и солнечного элемента 248

Хидиров Д.Ш., Абдурасулов Д.Б. Оптические свойства и изменение запрещенной зоны тонких пленок на основе оксида цинка, легированного алюминием 250

Ахмадалиев Ж.А. Тиркашев Б.Х. Теоретические основы снижения долинных возбуждений за счёт плавного переноса спина электрона в квантовых точках Si/SiGe 253

Мирбобоева Г.А., Аминова Д.А. Роль цвета и композиции в дизайне костюмов 256

Маматкулова С.Р., Камбаров Ж.Х. Инновационные технологии создания текстуры ткани в программе цифрового дизайна 258

Рахматова С.У., Низамова Б.Б. Разработка трикотажных матов из различных видов сырья 261

Ахмадалиева С.Г. Применение бамбуковых волокон в текстильной промышленности и создание технологии производства новых платочных тканей 264

Джамолов Р.К., Гайратов Ж.Г. Оценка всхожести и ранних стадий развития образцов канатника в климатических условиях Узбекистана 266

Насриддинов Х.Ш., Омонов Х.А. Улучшение микроклимата зданий и повышение энергоэффективности с помощью системы водопровода в условиях сухого жаркого климата 269

Эргашев А.Ш., Мамарахимов Б.И., Намазов Ш.Э., Содиқова О.Х. Изменчивость показателя "всходы – 50% созревание" у гибридов, полученных в результате межвидовой гибридизации 272

Абдуллаев С.С. Исследование получения и первичной очистки эфирного масла ocimum basilicum L. с использованием органических растворителей 275

Абдубаннов М.И., Axmadaliyev Х.Е. Обучение в современных физических лабораториях с использованием передовых технологий 278

Эминов А.Й. Приемная техника на основе выбора места в волейболе 279

Джамолов Р.К., Жалилова Г.Х., Акромов М.М. Оценка физико-механических свойств волокна кенафа (Hibiscus cannabinus L.) на основе стандарта ГОСТ 11191–77 282

Суюнов Ш.А., Хакимова К.Р., Шавкатова М.Ш. Новый подход к определению и учету влияния рефракции на результаты геодезических измерений в приземном слое атмосферы 285

Расулов А.Й., Абдужабборова М.Р. Социально-экономические характеристики Риштонского района Ферганской области и важность создания карт категорий земель 287

Кимсанов И.Х., Расулов А.Ю. Степень восприимчивости почв к вторичному засолению (Бозский район, Андижанская область) 290

Расулов А.Й., Нурмухаммадова С.Ф., Существующие методы и технологии использования топографических данных при определении территориальных границ (на примере Ферганского района) 293

Жураев У.Ш., Анварова Г.А. Исторические корни декоративных элементов в объектах культурного наследия и их роль в процессе реставрации 295

К сведению авторов ! 301

CONTENTS

MECHANICS

Turdiyev M., Abduvaxobova Ch.A. Application of fashion trends in clothing design for women with variable body shapes 12
Isroilova N.B., Oripov J.I. The properties, applications, and sustainable potential of jute fiber 15
Shamsiyeva M.B., Turgunov A.N., Dadamirzayev B.B., Khomidov A.A. Ecotoxicological approach to the use of chromium in the leather and fur industries 19
Yuldasheva Z.O. International and local application of polycomponent yarn fabrics 24
Khalilov I.L. Investigation of the hydraulic resistance of a bubble absorber device 28
Abdurakhimova M.S. Analysis of the assortment men's jackets 33
Isomidinov A.S., Khashimov A.A. Justification of the design of a rotor-dynamic apparatus for flue gas mixture purification 37
Tashev D.V., Dadadjanov B.A., Kakhorov J.I. Analysis of the impact of wheel traction coefficient on traffic safety for asphalt-concrete road surfaces. (Case study: Tashkent Avenue, a section of the international highway M-39) 44

BUILDING

Sagdiev Kh., Yuvmitov A.S., Ahundjanov D.G., Kholikov M.B., Sobirov Z.J., Bozorkulov S.F., Egamberdiyev B.O. Damping device with friction elements for seismic strengthening of the multi-storey rc frame buildings 49
Abdukadirova M.A., Otakuziyeva V.U., Sattiyev Y.Sh., Nuriddinov A.X. Assessment of the ecological risk of chemical industry waste using geoinformation technologies 55
Solijonov H.S., Sharipov I.Q. Types of fillers and their characteristics 60
Kimsanov I.Kh., Rasulov A.Y. Assessment of irrigated soils of Fergana region (on the example of Dangara district) 67
Rasulov A.Y., Abdujabborova M.R. Results and analysis of monitoring of irrigated areas using geographic information systems 70
Rasulov A.Y., Kholmirzayeva D.Sh. - Determination of soil fertility in digital land resources monitoring (on the example of Oltiariq district, Fergana region) 74

ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING

Nabiyev Sh.M., Latipova M.I., Xoliddinov I.X. Optimization, mathematical modeling, and forecasting of natural gas consumption in industrial enterprises 79
Soliyev B.G., Karimov N.U. Assessment of the energy and economic efficiency of air heating systems in industrial buildings 83
Abdusamatov X.A., Ergashev Sh.U. Traditional methods for determining water and moisture in fuels 88
Tokhtasinov S.Kh., Qodirov A.A. Compensation and automation of reactive power through capacitors 93
Samatova Sh.Y., Kholto'rayev Q.A. An analysis of the need for a transition to green energy, its place in the world, and its prospects 97
Usmanova H.A., Turgunbayev A., Xudaykulov U.U. Development of a method for measuring humidity at ultra-high frequency 102
Mukhammadjonova I.A. Theoretical modeling and optimization of heat flow stability in the convective cotton drying process 106
Xalilova F.A., Halimjonov B.A. Intelligent management of energy systems based on Smart Grid and artificial intelligence in 0.4 kV low-voltage electrical networks 109

CONTENTS

Ulmasov J.F., Gaziyeva N.N., Xolidinov I.X. Optimization of parameters of a zeta converter-based photovoltaic–battery system using fuzzy MPPT for enhanced energy efficiency 116

ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES

Mamirov D.R. Real-time cyberattack detection algorithms using ai neural networks in big data environments 123

Ergashev O.M., Rakhmonov O.Sh. Technologies for reducing water loss due to evaporation in water channels 131

CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY

Kulueva G.B., Abdukarimova S.A., Turaev E.R., Pirmamatov A.E., Sodikov U.Kh. Modern and reliable methods for studying physical and mechanical properties of polymer products produced at gas chemical plants in Uzbekistan 137

Ibragimov L.A. Advantages and risks of genetic modification in food products 143

Fozilov H.S., Sodiqov U., Fozilov S.F. Development of a technological scheme for the esterification process of safflower oil with normal butyl alcohol and mathematical modeling and optimization of an industrial reactor 147

Voxidova M.S., Dehkanov Z.K. Extraction of suspended nitrogen-phosphor-potassium fertilizer based on phosphoric acid, sunflower ash and ammonium nitrate 152

Ibragimov L.A., Ikromova G.I. The impact of climate change on food products 159

Khurramov M.G., Nazirov Z.Sh., Ergasheva G.Yo. Djuraeva N.B. Study of the level of environmental hazard of solid waste discharged on the coa 163

Ibragimov L.A. The impact of fermentation processes on food quality 167

Auesbaev A.U. Improvement of hydrotreated naphtha fractionation scheme through implementation of three-cut separation for feed preparation to the isomerization process 171

Mamatkulov M.Kh., Dekhkanov Z.K., Ibragimov L.A., Medatov R.Kh. The impact of various food compositions with high density on the feeding efficiency of common carp (cyprinus carpio) and white amur (hypophthalmichthys molitrix) 180

Usmonbekova S.I., Topvoldiyeva G.A. Metrological support in the milk and dairy processing industry: international standards and modernization prospects 187

SOCIAL AND ECONOMIC SCIENCES

Zokirova Z.T. Transformation of pedagogical models of foreign language teaching in the context of higher education modernization 193

Rustamova M.M. Enhancing the competitiveness of textile enterprises through the improvement of economic potential management methodology 198

Minamatov Y.E., Vaxobov D.A. Pedagogical opportunities for using digital technologies in education in technical fields 204

Soliev B.N., Ismoilova M.R. A secure authentication and authorization framework for learning management systems based on Django 208

Matkarimov N.X., Ahmadjonov M.O. Experience in developing a master plan for the “UVAYSIY” and “NAVBAHOR” mahalla committees 212

Sobirov M.M., Bakhtiyorov M.B. The transformation of pedagogical roles and their influence on students' individual competencies within ai-integrated learning environments 219

Rakhimjonova D.A. Compound words as an important source of enrichment of the software lexicon in uzbek and english 227

Rajabova X.X. Theoretical and practical foundations of the development of active and experience-based pedagogical competence in the modern education system 232

Boymirzaev A.R. Methodological foundations and requirements for organizing a quality management system 237

CONTENTS

Xomidov M.X., Isroilov X.I. Development of the value chain based on industrial cooperation in automobile manufacturing enterprises 243

SHORT MESSAGES

Sultanov N.A., Mirzajonov Z. Photoelectric transformation of light energy using an LED source and a solar cell 248
Khidirov D.Sh., Abdurasulov D.B. Optical properties and band gap variation of thin films based on aluminum-doped zinc oxide 250
Akhmadaliyev J.A., Tirkashev B.X Theoretical foundations for suppressing valley excitations through smooth electron spin shuttling in Si/SiGe quantum dots 253
Mirboboyeva G.A., Aminova D.A. The role of color and composition in costume design 256
Mamatqulova S.R., Qambarov J.X. Creating fabric texture in a digital design program using innovative technologies 258
Rahmatova S.U., Nizamova B.B. Development of technology for obtaining knitted fabrics from various raw materials 261
Axmadaliyeva S.G‘. Application of bamboo fibers in textiles and development of technology for producing new scarf fabrics 264
Djamolov R.K., G‘ayratov J.G‘. Assessment of germination and early growth stages of kanatnik accessions under the climatic conditions of Uzbekistan 266
Nasriddinov X.Sh., Omonov X.A. Improving the microclimate of buildings and increasing energy efficiency using water punction systems in arid hot climate conditions 269
Ergashev A.Sh., Mamarakhimov B.I., Namazov Sh.E., Sodiqova O.Kh. Variability of the "emergence to 50% maturation" indicator in hybrids obtained from interspecific hybridization 272
Abdullaev S.S. Study of the production and primary purification of ocimum basilicum l. essential oil using organic solvents 275
Abdubannobov M.I., Axmadaliyev X.E. Teaching modern physics laboratories using advanced technologies 278
Eminov A.Y. Ball receiving techniques based on place selection in volleyball 279
Djamolov R.K., Jalilova G.K., Akromov M.M. Evaluation of Physico-Mechanical Properties of Kenaf (Hibiscus cannabinus L.) Fiber Based on the GOST 11191–77 Standard 282
Suyunov Sh.A., Khakimova K.R., Shavkatova M.Sh. A new approach to determining and taking into account the influence of refraction on the results of geodetic measurements in the near-ground layer of the atmosphere 285
Rasulov A.Y., Abdujabborova M.R. Socio-economic characteristics of the Rishton district of Fergana region and the importance of creating land category maps 287
Kimsanov I.Kh., Rasulov A.Y. The degree of susceptibility of soils to secondary salinization (Boz district, Andijan region) 290
Rasulov A.Y., Nurmuhammadova S.F. Existing methods and technologies for using topographic data in determining territorial boundaries (on the example of Fergana district) 293
Jurayev U.Sh., Anvarova G.A. Historical roots of ornaments in cultural heritage objects and their role in the restoration process 295
Information to the authors ! 302

O‘ZGARUVCHAN QOMATDAGI AYOLLAR KIYIMIDA MODA TENDENSIYALARINI QO‘LLASH

M. Turdiyev, Ch. Abduvaxobova

Farg‘ona davlat texnika universiteti,
e-mail: mahmudjonturdiyev22@gmail.com
ORCID: 0009-0006-3041-5778
e-mail: charosabduvaxobova21@gmail.com
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Anotatsiya: *Mazkur maqola ayollar liboslarini yaratishdagi muhim bosqichlardan biri bo‘lgan model tanlash jarayoni tahlilidan iborat. Turli qomatdagi ayollar uchun mos keladigan dizayn turini tanlashning ahamiyati, shuningdek moda tendensiyalari va ularni qo‘llashdagi jarayonlar izohlab o‘tilgan.*

Kalit so‘zlar: *Siluet, fiziologik o‘zgarishlar, model, dizayn, moda tendensiyalari, elastik, neytral ranglar,moslashuvchan, eko- matolar, visual kamchiliklar.*

Аннотация*: В статье анализируется процесс выбора модели как один из ключевых этапов создания женской одежды. Освещается значимость подбора соответствующих видов дизайна для женщин с различными типами фигуры. Также рассматриваются современные модные тенденции и процессы их применения в проектировании женской одежды. Особое внимание уделяется роли модных тенденций в обеспечении эстетической выразительности, функционального удобства и адаптивности одежды к изменяющимся параметрам фигуры.*

Ключевые слова:*Силуэт, физиологические изменения, модель, дизайн, модные тенденции, эластичные материалы, нейтральные цвета, адаптивность, экологичные ткани, визуальные недостатки.*

Abstract:*This article analyzes the model selection process, which is one of the key stages in the creation of women’s clothing. The importance of choosing appropriate design types for women with different body shapes is highlighted. In addition, current fashion trends and the processes of their application in women’s garment design are discussed. Special attention is paid to the role of fashion trends in ensuring aesthetic expressiveness, functional convenience, and adaptability of clothing to changing body proportions.*

Keywords: *Silhouette, physiological changes, model, design, fashion trends, elastic materials, neutral colors, adaptability, eco-friendly fabrics, visual imperfections.*

Kirish

Bugungi kunda yengil sanoat tarmog‘i har kungidanda rivoj topib, keng o‘zgarishlarga ega bo‘lib bormoqda. Ko‘plab rivojlangan davlatlar qatori O‘zbekiston sharoitida ham ishlab chiqarishga qo‘yiladigan talablar doimgidanda yuqori ko‘rsatkichkarni tashkil etmoqda. Chunki insonlar o‘rtasidagi qarash aynan kiyim- kechak va moda borasida borar ekan endilikda nafaqat estetik liboslar yaratish balki ularga qo‘shimcha qulayliklarni ishlab chiqish ehtiyoji ham ortib bormoqda. Ushbu tarmoqning aynan ayollar liboslari bo‘limida esa biz juda ko‘p o‘zgarishlarga duch kelamiz. Buning asosiy sababi albatta, ayollar talablarining va go‘zallik bo‘yicha qarashlarining turlicha bo‘lishi kabi xususiyatlari bilan izohlashimiz mumkin bo‘ladi. Zamonaviy moda sanoatida shakllanayotgan yangi tendensiyalar erkin siluetlar, moslashuvchan konstruktiv yechimlar, ekologik va elastik materiallardan foydalanish aynan o‘zgaruvchan qomatli iste’molchilar ehtiyojiga mos ravishda rivojlanmoqda. Shu bilan birga, raqamli texnologiyalar, jumladan 3D modellashtirish va virtual dizayn tizimlarining joriy etilishi kiyim ishlab chiqish jarayonini yanada takomillashtirmoqda.

Nazariy qism

O‘zgaruvchan qomatdagi ayollar liboslarini yaratish ishlari esa maxsus bilim va ko‘nikmalarni talab etadi. Tibbiy- fiziologik o‘zgarishlar, garmonal o‘zgarishlar yoxud psixologik ta’sirlar, homiladorlik, tug‘ruqdan keying vazn o‘zgarishlari kabi bir qator sabablar tufayli mahsulot yaratish ishlari boshqa tarmoq bilimlarini ham jamlaydi. Huddi shunday siluet o‘zgarishlari juda tez bo‘lgan ayollar ko‘ylagini yaratish bosqichida dizayn elementi muhim hisoblanadi. Libos nafaqat

himoya ehtiyoji balki tashqi estetik zavq ham berishi kerak. Dizayn elementi va to‘gri tanlangan bichim orqali yuqorida sanab o‘tilgan kamchiliklarni bartaraf etish mumkin. U yoki bu ko‘rinishni ishlab chiqish tana xususiyatlarini o‘rganish va unga ergonomik moslash ishlari ham shular jumlasidandir. Model tanlash jarayonini ishlab chiqarishdagi ilk qadamlarda muhim sanalishining yana bir sababi bu mahsulotga qo‘yiladigan estetik talablar va iqtisodiy ko‘rsatichlar hisoblaniladi. Iste’molchi avvalo harid jarayonida ko‘zi bilan ko‘rgan chiroyli ko‘rinishdagi mahsulot tomon boradi. Bu yerda psixologik ahamiyat ham o‘z o‘rniga ega. Visual xulosa doimio birinchi navbatda harid qiluvchiga kerak yoki yoq kabi savollarga javob beradi. Lekin qomat o‘zgarishlari kuzatilgan va ularning e’tibor berilishi kerak bo‘lgan tomonlarini berkitib, ideal qilib ko‘rsatishda moda va dizaynning roli, konstruktiv detallarining tanlangan model asosida joylashtirilishi muhim hisoblaniladi. Bu turdagi ayollar uchun farqli jihatlar doimo alohida e’tibor talab etadi. Rang uyg‘unligidan boshlab, eng oddiy bo‘lakning joylashishi, uslublardan yuqori darajada foydalanish, elementlarga alohida e’tibor berish masalalari bilan farq qiladi. Moda tendensiyasi tushunchasi moda sanoatida muhim ilmiy- amaliy ahamiyatga ega bo‘lib u muayyan davrda jamiyatda shakillanadiganva ommalashadigan kiyim uslubi, ranglar uyg‘unligi, fasonlar, materiallar hamda konstruktiv yechimlar majmuasini ifodalaydi. Moda tendensiyalari ijtimoiy hayotdagi o‘zgarishlar, madaniy qadiyatlar, texnologik taraqqiyot va iste’molchilar ehtiyojlari asosida shakillanadi. Shu bois moda tendensiyalari tashqi ko‘rinishni emas, balki qulaylik, funksionallik va estetik talablarni ham o‘zida mujassamlashtiradi. O‘zgaruvchan qomatdagi ayollar liboslarida bu jihat muhim hisoblanib, uning imkoniyatlaridan unumli foydalaniladi. Zamonaviy jamiyatda ayollar qomatlarining individual xususiyatlari va vaqt o‘tishi bilan yuz beradigan o‘zgarishlar, kiyim dizaynida yangi yondoshuvni talab etadi. Ayniqsa o‘zgaruvchan qomatdagi ayollar uchun mo‘ljallangan kiyimlarda moda tendensiyalari ergonomik qulaylik, moslashuvchanlikni ta’minlashga qaratilganligi bilan ajralib turadi. Bugungi kunda o‘zgaruvchan qomatdai ayollar kiyimida asosiy moda tendensiyalariga transformatsiyalanuvchi kiyimlar, moslashuvchan konstruksiyalar, erkin va yarim erkin siluetlar, shuningdek, universal fasonlar kiradi. Bunday kiyimlar qomat o‘zgarishlariga mos ravishda shaklini o‘zgartira olishi, bel, yelka yoki uzunlik qismlarining sozlanishi bilan ajralib turadi. Natijada kiyim nafaqat estetik jihatdan jozibador bo‘lib qoladi, balki uzoq muddat foydalanish imkonini ham yaratadi. Shuningdek, moda tendensiyalarida eko- matolar, elastic va cho‘ziluvchan materiallar, yengil va nafas oluvchi to‘qimalardan foydalanish muhim o‘rin tutmoqda. Rang tanlashda esa neytral va pastel ranglar, visual ravishda qomatni muvozanatlashtiruvchi contrast yechimlar ustuvor hisoblaniladi.

Detallar va bezaklarda minimalizim tamoyili asosida funksional elementlar - tugmalar , bog‘lamlar, fermuarlar keng qo‘llanilmoqda. Bularning hammasi moslashuvchan va yangi dizaynga ega kiyim konstruksiyasini ishlab chiqish jarayonidan avval va so‘ngi bosqichlarda muhim o‘rin egallaydigan taraflarni izohlab o‘tadi. Bu kalbi ma’lumotlardan to‘g‘ri foydalangan holatda yuqori samaradorlikka erishish, kerakli kiyim- kechak mahsulotlariga ishlov berish mumkin bo‘ladi. O‘zgaruvchan qomatdagi ayollar kiyimida moda tendensiyalarining ahamiyati shundaki, ular ayollarning o‘ziga bo‘lgan ishonchini oshiradi, estetik ehtiyojlarini qondiradi va kundalik hayotda qulaylikni ta’minlaydi. Bundan tashqari, bunday

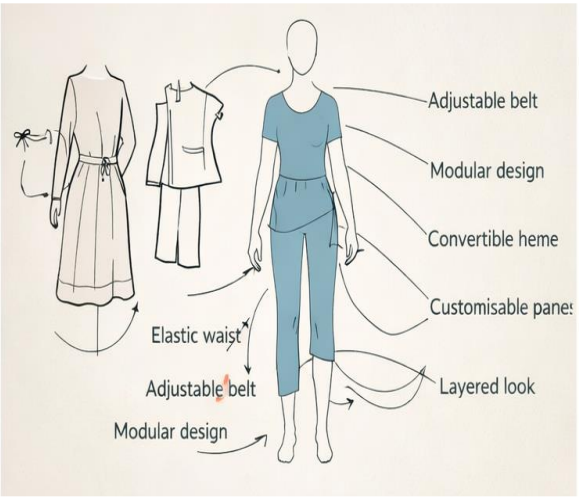
tendensiyalar yengil sanoat mahsulotlarining raqobatbardoshligini oshirish, ishlab chiqarishda resurslardan oqilona foydalanish va iste’molchi talabiga mos innovatsion mahsulot yaratishga xizmat qiladi. Shu sababli bugungi kunda moda dizaynida faqat standart o‘lchamlarga asoslangan kiyimlar emas, balki qomat o‘zgarishiga moslasha oladigan kiyim turlarini yaratish dolzarb masalaga aylandi. Bunday qomatdagi ayollar kiyimida moda tendensiyalarini qo‘llash, avvalo, dizayn va konstruksiyada moslashuvchan yondashuvni talab etadi. Zamonaviy moda yo‘nalishlarida ko‘p funksiyali kiyimlar, sozlanadigan elementlarga ega fasonlar va universal siluetlar keng qo‘llanilmoqda. Bunday kiyimlar turli tana tuzilishiga moslashish imkonini berib, ayollarga bir vaqtning o‘zida qulaylik va estetik ko‘rinishni ta’minlaydi. Hozirgi moda tendensiyalarida o‘zgaruvchan qomat uchun mo‘ljallangan kiyimlarda qat’iy shakldan voz kechish holati kuzatilmoqda. Erkin va yarim erkin siluetlar, qatlamli kiyinish usuli (layering), vizual proporsiyani muvozanatlashtiruvchi konstruktiv chiziqlar ustuvor ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu yondashuv qomatdagi ayrim o‘zgarishlarni yashirish yoki vizual tarzda to‘g‘rilash imkonini beradi. Shuningdek, zamonaviy moda tendensiyalarini qo‘llashda material tanlovi muhim rol o‘ynaydi. Elastik, yumshoq va harakatni cheklamaydigan matolar qomat o‘zgarishiga moslashishda samarali hisoblanadi. Ayniqsa, trikotaj, aralash tolali va tabiiy matolarning qo‘llanilishi kiyimning ergonomik xususiyatlarini yaxshilaydi. Rang yechimlarida esa sokin, neytral va chuqur ranglar bilan bir qatorda, vertikal chiziqlar va kontrast detallar orqali qomat proporsiyasini vizual tartibga solish tendensiyasi keng tarqalgan. O‘zgaruvchan qomatdagi ayollar kiyimida moda tendensiyalarini qo‘llash nafaqat dizayn, balki ijtimoiy ahamiyatga ham ega. Bunday kiyimlar ayollarning o‘ziga bo‘lgan ishonchini oshiradi, ularni jamiyatda erkin va faol bo‘lishiga undaydi. Bundan tashqari, ishlab chiqaruvchilar uchun ham iqtisodiy jihatdan samarali bo‘lib, bitta kiyim modelidan turli holatlarda foydalanish imkonini yaratadi. Natijada mahsulotning xizmat muddati uzayadi va iste’molchi qoniqish darajasi oshadi. So‘nggi yillarda kiyim dizaynida raqamli texnologiyalardan foydalanish keng rivojlanmoqda. Xususan, 3D skanerlash va virtual modellashtirish tizimlari yordamida ayollar qomatining aniq o‘lchamlari olinib, individual moslashuvchan kiyimlar ishlab chiqilmoqda. Bu usul o‘zgaruvchan qomatga ega ayollar uchun ayniqsa muhim bo‘lib, kiyimning har bir detalini oldindan sinovdan o‘tkazish imkonini beradi. Natijada mahsulot sifati oshadi, qayta ishlash xarajatlari kamayadi. Zamonaviy moda sanoatida “inklyuziv dizayn” tushunchasi alohida o‘rin egallaydi. Bu yondashuv turli qomat, yosh, fiziologik holat va ehtiyojlarga ega ayollar uchun universal va moslashuvchan kiyimlar yaratishni nazarda tutadi. O‘zgaruvchan qomatli ayollar uchun kiyimlar ishlab chiqishda bu konsepsiya:

- har xil tana shakllarini qamrab olish,
- diskriminatsiyasiz dizayn yaratish,
- barcha iste’molchilar uchun qulaylikni ta’minlash kabi jihatlarni o‘z ichiga oladi.

Yangi yo‘nalishlardan biri bu modul asosida yaratilgan kiyimlardir. Bunda kiyim alohida qismlardan tashkil topadi va ular: yechilib-qo‘shilishi, almashtirilishi, kombinatsiya qilinishi mumkin. Masalan, bitta ko‘ylak turli yenglar, yoqa shakllari yoki uzunlik variantlari bilan o‘zgartirilishi mumkin. Bu esa o‘zgaruvchan qomat uchun juda qulay va iqtisodiy jihatdan samarali yechim hisoblanadi.

Zamonaviy moda nafaqat tashqi ko‘rinish, balki insonning ichki holatini ham hisobga oladi. “Body positivity” (tana ijobiyligi) konsepsiyasi asosida yaratilgan kiyimlar: ayollarning o‘z qomatini qabul qilishiga yordam beradi, o‘ziga ishonchni oshiradi, psixologik bosimni kamaytiradi. O‘zgaruvchan qomatli ayollar uchun bu jihat ayniqsa muhim, chunki ular ko‘pincha tashqi ko‘rinishdagi o‘zgarishlarga sezgir bo‘lishadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, iste’molchilar orasida individual va moslashuvchan kiyimlarga talab ortib bormoqda. Ayniqsa: homiladorlik davri, tug‘ruqdan keyingi davr, vazn o‘zgarishlari bo‘lgan ayollar segmenti moda sanoatida alohida bozor sifatida shakllanmoqda. Bu esa ishlab chiqaruvchilar uchun yangi imkoniyatlar yaratadi. O‘zgaruvchan qomatdagi ayollar kiyimini loyihalash bugungi kunda faqat estetik masala emas, balki kompleks yondashuvni talab qiluvchi ilmiy-amaliy yo‘nalishdir. Unda

dizayn, ergonomika, psixologiya, texnologiya va marketing elementlari o‘zaro uyg‘unlashgan holda qo‘llaniladi. Shu bois bu sohada innovatsion yondashuvlarni joriy etish nafaqat mahsulot sifatini oshiradi, balki jamiyatda inklyuziv va barqaror moda muhitini shakllantirishga xizmat qiladi.



Xulosa

Xulosa qilib aytganda, ayollar kiyimida moda tendensiyalarini qo‘llash zamonaviy moda sanoatining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Moslashuvchan dizayn, qulay materiallar asosida yaratilgan kiyimlar ayollarning individual ehtiyojlarini qondirish bilan birga, moda mahsulotining funksional va estetik qiymatini oshiradi. Ushbu yondashuv ayollar kiyimi dizaynini yanada insonparvar, qulay va zamon talablaroga mos holga keltirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1]. Seivewright S. Fashion Design: Process, Innovation and Practice. — London: Bloomsbury, 2018.
[2]. Jones S. J. Fashion Design. — London: Laurence King Publishing, 2019.
[3]. Renfrew C., Renfrew E. Developing a Collection. — London: Bloomsbury, 2016.
[4]. Tate S. Inside Fashion Design. — New York: Fairchild Books, 2017.
[5]. Kun J. Clothing Technology and Garment Construction. — New Delhi: Woodhead Publishing, 2020.

THE PROPERTIES, APPLICATIONS, AND SUSTAINABLE POTENTIAL OF JUTE FIBER

N.B. Isroilova, J.I. Oripov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
ORCID: 0009-0002-6102-9678
e-mail: inavruza006@gmail.com
ORCID: 0009-0000-0247-1242
e-mail: joripov@19gmail.com
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Jut tolasi biologik parchalanishi, qayta tiklanuvchanligi va arzonligi sababli eng keng qo‘llaniladigan tabiiy tolalardan biridir. Ushbu maqolada jut tolasining botanika kelib chiqishi, fizik va mexanik xususiyatlari, shuningdek uni qayta ishlash texnikalari yoritiladi. Unda jutning an’anaviy va zamonaviy qo‘llanilish sohalari — to‘qimachilik, qadoqlash, kompozit materiallar va barqaror mahsulotlarda qo‘llanishi ham ko‘rib chiqiladi. Jutning ekologik afzalliklari, jumladan plastik chiqindilarni kamaytirish va ekologik toza ishlab chiqarishni rivojlantirishdagi roli alohida ta’kidlanadi. Tadqiqotda jut tolasini qayta ishlashdagi mavjud muammolar hamda uning yashil texnologiyalar va sanoat innovatsiyalaridagi kelajakdagi imkoniyatlari tahlil qilinadi.*

Kalit so‘zlar: *Jut tolasi, tabiiy tolalar, barqarorlik, biologik parchalanadigan materiallar, to‘qimachilik muhandisligi, tola xususiyatlari, ekologik toza materiallar, kompozitlar.*

Аннотация: *Джутовое волокно является одним из наиболее широко используемых натуральных волокон благодаря своей биоразлагаемости, возобновляемости и экономичности. В данной статье рассматриваются ботаническое происхождение джута, его физические и механические свойства, а также методы обработки волокна. Также исследуются традиционные и современные области применения джута — в текстиле, упаковке, композитах и устойчивых материалах. Особое внимание уделяется экологическим преимуществам джута, включая его роль в снижении пластиковых отходов и продвижении экологически безопасного производства. В исследовании подчеркиваются текущие проблемы в обработке джутового волокна и приводятся прогнозы относительно его будущего потенциала в «зеленых» технологиях и промышленных инновациях.*

Ключевые слова: *Джутовое волокно, натуральные волокна, устойчивость, биоразлагаемые материалы, текстильная инженерия, свойства волокон, экологичные материалы, композиты.*

Abstract:*Jute fiber is one of the most widely used natural fibers due to its biodegradability, renewability, and low cost. This article explores the botanical origin, physical and mechanical properties of jute fiber, as well as its processing techniques. It also examines both traditional and modern applications of jute, including its use in textiles, packaging, composite materials, and sustainable products. The environmental advantages of jute, particularly its role in reducing plastic waste and promoting eco-friendly production, are highlighted. The study further analyzes the existing challenges in jute fiber processing and its future potential in green technologies and industrial innovations.*

Keywords:*Jute fiber, natural fibers, sustainability, biodegradable materials, textile engineering, fiber properties, eco-friendly materials, composites.*

Jute is a natural fiber obtained from the stems and outer skin of the jute plant, primarily cultivated in tropical regions of South Asia, including India and Bangladesh. Known as the “golden fiber” due to its shiny appearance and economic importance, jute is one of the most affordable and eco-friendly fibers available. It is biodegradable, renewable, and has low environmental impact compared to synthetic fibers. Jute possesses excellent tensile strength, durability, and insulating properties, making it suitable for a wide range of applications such as ropes, sacks, carpets, textiles, and even reinforced composites. In recent years, the sustainable potential of jute has attracted attention in green product development, emphasizing its role in reducing plastic use and promoting environmentally responsible industries. Jute is one of the most affordable natural fibres and is second only to cotton in the amount produced and its variety of uses. India and Bangladesh are the biggest producers of jute in the world. Jute is a cellulosic fibre under the category of bast fibres and is known as the golden fibre. Among the natural fibres, jute ranks second to cotton in terms of production. Its cultivation is almost as old as human civilization. The jute plant (Corchorus) is a herbaceous annual. Jute is an annual crop taking about 120 days (April/May-July/August) to grow Jute is an annual herbaceous dicotyledonous plant that grows to a height of 1.5–4.5 m. The stems are about 1–2 cm in diameter with few branches. In India and Bangladesh, the plants are commonly harvested with a hand sickle. It thrives in tropical lowland areas with humidity of 60% to 90%.

Jute is a rain-fed crop with little need for fertilizer or pesticides. Yields are about 2 tonnes of dry jute fibre per hectare. Jute is one of the most affordable natural fibres. It is mainly cultivated in South and South East Asia. Jute was first used as an industrial packaging material, substituting flax and hemp grown in Europe. Jute is extracted from the bark of the white jute plant (Corchorus capsularis) and to a lesser extent from tossa jute (C. olitorius). It is a natural fibre with golden and silky shine and hence called the golden fibre. The colour of the stem, petiole, leaf and pod varies in different forms. Jute fibre is obtained from the bast or phloem layer of the stem. The two species differ in the quality of fibre they yield. Fibres of C. olitorius are frequently softer, stronger and more lustrous than those of C. capsularis . Jute fibre comes from a herbaceous annual plant which grows as high as 20 feet. The fibres are extracted from the plant stalk in a manner similar to flax. Jute tends to be brown in color due to about 20% lignin present in the fibre, but it does have a silk like luster. The individual cells of jute are very short, being about 0.1 inch (.25 cm) long, and the fibre cross section has five or six sides. Jute is not as strong or as durable as flax or hemp. Jute fibres are stiff, but it does have an unusually high moisture regain. Jute's low cost, moderate strength, and availability make it an important fibre for use in sacks, bags, and packing materials. Fabrics made

of jute are called burlap. Jute is long, soft and shiny, with a length of 1 to 4 m and a diameter of from 17 to 20 microns. Jute fibres are composed primarily of the plant materials cellulose (major component of plant fibre) and lignin (major components of wood fibre). The fibres can be extracted by either biological or chemical retting processes. Given the expense of using chemicals to strip the fibre from the stem biological processes are more widely practices. Biological retting can be done by either by stack, steep and ribbon processes which involve different techniques of bundling jute stems together and soaking in water to help separate the fibres from the stem before stripping. After the retting process, stripping begins. In the stripping process, non-fibrous matter is scraped off, leaving the fibres to be pulled out from within the stem. Jute fibre is 100% bio-degradable and recyclable and thus environmentally friendly. A hectare of jute plants consumes about 15 tonnes of carbon dioxide and releases 11 tonnes of oxygen.

Cultivating jute in crop rotations enriches the fertility of the soil for the next crop. Jute also does not generate toxic gases when burnt. After harvesting and defoliation of plants in the fields for 3–4 days, the jute stems are retted in water and the fibre is extracted. The traditional method is to ret the jute stems for about 15–18 days and extract the fibre manually after retting. During retting bacteria break down the soft tissues around the fibre bundles and the fibres. Retting is complete when the bark separates out easily from the core. The end-point of retting is a critical stage that largely determines the quality of the fibre. It is difficult to extract the fibre if the plants are taken from the water too early. On the other hand, the fibre is weakened if retting is continued for too long. Before extraction, the farmers make frequent checks to determine the end-point of retting. Correct retting is essentially the first step in the production of good quality jute fibre. Conventionally, all the operations of retting followed by extraction of the fibres are done manually even today. An alternative to this traditional retting method is to ret the outer ribbons without the woody stick. This is called ribbon retting and widely practised in China. Different retting techniques, ribboners/fibre decorticating machines/decorticators have been developed by different R&D organizations in Bangladesh and India. The ribbons, the outer skins of the stem, are extracted mechanically or manually by these machines. There are also other methods of retting, chemical, enzymatic/microbiological, etc., suggested by different scientists/researchers. After retting, plants are taken out of water and the fibre is traditionally extracted by hand.

Jute is a long, soft, and shiny vegetable fiber that can be spun into coarse, strong threads. It is obtained from the bark of the stems of the jute plant (*Corchorus capsularis* and *Corchorus olitorius*). Jute is the second most important natural fiber after cotton in terms of global production and usage. It is primarily cultivated in tropical regions with high humidity and alluvial soil, particularly in South Asia.

Properties of Jute Fiber: Jute is well-known for its favorable physical and chemical properties. It has high tensile strength, low extensibility, and durability, which make it suitable for packaging and industrial uses. Its natural golden luster gives it aesthetic appeal. Jute is also biodegradable, renewable, lightweight, and has good insulating properties against heat and sound. Chemically, it consists mainly of cellulose (about 61–71%), hemicellulose, and lignin, contributing to its strength and rigidity.

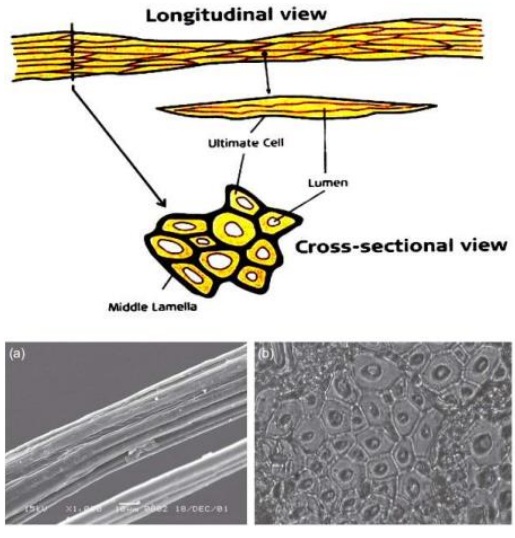


Figure 1 Microstructure of jute fibre.

Applications of Jute: Jute has a wide range of applications. Traditionally, it is used for making sacks, ropes, carpets, mats, and handicrafts. In modern industries, jute is increasingly used in composite materials, geotextiles, and eco-friendly packaging as an alternative to plastics. Its versatility allows it to be blended with other fibers such as cotton or synthetic materials to enhance the properties of fabrics and products.

Sustainable Potential of Jute: Jute is considered an environmentally friendly fiber due to its biodegradability, low water and energy requirements for cultivation, and minimal use of pesticides. It contributes to sustainable development by providing employment in rural areas, reducing dependence on synthetic fibers, and lowering plastic pollution. Research continues to explore new applications of jute in green building materials, automotive composites, and other sustainable technologies.

The washing process consists of holding the extracted fibre bundle by the butt end and jerking it through the water. Clean water is used for washing. The entire dirt, gum, extraneous plant materials and retting residues are removed thoroughly. The washed fibre is spread over a bamboo perch or bar for thorough sun drying for 4–7 days before storage. Drying on bare ground is to be discouraged, because it affects quality of fibre by contamination with dirt, sand, dust particles, etc. The main parameters of fibre quality include colour, lustre, strength, texture, length and presence or absence of root cuttings, the hardy reeds basal portion of fibre, etc. The outcome of desired attributes or undesired defects is dependent on various factors such as cultivation practices, diseases and pests, and retting. Agronomic manipulation in terms of balanced fertilizer, maintenance of desired plant population and yield, adoption of a new cropping system approach, integrated pest management and improvement of retting facility are suggested for quality improvement of jute. Jute fibre is a multicellular fibre. In the jute plant the fibre is formed as a cylindrical sheath made up of single fibres (ultimate cell) joined together in such a way as to form a threedimensional network from top to bottom of the stem. The commercial fibres, in the form of fibre bundles of 1.5–3 m long, called reed, are held together as a unit by the mesh or network structure of the fibre elements and represents only a very small proportion (4–6%) of the whole plant. The micro structure of jute fibre is given in Figure 2.15. The longitudinal and cross sectional views of jute fibre are given Figure 1 Microstructure of jute fibre

Commercial jute ranges from pale cream to golden yellow and from light brown to dirty grey in colour. It possesses a natural silky shine. Jute is a relatively coarse, stiff, inelastic and somewhat rigid fibre that has slightly higher moisture regains (12–13%) than cotton (7–8%). Good frictional property, tenacity, very high modulus and low breaking elongation make jute an ideal packaging material. The use of jute is limited to coarse fabrics, because the length/diameter ratio of jute fi laments is only 100–120, which is much below the minimum of 1000 required for fi ne spinning quality. Jute fibre is hygroscopic and wetted fi laments may swell up to 23% in diameter. Other than being of agro-origin (and hence renewable) and biodegradable (and hence environmentally friendly), the major advantageous features of jute are its high strength and initial modulus, moderate moisture regain, good dyeability using different dyes, good heat and sound insulation

properties and low cost. However, the major disadvantages of jute are its coarseness, stiffness, low wet strength, moderate wash shrinkage, harsh feel, hairiness and high fibre shedding, photo-yellowing, and poor crease recovery.

Conclusion. Jute fiber remains one of the most valuable and versatile natural fibers in modern material science. Its biodegradability, low production cost, and positive environmental impact make it an important alternative to synthetic fibers. Advances in processing technologies and composite manufacturing have further expanded the use of jute in automotive parts, construction materials, geotextiles, and sustainable packaging. Despite challenges such as limited moisture resistance and variability in fiber quality, ongoing research continues to improve its mechanical properties and durability. Overall, jute fiber has strong potential to contribute to global efforts toward sustainability and green innovation, making it a key material for future eco-friendly industries.

References

[1]. Ali, M. A., & Huq, M. (2020). Jute Fiber: A Renewable Material for Sustainable Industry. Journal of Natural Fibers, 17(3), 350–365.

[2]. Mishra, S., & Das, D. (2019). Mechanical and Chemical Properties of Jute Fiber–Reinforced Composites. Materials Today: Proceedings, 18, 4587–4593.

[3]. Roy, A., & Saha, P. (2021). Environmental Benefits of Jute as a Biodegradable Fiber. International Journal of Environmental Science, 15(4), 211–220.
[4]. Satapathy, S., & Rout, J. (2018). Jute Fibres: Processing, Characteristics, and Applications. In Handbook of Natural Fibres (pp. 125–148). Woodhead Publishing.
[5]. International Jute Study Group (IJSG). (2022). Global Jute Market Report. Dhaka: IJSG Publications.

UDK 628.543

CHARM VA MO‘YNA SANOATLARIDA XROMDAN FOYDALANISHGA EKOTOKSIKOLOGIK YONDASHUV

M.B. Shamsiyeva[1], A.N. Turg‘unov[2], B.B. Dadamirzayev[2], A.A. Xomidov[3]

[1]Toshkent to‘qimachilik va yengil sanoat intituti[1]
[2]Namangan davlat texnika universiteti[2]
[3]Farg‘ona davlat texnika universiteti[3]
E-mail: maxbuba_29@mail.ru
E-mail: azizbekturgunov1989@gmail.com
E-mail: mr.bahrom91@gmail.com
ORCID: 0009-0005-4572-9473
e-mail: xabdumajid97@gmail.com

Annotatsiya. *Ushbu tahliliy maqolada charm va mo‘yna sanoatida xrom asosidagi oshlash jarayonlarining atrof-muhit va inson salomatligi uchun ekotoksikologik xavflari yoritilgan. Terini qayta ishlashning texnologik jarayonlarida katta hajmda suv va kimyoviy moddalar sarflanishi natijasida hosil bo‘ladigan oqava suvlarning tarkibi va ulardagi xrom birikmalarining roli tahlil qilingan. An’anaviy va zamonaviy tozalash usullari samaradorligi va iqtisodiy cheklovlari tahlil qilingan hamda xromni qayta tiklash, tuz sarfini kamaytirish, texnologik parametrlarni optimallashtirish va aylanma suv ta’minotini joriy etish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqilgan.*

Kalit so‘zlar: *xrom oshlovchi, olti valentli xrom, ekotoksikologiya, oqava suvlar, kimyoviy ifloslanish, chiqindilarni tozalash, membranali texnologiyalar, charm sanoati, suyuqlikda ishlov berish, resurs tejamkor texnologiyalar.*

Аннотация. *В данной аналитической статье рассмотрены экотоксикологические риски хромсодержащих процессов дубления в кожевенной и меховой промышленности для окружающей среды и здоровья человека. Проанализированы состав сточных вод, образующихся в результате значительных расходов воды и химических реагентов в технологических процессах переработки кожи, а также роль содержащихся в них соединений хрома. Оценена эффективность и экономические ограничения традиционных и современных методов очистки и разработаны рекомендации по регенерации хрома, снижению расхода соли, оптимизации технологических параметров и внедрению оборотного (замкнутого) водоснабжения.*

Ключевые слова: *хромовый дубитель, шестивалентный хром, экотоксикология, сточные воды, химическое загрязнение, очистка отходов, мембранные технологии, кожевенная промышленность, мокрая обработка, ресурсосберегающие технологии.*

Annotation. *This analytical article highlights the ecotoxicological risks of chromium-based tanning processes in the leather and fur industry for the environment and human health. The composition of wastewater formed as a result of the high consumption of water and chemical reagents in the technological processes of leather processing, and the role of chromium compounds in these effluents, are analyzed. The efficiency and economic limitations of conventional and modern treatment methods are examined, and recommendations are developed for chromium recovery, reduction of salt consumption, optimization of technological parameters, and the implementation of a recirculating (closed-loop) water supply system.*

Keywords: *chrome-tanning agent, hexavalent chromium, ecotoxicology, wastewater, chemical pollution, waste treatment, membrane technologies, leather industry, wet processing, resource-saving technologies.*

Kirish

Terini tayyor charm mahsulotiga aylantirish jarayoni murakkab texnologik zanjirni o‘z ichiga oladi. Bu jarayon suyuqlikda ishlov beriladigan dastlabki ivitish-yuvish, kullash, pikellash-oshlash hamda bo‘yash-moylash kabi bosqichlardan tashkil topgan bo‘lib, ularning har birida katta

hajmdagi suv va kimyoviy reagentlar sarf qilinadi. Xususan, charm sanoati korxonalarida bir tonna xomashyoni (terini) qayta ishlash natijasida o‘rtacha 45–50 m³ oqava suv hosil bo‘lishi aniqlangan.

Mazkur tarmoqdan chiqadigan oqava suvlar tarkibi o‘ta murakkab bo‘lib, ularda yuqori miqdorda quyidagi ifloslantiruvchilar uchraydi:

- Organik moddalar: oqsil va yog‘ qoldiqlari.
- Kimyoviy birikmalar: sulfitlar, xrom tuzlari, sintetik tannidlar (sintanlar) va turli biosidlar.

Ushbu komponentlar to‘g‘ridan-to‘g‘ri tabiatga chiqarib tashlansa, tuproq va suv ekotizimlariga o‘ta salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Ayniqsa, xrom tuzlarining sanoatda, jumladan, charm-poyabzal, galvanoplastika va bo‘yoq ishlab chiqarishda keng qo‘llanilishi atrof-muhit uchun jiddiy xavf tug‘dirmoqda. Oqava suvlardagi eng xavfli omil sifatida olti valentli xrom (Cr(VI)) birikmalari e’tirof etiladi.

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, Cr(VI) o‘zining toksiklik darajasi bo‘yicha uch valentli xromdan (Cr(III)) taxminan yuz baravar ustun va suvda erish qobiliyati yuqoridir. Uning ekotoksikologik xavfi kuchli oksidlovchi tabiatiga bog‘liq bo‘lib, hujayralarda erkin radikallar hosil qilish orqali kanserogen ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

Hozirgi kunda dunyo charm sanoati korxonalarining taxminan 85 foizi xrom bilan oshlash texnologiyasidan foydalanadi. Biroq, ushbu jarayonda ishlatilgan xromning qariyb 40% i oshlash vannasidan chiqib, oqava suvga qo‘shilib ketmoqda. Shuni ta'kidlash joizki, atrof-muhitda Cr(VI) ning uchrashi asosan inson faoliyati (antropogen omillar) bilan bog‘liqdir.

AQSH Atrof-muhitni muhofaza qilish agentligi (EPA) tomonidan charm sanoati oqava suvlari uchun xromning ruxsat etilgan yuqori chegarasi 0,15 g/kg etib belgilangan. Shu sababli, ishlab chiqarish jarayonlarini modernizatsiya qilish, xromni qayta tiklash va reagentlardan ilmiy asoslangan tarzda tejamkor foydalanish bugungi kunning dolzarb masalasi bo‘lib qolmoqda.

Adabiyotlar tahlili

Terini tayyor charm mahsulotiga aylantirish - suyuqlikda ishlov beriladigan, dastlabki ivitish-yuvish, kullash, pikellash-oshlash hamda bo‘yash-moylash kabi bir qancha jarayonlarni o‘z ichiga oladi va har bir bosqichda katta hajmdagi suv hamda kimyoviy reagentlar ishlatiladi. Charm sanoati korxonalarida bir tonna terini qayta ishlashda taxminan 45–50 m³ oqava suv hosil bo‘ladi [1]. Shuning uchun mazkur tarmoqdan chiqdigan oqava suv tarkibida, odatda yuqori miqdorda organik (oqsil/yog‘) moddalar, sulfitlar, xrom, sintetik tannidlar (sintanlar) hamda biosidlar [2, 3] kabi ifloslantiruvchilar ko‘p uchraydi. Bu komponentlar to‘g‘ridan-to‘g‘ri tabiatga tushsa, tuproq va suv muhitiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin.

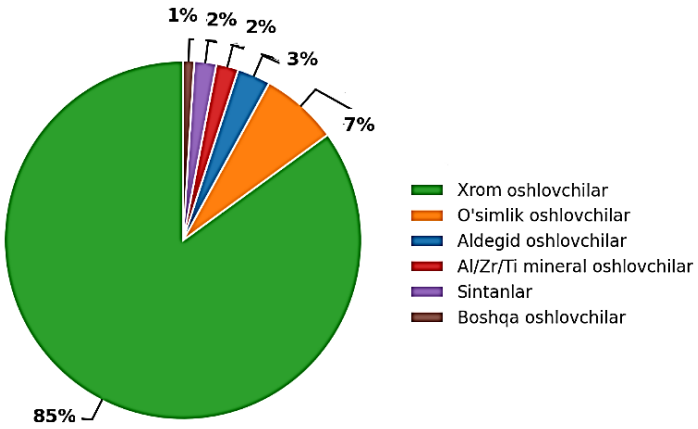
Xrom tuzlari charm sanoatidan tashqari bir qator tarmoqlarda, jumladan galvanoplastikada, bo‘yoq va pigmentlar ishlab chiqarishda, galvanik qoplamalarda hamda boshqa sanoat amaliyotlarida keng [4] qo‘llaniladi va bunda sezilarli hajmda oqava suvlar hosil bo‘ladi. Bunday oqava suvlarda eng xavfli omil sifatida olti valentli xrom (Cr(VI)) birikmalari miqdori yuqori. Terini qayta ishlash korxonalarida oqava suvlarni samarali tozalash muammolari, avvalo, ishlab chiqarish jarayonlarining yetarlicha zamonaviy emasligi, shuningdek qo‘llanilayotgan kimyoviy moddalardan tejamkor va ilmiy asoslangan tarzda foydalanilmayotgani bilan bevosita bog‘liq. Ya’ni texnologik zanjirlardagi kamchiliklar va reagentlardan past samaradorlikda foydalanish natijasida xavfli komponentlar tozalanmasdan atrof-muhitga tushib qolishi ehtimoli ortib boradi.

Cr(VI) zaharliligi bo‘yicha Cr(III) dan taxminan yuz baravar ustun va u suvda ham yaxshiroq eriydi [5,6]. Cr(VI) ning toksikologik xavfi uning kuchli oksidlovchi tabiatiga bog‘liq: u erkin radikallar hosil qilib, hujayralarda kanserogen ta’sirlar keltirib chiqarishi mumkin. Olti valentli xrom tabiatda odatda alohida holda emas, balki birikmalar tarkibida (masalan, temir(II) xromiti — $FeCr_2O_4$) uchraydi; ishlab chiqarishda esa shu birikmalardan qazib olinib qo‘llanadi. Shu bois, atrof-muhitda Cr(VI) ning uchrashi yoki ifloslanishi asosan antropogen faoliyat bilan bog‘lanadi. Cr(VI) xromlash, to‘qimachilik va oshlash kabi bir qator tarmoqlarda keng qo‘llanadi. Oshlash [7] jarayonida, asosan xrom(III) sulfati ($Cr_2(SO_4)_3$) dan iborat oshlovchi katta miqdorda ishlatiladi; u odatda SO_2 yordamida Cr(VI) ni Cr(III) gacha kamaytirish orqali olinadi. Qaytarish bosqichida ishlatilgan xromning taxminan 40% i dublash jarayoni suviga chiqib ketadi [8]. AQSH

Atrof-muhitni muhofaza qilish agentligi (EPA) charm sanoati oqava suvlarida chiqarilishiga yo‘l qo‘yilgan xrom miqdorining yuqori chegarasini 0,15 g/kg etib [9] belgilagan.

Xromni chiqarib tashlashga oid turli alternativ usullarni topish bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar amalga oshirilgan. Bu ifloslantiruvchi modda, asosan, oshlovchi agent sifatida asosiy xrom sulfati qo‘llanilgani tufayli hosil bo‘ladi. Atrof-muhit sharoitida xromning eng barqaror shakllari oksidlanish darajasi (III) va (IV) hisoblanadi [10]. Cr(III) muayyan ekologik shartlarda oksidlanish qobiliyatiga ega bo‘lib, shu orqali uning ekotoksikligi belgilanadi; shu bilan birga, kichik miqdorlarda u o‘simliklar, hayvonlar va insonlar metabolizm jarayonlarining bir qismi hisoblanadi. Biroq, Cr(III) yuqori konsentratsiyalarda, shuningdek (IV) oksidlanish darajasida xavfli, chunki ion kanallari orqali diffuziya yo‘li bilan hujayra membranalaridan o‘ta oladi. Ilmiy ishlarda shu ham ko‘rsatilganki, madaniy muhitda Cr(III) konsentratsiyasi >10 mg/l, hamda tuproqda Cr(VI) konsentratsiyasi >50 mg/kg bo‘lsa, o‘simlik turlari urug‘larining unib chiqishi cheklanadi [11].

Xrom birikmalari tabiiy suvlarning tarkibi va xossalariga aralashib, ularning kimyoviy muvozanatini buzadi, natijada o‘simlik va hayvonlar organizmida qaytmas o‘zgarishlar yuzaga keladi. Ekosistema bo‘ylab bunday ta’sir bosqichma-bosqich taralib, oxir-oqibat butun biosferaga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Inson salomatligi uchun ham xrom yuqori darajada zaharli: u metabolizm (moddalar almashinuvi) ko‘rsatkichlarini izdan chiqaradi, inson tanasining asosiy tizim va a’zolariga bosim o‘tkazadi. Ayniqsa, jigar va buyraklar faoliyatiga zarar yetkazishi, oshqozon-ichak tizimini shikastlashi hamda yurak-qon tomir tizimida kasallanishlar xavfini oshirishi mumkin.



1-Rasm. Oshlash jarayonida qo‘llaniladigan oshlovchi moddalar ulushi.

Insonlarda DNK ga zarar yetkazish holi Cr(VI) uchun taxminan 0,2 mg/ml, Cr(III) uchun esa 0,1 mg/ml konsentratsiyalarda kuzatilishi mumkinligi aniqlangan [12]. Terini oshlashning atrof-muhitga salbiy ta’siri isbotlangani sababli, charm sanoati eng ifloslantiruvchi tarmoqlardan biri sifatida baholanadi. Charm sanoati oqava suvlarining ifloslanish tarkibi odatda, eriydigan organik uglerod (DOC), biokimyoviy kislorod sarfi (BPK/BOD), sulfidlar, umumiy suvda erimaydigan qattiq zarrachalar (TSS/OVV), xrom, ammiak azoti va boshqa komponentlarning yuqori miqdori bilan tavsiflanadi [13-15].

Xrom biologik yo‘l bilan parchalanmaydi va oziq-ovqat zanjiri orqali tirik organizmlarda jamlanish xususiyatiga ega; bu esa turli kasalliklar va fiziologik buzilishlar xavfini oshiradi. Atrof-muhitga xrom tushishining yirik manbalari orasida charm va mo‘yna korxonalaridan chiqadigan chiqindilar alohida o‘rin tutadi [16].

Dunyodagi bunday korxonalarning 80–90 foizi, o‘rtacha 85 % xrom bilan oshlash texnologiyasidan foydalanadi; ushbu usul charm sifatini va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishi bilan birga, oqava suv va chiqindilardagi xromni nazorat qilish, xavfsizlantirish va imkoni boricha qayta tiklash choralarini talab qiladi [17].

Tadqiqot metodologiyasi

Ushbu tadqiqotda charm va mo‘yna sanoati korxonalarida xrom birikmalarini boshqarish, ularning atrof-muhitga ta’sirini kamaytirish va qayta tiklash imkoniyatlarini baholash uchun kompleks tahlil usullaridan foydalanildi. Metodologiya quyidagi asosiy yo‘nalishlarni qamrab oladi:

1. Texnologik jarayonlarni segmentlash va tahlil qilish
2. Ekotoksikologik xavfni baholash usullari
3. Oqava suvlarni tozalash va xromni qayta tiklash usullari

4. Statistik va qiyosiy ma’lumotlar bazasi

Natijalar va ularning tahlili

Tadqiqot usullari. Xromni qayta tiklash va aylanmaga qayta kiritish bo‘yicha bir qancha texnologiyalar taklif qilingan bo‘lsa-da, ularning katta qismi iqtisodiy jihatdan unumdor emas yoki boshqa salbiy ta’sirlarga ega. Zamonaviy korxonalarda xromni qaytarish va zararsizlantirish amal qilib keladi [18,19], ammo eski va kichik quvvatli ishlab chiqarishlarda hali-ham an’anaviy oqava suvlarni tozalashga tayanish holati uchraydi. Tarixan eng ko‘p qo‘llanilgan usullar - cho‘ktirish, oksidlanish/qaytarilish reaksiyalari va oxak bilan neytrallashtirish hisoblanadi [20]. Bundan tashqari, kimyoviy qaytarilish jarayonlaridan keyin cho‘ktirish, ion almashinuv, membrana texnologiyalari hamda turli adsorbentlar (masalan, faollangan ko‘mir, suyak ko‘miri, kork, ishlatilgan faol loy, uchuvchi kul, tabiiy zeolitlar va boshqalar) orqali adsorbsiya ham mumkin bo‘lgan yo‘llardir [21-23]. Biroq bu usul va materiallarning ko‘pchiligi katta kapital yoki ekspluatatsiya xarajatlarini talab qiladi, shu bois kichik korxonalar uchun iqtisodiy jihatdan maqbul emas. Shu bilan birga, an’anaviy yondashuvlarda xromni qayta aylanmaga qaytarish uchun ko‘p miqdorda kimyoviy moddalar yoki energiya sarfi kerak bo‘ladi; ko‘p qo‘llanadigan qayta tiklash sxemalari esa saqlash baklari, nasoslar va filtrlar kabi jihozlarni o‘rnatishni talab qiladi — bularning barchasi qimmatga tushadi.

Tadqiqot natijalari. Terini qayta ishlash jarayonlari nafaqat murakkabligi sababli turli tarkibli kimyoviy moddalar ishlatiladi [20] va bu moddalarning aksariyat qismi oqava suvlar tarkibida qolib ketadi (jadval-1):

Jadval-1

Charm sanoatida bir tonna tuzlukda konservalangan terilar kimyoviy moddalar sarfi, kg da

Kimyoviy moddalar	Jarayonga kiritilgan	Charm tarkibida	Oqava suvlar tarkibida
Xrom oksidi, Cr_2O_3	25	12	13
Organik oshlovchilar	25	20	5
Yog‘lovchi moddalar	22	17	5
Bo‘yoq moddalari	5	4	1
Kislotalar, ishqorlar, tuzlar	191	–	191
Sirt faol moddalar	3	–	3
Fermentlar	5	–	5
Pardozlovchi moddalar	100	12	88
Jami	452	72	380

1 tonna nam-tuzlangan teriga hisoblaganda ishlab chiqarish jarayoniga jami 452 kg kimyoviy modda kiritiladi. Shundan 72 kg modda (taxminan 16%) tayyor charm tarkibida qoladi, qolgan 380 kg (84% atrofida) esa oqava tarkibiga chiqadi. Demak, umumiy modda aylanmasida asosiy ifloslantiruvchi manba oqavaga tushmoqda.

Muhokama. Moddalar bo‘yicha o‘zlashtirilish darajasi turlicha. Xrom oksidi (Cr_2O_3)dan 25 kg kiritilganda taxminan 12 kg (48%) charmda qoladi, 13 kg oqavaga o‘tadi. Organik oshlovchilar va bo‘yoq moddalari nisbatan yaxshi o‘zlashtiriladi: tegishlicha 80% va 80% atrofida charmda saqlanadi (organik oshlovchi 25 kg dan 20 kg, bo‘yoq 5 kg dan 4 kg). Yog‘lovchi moddalarning o‘zlashtirilishi 77% (22 kgdan 17 kg) atrofida. Kislotalar, ishqorlar va tuzlar, shuningdek sirt-faol moddalar va fermentlar, tabiiy ravishda charm strukturasiga bog‘lanmasdan, deyarli to‘liq holda oqavaga o‘tib ketadi. Pardozlovchi mahsulotlar esa 100 kg dan atigi 12 kg (12%) miqdorda charmda qolib, katta qismi (88 kg) yo‘qotilmoqda; bu yerda qo‘llash samaradorligi past ekanligi ko‘rinadi.

Oqava yukining ichki taqsimotiga qarasak, eng katta ulushni kislotalar–ishqorlar–tuzlar beradi: 191 kg/t, ya’ni jami oqava moddalari miqdorining taxminan 50,3 foizi. Keyingi yirik manba pardozlovchi mahsulotlar: 88 kg/t (23,2%). Xrom yo‘qotishi 13 kg/t (3,4%) atrofida. Organik

oshlovchi, yog‘lovchi moddalar va fermentlardan har biri 5 kg/t (≈1,3%) dan; sirt faol moddalar 3 kg/t (0,8%); bo‘yoq moddalari 1 kg/t (0,26%).

Bunda ikki muhim holatni ko‘rish mumkin. Birinchidan, tuzlar va elektrolitlar oqavadagi asosiy muammo manbai bo‘lib, elektro‘tkazuvchanlik va umumiy eriydigan moddalar miqdorini keskin oshiradi. Ikkinchidan, pardozlash bosqichidagi yuqori yo‘qotishlar (faol moddaning atigi 12 foizi charmga o‘tishi) resurs samaradorligini pasaytiradi. Shuning uchun ishlab chiqarish ichida oshlash vannasidan xromning imkon qadar to‘liq o‘zlashtirilishiga erishish va aniq pH–temperatura–vaqt nazorati, xromni ishqoriy cho‘ktirish orqali qayta tiklab xomashyoga qaytarish, tuz sarfini kamaytirish (kam tuzli/vakuumli konservatsiya, pikellashda NaCl optimallash), suvdan qayta foydalanishni samarali tashkil etish, pardozlash jarayonlarini optimallashtirish va filtratsiyani joriy etish maqsadga muvofiq. Oqava suvlarni tozalashda esa xromni pH 8–8,5 oralig‘ida cho‘ktirish va ajratish, yuqori darajada tuz saqlaydigan oqava suvlarni boshqa oqava suvlarga qo‘shilishiga yo‘l qo‘ymasdan, membranali texnologiyalar bilan ishlash, organik ifloslanishni esa koagulyasiya/elektrokoagulyasiyadan so‘ng biologik bosqichda kamaytirish tavsiya etiladi.

Mazkur ko‘rsatkichlar asosida texnologik parametrlarni moslab borish - oqava suvlarning ifloslanishini sezilarli darajada pasaytirish imkonini beradi.

Xulosa

Xulosa sifatida aytish mumkinki, charm va mo‘yna sanoati korxonalaridan chiqadigan oqava suvlar tarkibidagi xrom birikmalari, organik moddalar, sulfidlar, kislota–ishqor va tuzlar yuqori konsentratsiyada bo‘lgani uchun ular ekotizimlar va inson salomatligi uchun jiddiy xavf manbai hisoblanadi. Ayniqsa olti valentli xrom (Cr(VI)) uch valentli xromga (Cr(III)) nisbatan ancha zaharli va harakatchan bo‘lib, suv va tuproq orqali biologik zanjirga kirib, organizmlarda jamlanishi va genetik zararlanishgacha olib borishi mumkin.

Tadqiqot natijalari texnologik zanjirni isloh qilmasdan turib, faqat tozalash inshootlarini takomillashtirish hisobidan barqaror ekologik samaraga erishib bo‘lmasligini ko‘rsatadi. Xromning oshlash vannasidan maksimal o‘zlashtirilishiga erishish, pH, harorat va vaqt kabi parametrlarni optimallashtirish, xromni ishqoriy cho‘ktirish orqali ajratib olib, yana texnologik jarayonga qaytarish, tuz sarfini kamaytirish va kam tuzli konservatsiya usullariga o‘tish, shuningdek pardozlovchi moddalar o‘zlashtirilishini oshirish orqali oqava suvlar ifloslanish darajasini sezilarli darajada pasaytirish mumkin.

Shu bilan birga, oqava suvlarni tozalash tizimini segmentlash va maxsuslashtirish xrom saqlovchi oqimlarni alohida yig‘ish, yuqori tuzli oqimlar uchun membranali texnologiyalardan foydalanish, organik ifloslanishni kamaytirish uchun koagulyasiya yoki elektrokoagulyasiyadan keyin biologik bosqichni qo‘llash – kompleks yondashuvni shakllantiradi. Bunday integral yechimlar xromning biosferaga tushishini cheklash, oziq-ovqat zanjirida jamlanishini oldini olish, aholi salomatligini himoya qilish va eng muhimi, resurs tejamkor va barqaror charm ishlab chiqarish tizimiga bosqichma-bosqich o‘tish uchun zarur shartlar majmui sifatida tavsiya etiladi.

Adabiyotlar

[1]. Kanagaraj J., Senthivelan T., Panda R.C., Kavitha S., Eco-friendly waste management Strategies for greener environment towards sustainable development in leather industry: a comprehensive review, J. Clean. Prod. 2014.,89,1-17.

[2]. Jochimsen, J.C., Schenk, H., Jekel, M.R., Hegemann, W. Combined oxidative and biological treatment for separated streams of tannery wastewater, Wat. Sci. Tech., 1997. 36, 209- 216.

[3]. Di Iaconi, C., Ricco, G., Tanzarella, C., Tomei, M.C. Chemical oxidation combined with biological oxidation in removal of biorefractory compounds, Annali di Chimica, 1998. 88, 849-858.

[4]. Mohan D, Singh KP, Singh VK. Trivalent chromium removal from wastewater using low cost activated carbon derived from agricultural waste material and activated carbon fabric cloth. Journal of Hazardous Materials. 2006; 135(1-3):280-295.

[5]. Saha, R.; Nandi, R.; Saha, B. Sources and toxicity of hexavalent chromium. J. Coord. Chem. 2011, 64, 1782–1806.

[6]. Megharaj, M.; Avudainayagam, S.; Naidu, R. Toxicity of hexavalent chromium and its reduction by bacteria isolated from soil contaminated with tannery waste. Curr. Microbiol. 2003, 47, 51–54.

[7]. Kleber, R.J.; Helz, G.R. Indirect Photoreduction of Aqueous Chromium(VI). Environ. Sci. Technol. 1992, 26, 307–312.
[8]. Saha, B.; Orvig, C. Biosorbents for hexavalent chromium elimination from industrial and municipal e_uents. Coord. Chem. Rev. 2010, 254, 2959–2972.
[9]. Electronic Code of Federal Regulations, Environmental Protection Agency. Protection of Environment, Part 425—Leather Tanning and Finishing Point Source Category. Available online: https://www.govinfo.gov/app/details/CFR-2012-title40-vol31/CFR-2012-title40-vol31-part425 (accessed on 2 May 2020).
[10]. M.M. Hiller, R.W. Leggett, A biokinetic model for trivalent or hexavalent chromium in adult humans, J. Radiol. Prot. 2020. 19–39, https://doi.org/10.1088/ 1361-6498/ab4286.
[11]. D. Srivastava, M. Tiwari, P. Dutta, P. Singh, K. Chawda, M. Kumari, D. Chakrabarty, Chromium Stress in plants: Toxicity, Tolerance and Phytoremediation, Sustainability 13 (9) 2021. 4629.
[12]. M.K. Murthy, P. Khandayataray, S. Padhiary, D. Samal, A review on chromium health hazards and Molecular mechanism of chromium bioremediation, Rev. Environ. Health 38 2022. 461–478.
[13]. P. Thanikaivelan, J.R. Rao, B.U. Nair, T. Ramasami, Recent Trends in leather Making: processes, problems, and pathways, Crit. Rev. Environ. Sci. Technol. 2005. 37–79.
[14]. G. Lofrano, S. Meriç, G.E. Zengin, D. Orhon, Chemical and biological treatment technologies for leather tannery chemicals and wastewaters: a review, Sci. Total Environ. 461–462. 2013. 65–281.
[15]. S. Venkatasubramanian, Towards environmental protection and process safety in leather processing – a comprehensive analysis and review, Process Saf. Environ. Protect. 163. 2022. 703–726.
[16]. Bailey SE, Olin TJ, Bricka RM, Adrian DD. A review of potentially low-cost sorbents for heavy metals. Water research. 1999; 33(11):2469-7249.
[17]. Aravindhan R, Madhan B, Rao JR, Nair BU. Recovery and reuse of chromium from tannery wastewaters using Turbinaria ornata seaweed. Journal of Chemical Technology and Biotechnology. 2004; 79(11):1251-1258.
[18]. Alexander KT, Donohue VJ, Cory NJ, Sykes RL. Environmental and safety issues-clean technology and environmental auditing. Journal of the Society of Leather Technologists and Chemists. 1992; 76:17-23.
[19]. Covington AD. The production of soft leather part 1 The mechanism of chemical softening by lubrication. Journal of the American Leather Chemists Association. 1993; 88:241-247.
[20]. Boddu VM, Abburi K, Talbott JL, Smith ED. Removal of hexavalent chromium from wastewater using a new composite chitosan biosorbent. Environmental Science and Technology. 2003; 37(19):4449-4456.
[21]. Panayotova M, Velikov B. Kinetics of heavy metal ions removal by use of natural zeolite. Journal of Environmental Science and Health, Part A. 2002; 37(2):139-147.
[22]. Kumar R, Basu A, Bishayee B, Chatterjee RP, Behera M, Ang WL, et al. Management of tannery waste effluents towards the reclamation of clean water using an integrated membrane system: A state-of-the-art review. Environmental Research. 2023; 229:115881.
[23]. Das NC, Rahman MM, Kabir SF. Preparation of novel clay/chitosan/ZnO bio-composite as an efficient adsorbent for tannery wastewater treatment. International Journal of Biological Macromolecules. 2023; 249:126136.
[24]. Introduction to treatment of tannery effluents. What every tanner should know about effluent treatment. United nations industrial development organization. Vienna, 2011. P. 69.

INTERNATIONAL AND LOCAL APPLICATION OF POLYCOMPONENT YARN FABRICS

Z.O. Yuldashaliyeva

Fergana State Technical University
e-mail: abdullayevazuleyha45@gmail.com
(Received on April 16 th, 2026)

Annotatsiya. *Ikki yoki undan ortiq fizik-kimyoviy xossalarga ega bo‘lgan tolalarni bir ip konstruksiyasi doirasida birlashtirib ishlab chiqarilgan ko‘pkomponentli ip gazlamalar zamonaviy to‘qimachilik texnikasida eng istiqbolli materiallardan biriga aylandi. Ularning mexanik kuch, qulaylik, funksionallik va chidamlilikni birlashtirish qobiliyati ularning qo'llanilishi doirasini sezilarli darajada kengaytirdi. Ushbu maqolada polikomponentli ip matolarining xalqaro va mahalliy qo'llanilishi bo'yicha PhD darajasida keng qamrovli tahlil berilgan. Ularning tarkibiy xususiyatlari, funktsional xususiyatlari, global bozor tendentsiyalari va mahalliy to'qimachilik sanoatida, xususan, iqtisodiyoti rivojlanayotgan mamlakatlarda rivojlanish istiqbollariga alohida e'tibor beriladi. Tadqiqot, shuningdek, raqobatbardoshlikni oshirish uchun texnologik muammolar va innovatsiyalarga asoslangan strategiyalarni muhokama qiladi. Tahlilni qo'llab-quvvatlash uchun statistik ma'lumotlar, sxematik raqamlar va ilovalarga*

asoslangan diagrammalar qo'llaniladi.

Kalit so'zlar: *ko'pkomponentli iplar, kompozit to'qimachilik, funktsional matolar, jahon to'qimachilik bozori, mahalliy to'qimachilik sanoati.*

Аннотация. *Поликомпозитные ткани, получаемые путем объединения двух или более волокон с различными физическими и химическими свойствами в единой структуре нити, стали одним из наиболее перспективных материалов в современной текстильной инженерии. Их способность сочетать механическую прочность, комфорт, функциональность и долговечность значительно расширила область их применения. В данной статье представлен всесторонний анализ международного и местного применения поликомпозитных тканей на уровне диссертации. Особое внимание уделяется их структурным характеристикам, функциональным свойствам, глобальным рыночным тенденциям и перспективам развития в местных текстильных отраслях, особенно в развивающихся странах. В исследовании также обсуждаются технологические проблемы и стратегии, основанные на инновациях, для повышения конкурентоспособности. Для обоснования анализа используются статистические данные, схематические рисунки и диаграммы, основанные на применении.*

Ключевые слова: *поликомпозитные нити, композитные ткани, функциональные ткани, глобальный текстильный рынок, местная текстильная промышленность.*

Abstract. *Polycomponent yarn fabrics, produced by combining two or more fibers with different physical and chemical properties within a single yarn structure, have become one of the most promising materials in modern textile engineering. Their ability to integrate mechanical strength, comfort, functionality, and durability has significantly expanded their application range. This paper provides a comprehensive PhD-level analysis of the international and local applications of polycomponent yarn fabrics. Special attention is given to their structural characteristics, functional properties, global market trends, and development prospects in local textile industries, particularly in developing economies. The study also discusses technological challenges and innovation-driven strategies for enhancing competitiveness. Statistical data, schematic figures, and application-based diagrams are used to support the analysis.*

Keywords: *polycomponent yarns, composite textiles, functional fabrics, global textile market, local textile industry.*

1. Introduction

The rapid development of textile materials science has led to a paradigm shift from conventional single-component fabrics toward multifunctional and performance-oriented textile structures. Among these advanced materials, polycomponent yarn fabrics occupy a strategic position due to their capability to combine diverse properties within a single textile system.

Polycomponent yarns are engineered by integrating fibers of different origins (natural, synthetic, or regenerated) or fibers with distinct functional characteristics. This approach enables the production of fabrics that simultaneously meet mechanical, hygienic, thermal, and aesthetic requirements. In the global textile market, such fabrics are increasingly used in sportswear, medical textiles, protective clothing, and technical applications.

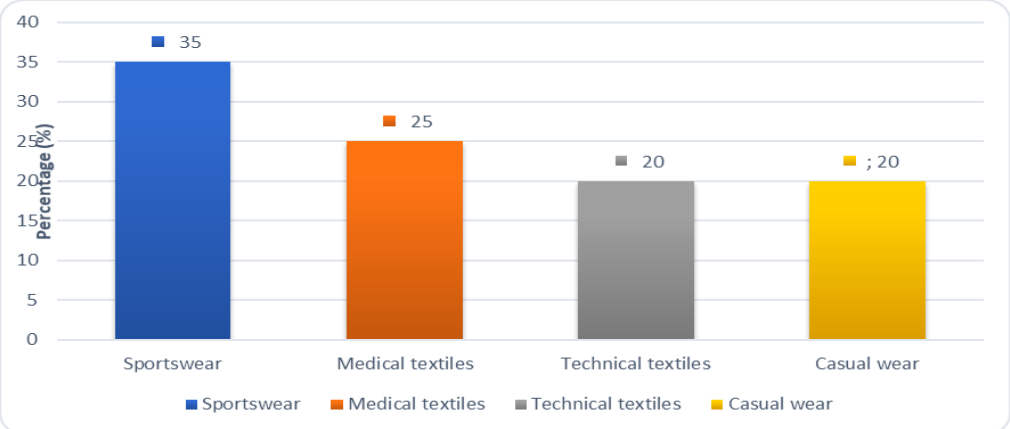


Figure 1. Global application structure of polycomponent yarn fabrics (%).

From a local perspective, particularly in cotton-producing countries, the development of polycomponent yarn fabrics represents a significant opportunity to increase value addition, reduce

dependence on imported high-performance textiles, and enhance export potential. Therefore, a systematic study of their international and local applications is essential for both academic research and industrial practice.

Polycomponent yarn fabrics are widely used in different sectors of the textile industry. As shown in Figure 1, the largest share belongs to sportswear production (35%), followed by medical textiles (25%). Technical textiles and casual clothing account for approximately 20% each. This distribution indicates that polycomponent yarn fabrics are primarily valued for their functional performance and durability in specialized clothing applications.

2. Structural characteristics of polycomponent yarn fabrics

2.1 Definition and concept

Polycomponent yarns are defined as yarns composed of two or more fiber components that differ in composition, structure, or functional behavior. These components may be arranged in various configurations to achieve targeted performance outcomes.

2.2 Main structural types

The most common structural configurations include:

- Core–sheath yarns, where one fiber forms the core and another surrounds it, providing combined strength and comfort.

- Side-by-side yarns, in which different fibers are placed adjacent to each other, often generating crimp and elasticity.

- Blended yarns, produced by thoroughly mixing fibers before spinning.

Figure 2. Local distribution of polycomponent yarn fabric applications (%).

The functional properties of polycomponent yarn fabrics play a crucial role in determining their application areas. According to the analysis presented in Figure 3, elasticity is considered the most important characteristic (90%), followed by high strength (85%) and antibacterial properties (80%). Thermal insulation and lightweight comfort also demonstrate significant importance in textile product performance.

Each structure influences the final fabric behavior in terms of tensile strength, moisture management, thermal insulation, and surface characteristics.

3. Functional Properties of Polycomponent Yarn Fabrics

One of the key advantages of polycomponent yarn fabrics lies in their multifunctionality. By appropriate selection of components, the following properties can be achieved: Enhanced mechanical strength and abrasion resistance, improved moisture absorption and vapor permeability, thermal regulation and insulation, elastic recovery and shape retention, antibacterial and hygienic performance. These properties make polycomponent fabrics superior to traditional single-component textiles in many demanding applications.

4. International applications and market trends

4.1 Sports and activewear

In developed textile markets, polycomponent yarn fabrics are extensively used in sportswear and outdoor clothing. The combination of synthetic fibers (such as polyester or polyamide) with elastane or regenerated fibers allows high elasticity, rapid moisture transport, and lightweight comfort.

Key yarn structures, their properties, and application relevance of polycomponent yarn fabrics (%)

Table 1

Yarn Structure	Key Property	Application	Importance Score (%)
Core–sheath (Polyester + Elastane)	Elasticity	Sportswear	90
Blended (Cotton + Antibacterial Polyester)	Hygiene	Medical	85
High-strength blend	Durability	Technical	80
Side-by-side blend	Thermal insulation	Winter wear	75

4.2 Medical and hygienic textiles

Medical textiles require strict hygienic standards. Polycomponent fabrics incorporating antibacterial fibers and moisture-managing components are widely applied in surgical gowns, bandages, and hospital bedding.

4.3 Technical and protective textiles

In technical textiles, polycomponent yarn fabrics provide resistance to heat, chemicals, and mechanical stress. These materials are commonly used in protective clothing, filtration systems, and industrial applications.

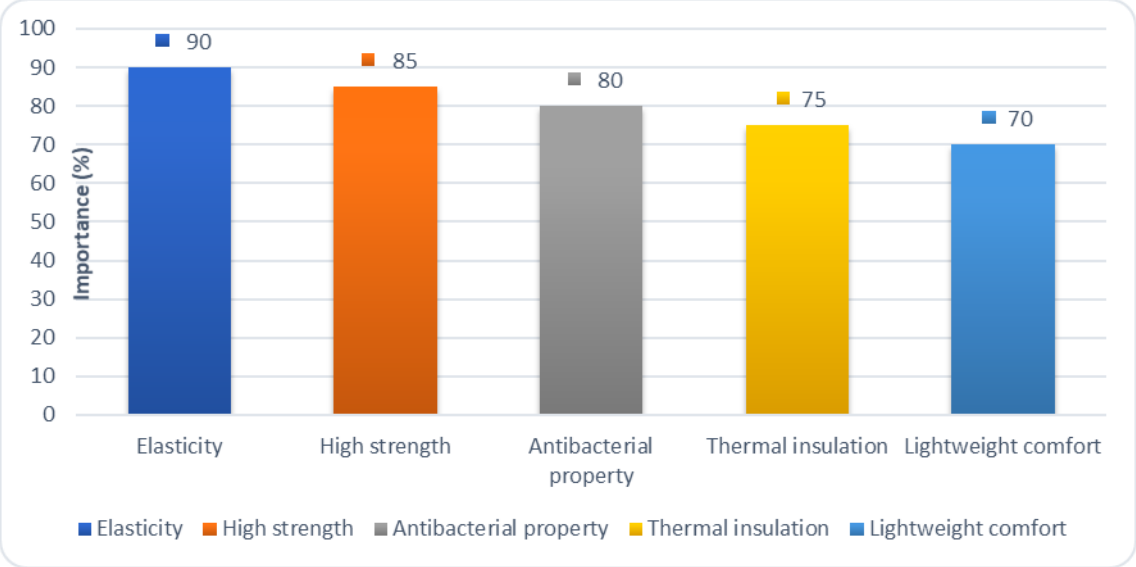


Figure 3. Importance level of functional properties of polycomponent yarn fabrics (%).

The functional properties of polycomponent yarn fabrics play a crucial role in determining their application areas. According to the analysis presented in Figure 3, elasticity is considered the most important characteristic (90%), followed by high strength (85%) and antibacterial properties (80%). Thermal insulation and lightweight comfort also demonstrate significant importance in textile product performance.

5. Local applications and industrial potential

5.1 Current state of local production

In many developing textile industries, polycomponent yarn fabrics are primarily used in: Sports and leisure clothing, children’s garments, workwear and uniforms, climate-adapted summer

fabrics. Local manufacturers often rely on blending natural fibers, such as cotton, with synthetic fibers to achieve cost-effective performance improvements.

5.2 Economic and Technological Advantages

The integration of polycomponent yarn technologies at the local level offers several advantages: increased value addition to raw materials, reduced import dependency, enhanced product diversification, improved competitiveness in export markets.

6. Relationship Between Properties and Applications

The selection of polycomponent yarn structures is strongly application-driven.

Relationship between fabric properties and application areas

Table 2

Key Property	Application Area
High elasticity	Sportswear
Antibacterial behavior	Medical textiles
Thermal insulation	Winter clothing
Light weight	Casual wear
High strength	Technical textiles

This relationship emphasizes the importance of targeted material design.

7. Technological Challenges and Innovations

Despite their advantages, polycomponent yarn fabrics present several challenges: complex production processes, higher initial investment costs, need for skilled technical personnel. However, ongoing innovations in spinning technologies, automation, and digital textile engineering are gradually overcoming these barriers. Research-driven optimization of fiber combinations plays a critical role in improving cost-efficiency and performance.

8. Discussion

The comparative analysis of international and local applications demonstrates that the success of polycomponent yarn fabrics largely depends on technological capability and innovation intensity. While international markets emphasize high-performance and smart textiles, local industries focus on affordability and adaptability. Bridging this gap requires investment in research, education, and industrial modernization.

9. Conclusion

Polycomponent yarn fabrics represent a crucial direction in the development of modern textiles. Their wide international application and growing local adoption confirm their strategic importance. By leveraging local raw materials and adopting advanced textile technologies, developing economies can significantly enhance their position in the global textile value chain. The findings of this study provide a scientific basis for further research and industrial implementation of polycomponent yarn fabrics.

References

[1]. Smith, J. (2022). Composite Yarns and Advanced Textile Structures. Textile Research Journal.
[2]. Kim, H., & Lee, S. (2023). Functional textiles in sportswear applications. Materials Today.
[3]. ISO Textile Standards Committee Reports (2021–2024).
[4]. National Textile Industry Development Reports.

БАРБОТАЖЛИ АБСОРБЕР ҚУРИЛМАСИНИНГ ГИДРАВЛИК ҚАРШИЛИГИНИ ТАДҚИҚ ЭТИШ

И.Л. Халилов

Фарғона давлат техника университети
(Қабул қилинди 16.04.2026 й.)

Аннотация. *Ушбу тадқиқотда барботажли абсорбция қурилмасининг гидравлик қаршилиги назарий ва экспериментал таҳлил қилинди. Тажрибалар махсус лаборатория стендида суюқлик*

тезлиги ва газ ёстиғи динамикасининг тизим босимига таъсирини ўрганиш мақсадида ўтказилди. Гидродинамик режимларни баҳолашда гидростатик ва динамик ташкил этувчиларни интеграцияловчи математик модел қўлланилди. Натижалар суюқлик тезлиги ортиши билан босим йўқотилишининг ошишини, газ ёстиғи параметри кенгайиши билан эса қаршиликнинг камайишини кўрсатди. Назарий ва экспериментал қийматлар ўртасидаги нисбий хатолик 1,8–3,7% ни ташкил этиб, моделнинг адекватлигини тасдиқлади. Тадқиқот хулосалари абсорберларни лойиҳалашда энергия сарфини оптималлаштириш ва гидродинамик барқарорликни таъминлаш учун назарий асос бўлиб хизмат қилади.

Калит сўзлар: *барботажли абсорбер, гидравлик қаршилик, босим пасайиши, гидродинамик режим, газ-суюқлик тизими, маҳаллий қаршилик, суюқлик оқими тезлиги, назарий моделлаш, эксперимент тадқиқот, лаборатория стенди.*

Кириш

Саноат газ тозалаш ва абсорбция тизимларининг самарадорлиги кўп жиҳатдан қурилма ичидаги гидродинамик режимларнинг мукаммаллигига боғлиқ. Фазаларнинг ўзаро таъсирлашуви, контакт юзасининг шаклланиши ва гидравлик қаршилик каби омиллар қурилманинг технологик ва энергетик кўрсаткичларини белгиловчи фундаментал параметрлар ҳисобланади. Шу боис, барботажли абсорберларда гидродинамик жараёнларни тадқиқ этиш замонавий кимёвий технологиянинг долзарб масалаларидан биридир.

Барботаж жараёнининг моҳияти газ оқимини суюқлик қатлами орқали дисперс пуфакчалар кўринишида ўтказиш бўлиб, бу фазалараро масса алмашиниш юзасини кескин оширади. Бунда газ пуфакчаларининг генерацияси ва уларнинг барқарор тақсимланиши перфорирланган насадканинг конструктив ечимига бевосита боғлиқ. Мазкур функционал элемент газ оқимини майда оқимчаларга парчалаш орқали интенсив гидродинамик муҳит ҳосил қилишга хизмат қилади.

Тадқиқот объекти сифатида секцияли тузилишга эга бўлган шаффоф шиша колоннали лаборатория стенди танланди. Қурилманинг бундай конструкцияси газ-суюқлик оқимларининг ҳаракат траекториясини визуал мониторинг қилиш ва режим кўрсаткичларини босқичма-босқич қайд этиш имконини беради. Перфорирланган насадкадаги тешикларнинг геометрик жойлашуви газнинг бир текис тақсимланишини таъминлаб, аппаратда "каналлашиш" ва зонал дислокация ҳодисаларининг олдини олади.

Гидравлик қаршиликни ўрганиш қурилманинг энергетик самарадорлигини баҳолашда муҳим аҳамиятга эга. Босим йўқотилишининг оптимал қийматини аниқлаш нафақат энергия сарфини камайтириш, балки барқарор барботаж режимини таъминлаш учун ҳам зарурдир. Экспериментал платформа газ ва суюқлик сарфини кенг диапазонда ўзгартириш орқали жараённинг математик моделларини реал шароитда верификация қилишга имкон беради.

1-расм. Тажриба қурилмаси ва перфорирланган тешиклар очилган насадканинг умумий кўриниши.

Ушбу тадқиқотнинг мақсади — барботажли абсорбернинг конструктив элементлари, хусусан перфорирланган насадканинг гидродинамик режимларга таъсирини аниқлаш ҳамда босим йўқотилиши билан боғлиқ қонуниятларни экспериментал асослашдан иборат. Қурилманинг умумий кўриниши ва газ тақсимлаш элементининг деталлари 1-расмда тасвирланган.

Тадқиқот методи ва тажриба ўтказиш кетма-кетлиги.

Барботажли абсорбер қурилмасининг гидродинамик режимларини тадқиқ этишда эксперимент ва ҳисобий-таҳлилий

усуллар мажмуасидан фойдаланилди. Тадқиқотнинг асосий мақсади қурилмада ҳосил бўлувчи гидравлик қаршиликнинг ўзгарувчи параметрларга боғлиқлигини аниқлаш, босим йўқотилишига таъсир қилувчи асосий омилларни баҳолаш ва назарий ифода билан тажриба натижалари орасидаги мосликни текширишдан иборат бўлди. Шу мақсадда лаборатория шароитида махсус йиғилган барботажли абсорбцион қурилмада босқичма-босқич тажрибалар ўтказилди. Қурилманинг секцияли, шаффоф шиша қисмлардан ташкил топганлиги газ пуфакчаларининг ҳосил бўлиши, уларнинг суюқлик қатламида ҳаракатланиши ва гидродинамик ҳолатнинг визуал кузатилишини таъминлади. Қурилма таркибида газ ва суюқликни узатиш, уларнинг сарфини ростлаш, сатҳни назорат қилиш ва гидравлик кўрсаткичларни баҳолашга мўлжалланган функционал қисмлар мавжуд бўлиб, бу тадқиқотни турли режимларда олиб бориш имконини берди.

Тадқиқот методикасида, аввало, қурилманинг ишга тайёрлиги текширилди. Бунда барча секциялар, фланецли бирикмалар, резина прокладкалар, шиша колонна ва патрубкаларнинг герметиклиги назорат қилинди. Шундан сўнг абсорбент суюқлиги махсус идишдан насос орқали аппаратга узатилди. Суюқлик сарфи ротаметр ёрдамида белгиланган қийматга келтирилди ва вентиллар орқали барқарор ҳолатда ушлаб турилди. Кейин компрессор ёрдамида газ оқими қурилманинг газ тақсимлаш қисмига юборилди. Газ сарфи ҳам ротаметр орқали ростланди. Қурилмада барқарор иш режими ҳосил бўлгандан кейин суюқлик қатламида барботаж жараёни шаклланиши, газ пуфакчаларининг тақсимланиши ва босим йўқотилиши қийматлари кузатилди.

Тажрибаларни олиб боришда асосий эътибор гидравлик қаршиликка таъсир этувчи учта асосий ўзгарувчи параметрга қаратилди. Биринчи параметр сифатида газ ёстиғига боғлиқ бошланғич параметр φ_0 қабул қилинди. Унинг қийматлари тажрибада 0.0469, 0.0768, 0.1079, 0.1348 ва 0.1658 ораликда танланди. Иккинчи ўзгарувчи параметр сифатида суюқлик тезлиги w қабул қилинди, унинг қийматлари мос равишда 0.021; 0.051 ва 0.081 м/с даражаларда ўзгартирилди. Учинчи параметр сифатида маҳаллий қаршилик коэффициентлари йиғиндиси $\Sigma\xi$ қабул қилинди ва у 2.82; 2.50 ҳамда 2.18 қийматларида таҳлил қилинди. Ҳисоблашларда муҳит зичлиги $\rho = 1005$ кг/м³, эркин тушиш тезланиши $g = 10$ м/с² ва суюқлик баландлиги $H_0 = 0.9$ м деб олинди. Мазкур диапазонлар қурилмада гидродинамик режимларнинг ўзгаришини аниқ ифодалаш ва босим йўқотилишига таъсир қилувчи омилларни етарли даражада қамраб олиш имконини берди.

Тажриба ўтказиш жараёни маълум бир изчилликда амалга оширилди. Дастлаб суюқлик сарфи энг кичик қийматга келтирилди ва газ оқими берилиб, қурилма ичида барқарор барботаж режими ҳосил қилиниши кутилди. Сўнгра газ ёстиғига боғлиқ параметр φ_0 белгиланган қийматлар бўйича навбатма-навбат ўзгартирилди. Ҳар бир φ_0 қийматда суюқлик тезлигининг учта даражаси учун алоҳида ўлчовлар олинди. Бунда ҳар бир режимда босим йўқотилиши назарий формула бўйича ҳисобланди ва амалда олинган тажрибавий қийматлар билан солиштирилди. Кейинги босқичда $\Sigma\xi$ қийматларининг 2.82, 2.50 ва 2.18 даражалари учун ҳам шу тар тибда ҳисоблаш ва ўлчаш ишлари бажарилди. Ҳар бир режимда олинган натижалар қайд этилиб, назорат жадвалларига киритилди. Бу ёндашув параметрлар таъсирини алоҳида ва ўзаро боғлиқ ҳолда баҳолаш имконини берди.

Гидравлик қаршиликни баҳолашда гидростатик ва динамик ташкил этувчиларни ҳисобга олувчи назарий ифодадан фойдаланилди, Па;

$$\Delta P_{ум} = \rho_{ар} \cdot g\left(H_0 - \varphi_0\right) + \left(\xi_1 + \xi_2 + \xi_3\right)\frac{\rho_{ар} \cdot w_{ар}^2}{2}$$

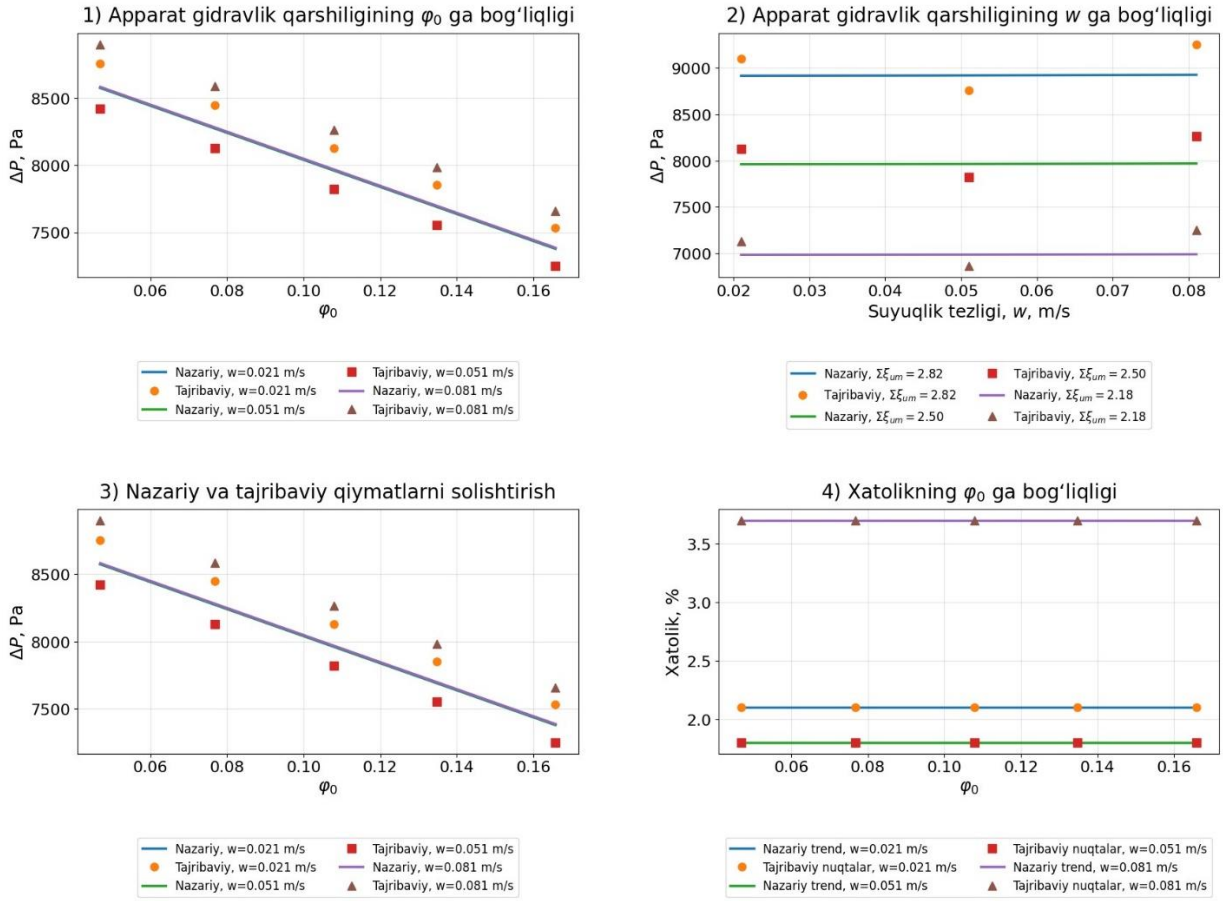
Ушбу ёндашувга кўра, босим йўқотилиши суюқлик устуни баландлиги, газ ёстиғи параметри ва маҳаллий қаршилик коэффициентлари йиғиндисига боғлиқ ҳолда аниқланди. Тажрибавий қийматлар эса қурилма иш жараёнида бевосита кузатиш ва ўлчаш орқали олинди. Олинган натижалардан кўриниб турибдики, назарий ва тажрибавий қийматлар орасидаги фарқ катта эмас: $w = 0.021$ м/с учун хатолик асосан 2.1 %, $w = 0.051$ м/с учун 1.8 %

ва w = 0.081 м/с учун 3.7 % атрофида бўлган. Бу эса қўлланилган тадқиқот методикаси етарлича ишончли эканлигини кўрсатади.

Тажриба методикасининг муҳим жиҳатларидан яна бири шундаки, барча ўлчашлар барқарор режим қарор топгандан кейин амалга оширилди. Яъни, ҳар бир янги режим параметри белгилангандан сўнг қурилмада газ ва суюқлик ҳаракати турғун ҳолатга келиши кутилди, шундан кейингина босим йўқотилиши қайд этилди. Бу усул тасодифий тебранишлар ва ўтиш жараёнларининг натижага таъсирини камайтиришга хизмат қилди. Шунингдек, қурилманинг шаффоф қисмлари орқали газ пуфакчаларининг тақсимланиши ва ҳаракат хусусияти кузатилиб, олинган рақамли натижаларнинг физик мазмуни таҳлил қилинди.

Натижалар.

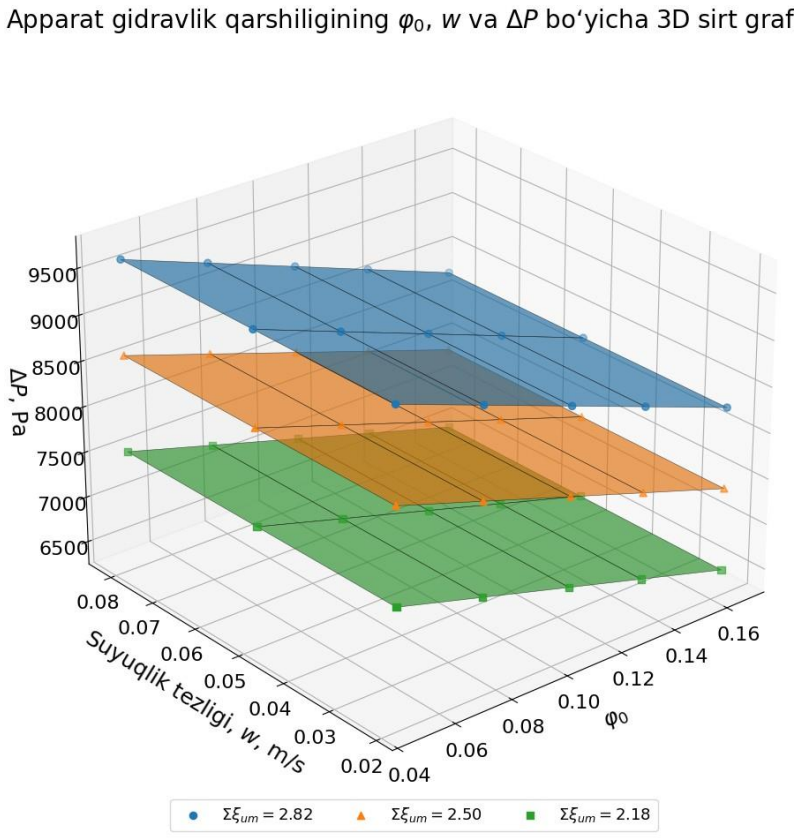
Шундай қилиб, тадқиқот методи барботажли абсорбер қурилмасидаги гидродинамик жараёнларни комплекс баҳолашга қаратилган бўлиб, унда конструктив тузилиш, газ ва суюқлик оқимларининг ҳаракат хусусиятлари, ўзгарувчи параметрлар диапазони ва гидравлик қаршиликнинг назарий-тажрибавий таҳлили ўзаро боғлиқ ҳолда ўрганилди. Қабул қилинган параметрлар оралиғи қурилманинг ишлаш соҳасини етарлича қамраб олди ва кейинги бўлимларда гидравлик қаршиликнинг φ_0, w ҳамда Σξ га боғлиқ ўзгариш қонуниятларини график ва таҳлилий кўринишда баён этиш учун асос яратди. 2-расмда ўзгарувчи параметрлар ва аниқланган қийматлар ўртасидаги боғлиқлик графиги келтирилган.



2-расм. Ўзгарувч параметрларнинг гидравлик қаршиликка боғлиқлиги.

Графиклар таҳлили шуни кўрсатадики, барботажли абсорбер қурилмасида гидравлик қаршилик қийматлари тадқиқ қилинган режимларда тахминан 6.47–9.61 кПа оралиғида ўзгарган. Хусусан, φ_0 = 0.0469 бўлганда ва Σξ = 2.82 ҳолатида назарий босим йўқотилиши 9603.19–9612.90 Па, тажрибавий қийматлар эса 9433.7–9968.58 Па ни ташкил этган. φ_0 қиймати 0.1658 гача оширилганда эса босим йўқотилиши пасайиб, Σξ = 2.18 ҳолатида

назарий қийматлар 6472.97–6478.85 Па атрофида бўлган. Демак, аппаратда босим ўзгариши асосан юқори қийматлардан паст қийматларга қараб шаклланган кузатилди 3-расмда.



3-расм. Барботажли абсорберда гидравлик қаршиликнинг φ₀, w ва Σξ параметрларга боғлиқ 3D тақсимланиш графиги.

Мухокама:

Бу ўзгариш, биринчи навбатда, ҳисоблаш тенгламасидаги $\rho g(H_0 - \varphi_0)$ гидростатик ташкил этувчи билан изоҳланади: φ_0 ортиши билан $(H_0 - \varphi_0)$ айирма камаяди ва шу сабабли умумий гидравлик қаршилик ҳам пасаяди. Иккинчи томондан, суюқлик тезлиги w = 0.021; 0.051; 0.081 м/с диапазонда ўзгарганда динамик ташкил этувчи, яъни $\Sigma\xi \cdot \rho w^2/2$ орқали босим йўқотилишига таъсир қилади. Аммо ушбу тажрибада w қийматлари нисбатан кичик диапазонда ўзгаргани учун босимнинг асосий силжиши φ_0 ва Σξ таъсири ҳисобига юзага келган. Σξ = 2.82 дан 2.18 гача камайиши ҳам маҳаллий қаршиликлар пасайишига олиб келиб, ΔP қийматларининг тегишлича пасайишини таъминлаган.

Шунинг учун графикларда гидравлик қаршиликнинг φ_0 ортиши билан камайиши, Σξ ортиши билан эса кўпайиши аниқ намоён бўлади. Назарий ва тажрибавий натижаларнинг ўзаро яқинлиги эса ушбу диапазонларда босим ўзгариш қонунияти тўғри аниқланганини кўрсатади; хатолик қийматлари асосан 1.8–3.7 % оралиғида сақланган. Бу ҳолат барботажли абсорбер қурилмасининг гидродинамик режимларини баҳолашда қабул қилинган ёндашув мақола учун етарлича ишончли эканини тасдиқлайди.

Хулоса:

Умумий хулоса сифатида айтиш мумкинки, барботажли абсорбер қурилмасида гидравлик қаршиликнинг ўзгариши асосан φ_0, суюқлик тезлиги w ва маҳаллий қаршилик коэффициентлари йиғиндиси Σξ га боғлиқ ҳолда кечади. Тадқиқот натижаларига кўра, босим йўқотилиши 6.47–9.61 кПа оралиғида ўзгарган бўлиб, φ_0 ортиши билан камайиши, Σξ ортиши билан эса кўпайиши аниқланди. Назарий ва тажрибавий натижаларнинг яхши мос келиши ҳамда хатоликнинг 1.8–3.7 % доирасида сақланиши қабул қилинган ҳисоблаш усули ва тажриба методикасининг ишончлилигини тасдиқлади. Шу билан бирга, барботажли абсорберларни ҳисоблаш ва лойиҳалашда тозаланадиган газнинг физик-кимёвий хусусиятларини, жумладан зичлиги, қовушқоқлиги, таркиби ва фаза ўзаро таъсир хусусиятларини ҳам албатта эътиборга олиш зарур. Чунки ушбу омиллар газ-суюқлик тизимидаги гидродинамик ҳолатга, пуфакчаланиш жараёнига ва натижада гидравлик қаршилик қийматига бевосита таъсир кўрсатади. Бундан ташқари, суюқлик учун мос абсорбент танлаш ҳам муҳим аҳамиятга эга, чунки абсорбентнинг зичлиги, қовушқоқлиги ва юза фаоллик хусусиятлари ўзгариши қурилмадаги босим йўқотилиши ва умумий гидродинамик режимнинг ўзгаришига олиб келади. Шу сабабли олинган натижалар барботажли абсорберларни ҳисоблаш, иш режимларини танлаш ва қурилмани янада

такомиллаштиришда амалий аҳамиятга эга.

Адабиётлар

[1]. Karimov, I., & Halilov, I. (2021). Hydrodynamics of Absorption Bubbling Apparatus. Bulletin of Science and Practice, 7(11), 210–219. https://doi.org/10.33619/2414-2948/72/26

[2]. Karimov, I. T., & Khursanov, B. J. (2023). Hydrodynamics of Fluid Transmission Capacity of Bubble Extractor Filter. European Journal of Emerging Technology and Discoveries, 1(2), 80–85.

[3]. Karimov, I., & Ibrohimov, K. (2024). Theoretical Study of the Hydrodynamics of a Bubble Absorption Apparatus. BIO Web of Conferences, 145, 03042. https://doi.org/10.1051/bioconf/202414503042

[4]. Karimov, I. T., & Ibrohimov, K. (2025). Experimental Studies on Determining Mass Transfer Between Gas and Liquid in a Bubble Absorption Apparatus. Universum: Khimiya i biologiya, 8(134), 4–10.

[5]. Karimov, I. T., & Khalilov, I. L. (2025). Hydraulic Resistance in The Mixing Zones of An Absorption Apparatus. American Journal of Applied Science and Technology, 5(10), 251–254. https://doi.org/10.37547/ajast/Volume05Issue10-43

[6]. Isomidinov, A., & Muidinov, A. (2025). Determination of Load Range for Gas and Liquid Phases in Rotor-Filter Apparatus. Universum: Tekhnicheskie nauki, 5(134).

[7]. Isomidinov, A. S., Khoshimov, A. O., & Askarova, G. M. (2025). Hydrodynamic Performance Analysis of a Rotary Dust Removal System. American Journal of Applied Science and Technology, 5(10), 240–245. https://doi.org/10.37547/ajast/Volume05Issue10-41

[8]. Isomidinov, A., Abdulazizov, A., Yusupov, D., & Olimjonov, A. (2025). Theoretical Basis of Cascade Dryer Aerodynamics and Evaluation of Variable Parameters. American Journal of Applied Science and Technology, 5(11), 63–67. https://doi.org/10.37547/ajast/Volume05Issue11-12

[9]. Isomidinov, A., & Mullajonova, M. (2025). Aerodynamic Resistance of Basalt and Glass Fiber-Based Fabrics Used in Baghouse Filters. Universum: Tekhnicheskie nauki, 4(133).

[10]. Kamolov, B. S., Kurbanov, A. A., & Sattorov, L. K. (2023). Features of Filtration of Industrial Gases from Dust with a Basalt Filter. E3S Web of Conferences, 411, 01036. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341101036.

ERKAKLAR KIYIMLARI ASSORTIMENTINI TAHLIL QILISH

M.S. Abduraximova

Farg‘ona davlat texnika universiteti
ORCID:0009-0007-5631-5561
manzuraabduraximova5@gmail.com

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotasiya. *Ushbu maqolada erkaklar pidjakining tasnifi va pidjak turlarining xususiyatlari taqdim etiladi . Erkaklar pidjakini retrospektiv tahlil qilish haqida kerakli ma’lumotlar yoritilgan.*

Kalit so‘zlar: *tugmalanish turi, markaziy, ikki qatorli tugmali, uslub, inglizcha, italyancha, amerikancha, fransuzcha, vazifasi, nograsmiy, kundalik uslub, moda trendi, ishbilarmonlik, pidjak- shim, pidjak va nimcha va v.h k.*

Аннотация. *в данной статье представлена классификация мужских костюмов и характеристика типов пиджаков. Представлена необходимая информация о ретроспективном анализе мужского пиджака.*

Ключевые слова: *тип пуговицы, центральная, двухрядная пуговица, стиль, английский, итальянский, американский, французский, функциональный, неформальный, повседневный стиль, модный тренд, деловой, брючный пиджак, и т.д*

Abstract. *This article presents a classification of men's suits and a description of the types of jackets. It provides necessary information about the retrospective analysis of men's jackets.*

Keywords: *button type, central button, double-row button, style, English, Italian, American, French, functional, informal, casual style, fashion trend, business, trouser jacket, etc.*

Kirish. Erkaklar pidjaklarini ishlab chiqarish juda muhim hisoblanadi. Chunki,bu mahoratini egallashning ahamiyatini e'tiborsiz qoldirib bo‘lmaydi. Moda sanoatida bu mahorat dizaynerlar, tikuvchilar va kiyim-kechak ishlab chiqaruvchilari uchun zarur bo‘lib, ular erkaklar fizikasini mukammal ravishda to‘ldiradigan kiyimlarni yaratishga intiladi. Bundan tashqari, biznes, moliya va mehmondo‘stlik kabi sohalardagi mutaxassislar kuchli va ishonchli taassurot yaratish uchun yaxshi

tikilgan pidjaklarga tayanadilar. Ushbu mahoratni oshirib, odamlar o‘zlarining martaba o‘sishi va muvaffaqiyatlarini oshirishlari mumkin, chunki bu ularga raqobatbardosh mehnat bozorida ajralib turishga va professionallik va tafsilotlarga e'tibor berish imkonini beradi.

Uzoq vaqt davomida erkaklar modasi ayollar modasiga qiziqish soyasida qoldi. Biroq, so‘nggi yillarda bu erkaklar modasi, muhim o‘zgarishlarni boshdan kechirigan, dunyoda yetakchi o‘rinlarni egalladi. Buning tabiiy natijasi-jamiyatning erkaklar pidjaki tarixiga bo‘lgan e'tiborining oshishiga olib keldi.Erkaklar pidjaki yuqori qismga tegishli kiyim-kechak va ikkita narsadan iborat to‘plam – pidjaki va shimi, yoki uchtadan-pidjak, shim va nimchasidir. Erkak pidjakini tasniflash bir qator xususiyatlarga ko‘ra amalga oshirilishi mumkin: maqsadi, uslubi, dizayni. Biznes pidjaki erkaklar garderobining asosiy elementlaridan biridir. Erkakning shaxsiyati pidjakning rangi va uslubini tanlashga asoslangan[4].

Asosiy qism. Bugungi kunda shakllangan klassikaning bir nechta asosiy uslub turlari mavjud: inglizcha, italyancha, fransuzcha va amerikancha. Har bir tur uslub xususiyatlari bilan ajralib turadi, tafsilotlar, moslik darajasi, yelka qismining dizayni va boshqalar.

1.Klassik pidjak: odatda, pidjak va shimdan, kamroq hollarda esa nimchadan (jilet) iborat bo‘ladi; unga ko‘ylak (sorochka), galstuk (yoki «kapalak-galstuk») va klassik oyoq kiyimlar qo‘shiladi; ba’zan shlyapa, ko‘krak cho‘ntagi uchun dastro‘mol, yeng tugmasi ya’ni zaponka hamda cho‘ntak soati (zanjiri nimchaning tugma teshiklaridan o‘tkaziladi) bilan to‘ldiriladi.

Erkaklar pidjakini loyihalashda, ayniqsa Markaziy tikuvchilik sanoati ilmiy-tadqiqot instituti (TsNIISHP) uslubi bo‘yicha konstruksiya yaratishda, yelka uyum- larining qomatga ideal o‘tirishi (posadka) eng muhim bosqich hisoblanadi. Bunda nafaqat asosiy qismlar, balki pidjakning ichki detallari - bortovka va yelka yostiqchalari ham klassik siluetni shakllantirishda katta rol o‘ynaydi.

Zamonaviy yondashuvda matoning xususiyatlaridan kelib chiqib, kiyimning sifatini oshirish uchun konstruksiyadagi ashyoviy qo‘shimchalar aniq hisoblab chiqiladi.Klassik pidjakning rivojlanish tarixi juda qiziqarli va u uzoq davr mobaynida o‘zgarib kelgan. Ushbu ma'lumotlarning o‘zbek tilidagi qisqacha mazmuni quyidagicha:

Klassik pidjakning shakllanish tarixi:

Klassik pidjakning ildizlari XVII asrning o‘rtalariga, Fransiya qiroli Lyudovik XIV saroyiga borib taqaladi. Keyinchalik bu moda Buyuk Britaniyaga o‘tdi va aynan o‘sha yerda XIX asr boshlarida zamonaviy pidjakning dastlabki ko‘rinishi paydo bo‘ldi[2].

Pidjak tarkibi asrlar davomida quyidagicha o‘zgarib bordi:

XVII asr: Syurtuk, jaboli (fodorli) oq bluza, kamzul, brij (kaltashim), paypoq va tuflilar.XVIII-XIX asrlar: Jaboning o‘rnini bo‘yinbog' (ro‘mol) egalladi, ko‘ylaklar torroq bichimga keldi, shimlar esa uzaydi. Shuningdek, silindr va xassalar urfga kirdi.XX asr boshlari: Birinchi jahon urushigacha aristokratlar uchun oq qo‘lqop kiyish majburiy edi.

1-rasm.Klassik va ikki bortli pidjak.

1960-yillar: Bu davrgacha pidjakning ajralmas qismi bo‘lgan nimcha (jilet) va shlyapalar ommaviyligini yo‘qota boshladi. Shundan so‘ng, hozirgi kungacha yetakchilik qilayotgan bir bortli “dvoyka” (ikki qismli) pidjaklar modaga kirdi.

Ilmiy va amaliy jihatdan:

Pidjak tarixini o‘rganish nafaqat dizayn, balki kiyim konstruksiyasidagi o‘zgarishlarni tushunish uchun ham juda muhim.

Masalan, erkaklar yelkali kiyimi (pidjak) bichimini takomillashtirish va mato xususiyatlarini inobatga olgan holda kiyimning qomatga mosligini yaxshilashda ushbu tarixiy o‘zgarishlar asos bo‘lib xizmat qiladi [1].

2.Ikki bortli pidjak: nufuz va yuqori mavqe (status) bilan bog'liq tasavvur-larni uyg‘otadi: bunday modellarni o‘z tashqi ko‘rinishiga yetarli darajada vaqt, e’tibor va resurs ajratish imkoniyatiga ega bo‘lgan erkaklar tanlaydilar.To‘g‘ri, erkaklar pidjaki qanchalik salobatli ko‘rinsa, unga qo‘yiladigan talablar ham shunchalik yuqori bo‘ladi: poyabzal, ko‘ylak va galstuk ham albatta zamonaviy hamda mos bo‘lishi shart.

3.Norasmiy uslubdagi pidjak: Metroda yurishni yoki bir uchrashuvdan ikkinchisiga o‘ta jiddiy ikki bortli pidjak yohud komplekt - uchlik pidjaklarda borishni tasavvur qilish qiyin. Shaharning jo‘shqin hayotida yashaydigan erkaklar uchun noformal variantlar yordamga keladi.

2-rasm.Norasmiy uslubdagi pidjak.

Kaltaroq sport uslubidagi shimlar,futbolkalar,sviterlar bilan birgalikda charm oyoq kiyimlar,krassovkalar va zamonaviy skecherslar bilan kiyish mumkin. Shuningdek, didsiz ko‘rinishdan qo‘rqmasdan, ularni alohida (komplekt bo‘lmagan) pidjaklar bilan ham boyitish mumkin. Norasmiy pidjak faqat yanada ijodiy zamonaviy stilistik kontseptsiyani nazarda tutadi. Ushbu turdagi erkaklar kiyimlari ko‘proq moda tendentsiyalariga mos keladi, biznes sharoitidan tashqarida foydalanish uchun mo‘ljallangan.

4.Och rangli pidjak: 2025-2026 yillar modasida qora va to‘q ko‘k rangli pidjaklar o‘rnini sarg‘ish, kulrang, nafis pushti va och moviy rangdagilar egallamoqda.Ushbu pidjaklar zig‘ir (len), kashmir va yupqa jundan tayyorlangan bo‘lib, iliq ob-havoda kiyish uchun juda qulaydir[3].

5.Printli - sernaqsh pidjak: Printlar har doim ham retro uslubini anglatmaydi. Ingichka chiziq va nafis katak gullar klassik modellarda juda nozik va ta’sirchan ko‘rinadi.Muhim jihati shundaki: hatto eng ko‘zga tashlanmaydigan print ham bir rangli matoga qaraganda ko‘proq e’tiborni tortadi.

3-rasm. Och rangli pidjak.

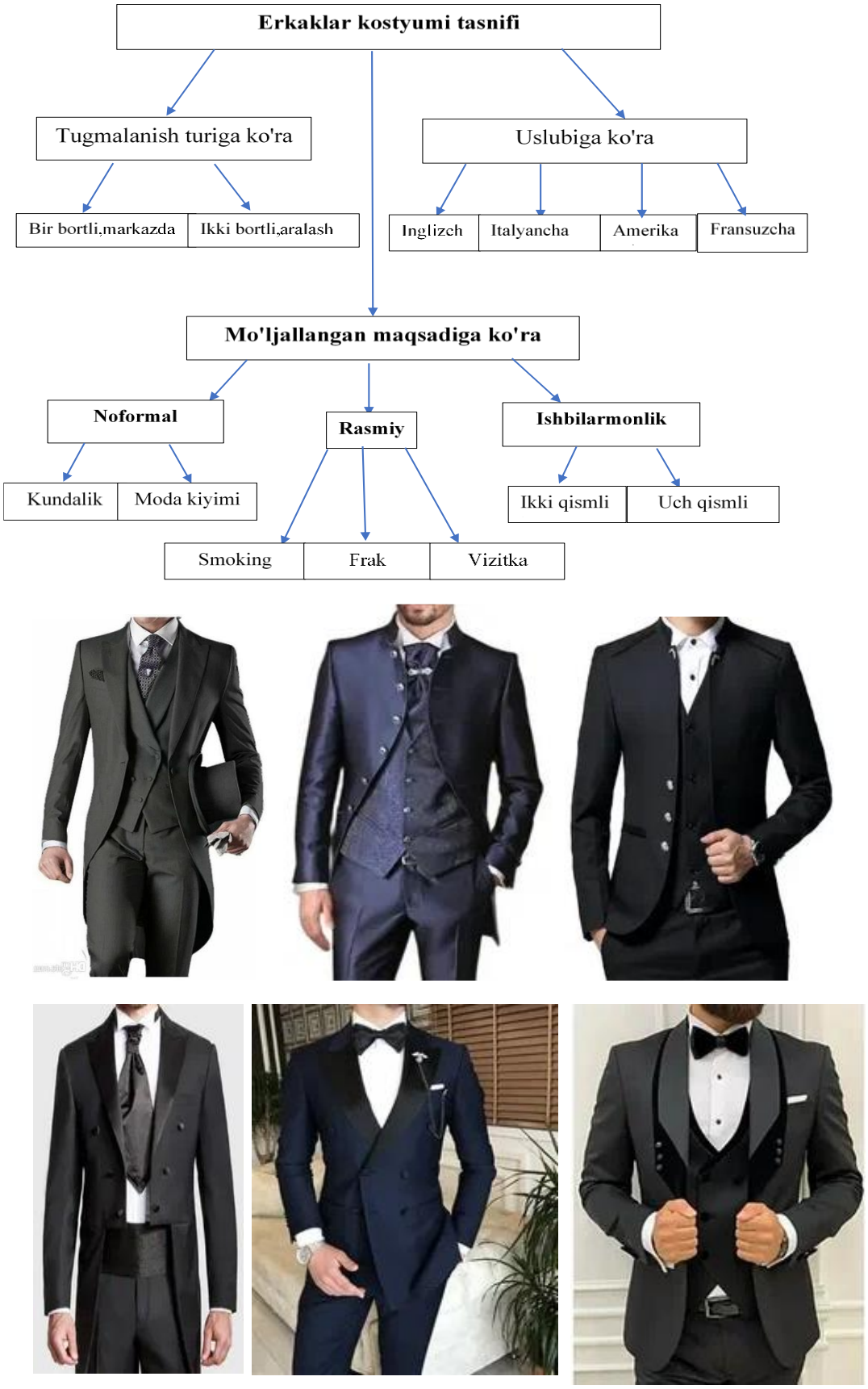
4-rasm. Printli - sernaqsh pidjak.

Katak-katak modelni chiziqli ko‘ylak bilan (yoki aksincha) moslashtirish mumkin - zamonaviy moda qoidalari buni taqiqlamaydi. Ammo, universal variant

Qidirayotganlar uchun, bir rangli och ko‘ylak har qanday shubhalarga o‘rin qoldirmaydi .

6. Maxsus holatlar uchun pidjak: To‘ylar, yubileylar, taqdirlash marosimlari, teatr premyeralari va boshqa tantanali tadbirlar uchun garderobda albatta, qomatga ideal darajada o‘tirgan pidjak, smoking bo‘lishi shart.Smoking shimi kamar (remon)siz kiyiladi.Smoking faqat qora rangli poyabzal bilan kiyiladi — bu o‘rinda laklangan tuflilar juda mos keladi.

An’anaga ko‘ra, obrazni kapalak-galstuk yakunlab beradi. Uni tayyor holdagisidan ko‘ra, o‘z qo‘lingiz bilan bog‘laganingiz yanada afzalroqdir [5].



5-rasm. Maxsus holatlar uchun pidjak.

Erkaklar pidjakining tasniflanishi quyidagi sxemada taqsimlanganligini ko‘rishimiz mumkin.Bu yerda texnologik xususiyatlar berilgan erkaklar pidjakini ishlab chiqarish xususiyatlari aniq va tushunarli tarzda yoritib berilgan.Ushbu xususiyatlardan foydalanib bugungi kunda erkaklar

pidjaklarini eng ko‘p klassik uslubdagi turlari eng ko‘p ishlab chiqarilmoqda.

Xulosa. Erkaklar pidjakining tasnifi asosan texnologik xususiyatlar asnosida ishlab chiqarishlishi ,binga esa bir necha yillardan beri o‘z tashqi ko‘rinishini o‘zgartirgan tarixni va konstruktiv ,uslubiy yechimlarning retrospektiv tahlillar bir nechta turdagi pidjaklarni aniqlashga imkon berdi deyish mumkin. Pidjakning tasnifi quyidagicha yoritilgan:tugmalanish turiga ko‘ra: markaziy - bir qatorli tugmali; surilgan - ikki qatorli tugmali,uslubiga ko‘ra: inglizcha ; italyancha; amerikancha;fransuzcha,vazifasiga ko‘ra: nograsmiy -kundalik uslub, moda trendidagi kiyim; rasmiy-tantanali-smoking,frak,vizitka - maxsus uzun pidjak turi;ishbilarmonlik-ikki qismli pidjak-shim va pidjak, uch qismli pidjak- shim,pidjak va nimcha.

Adabiyotlar

[1]. Красавец мужчина. Русский модник середины XVIII - начала XIX века / Авт.-сост. Н.М.Виноградова. – М.: Исторический музей , 2017.

[2]. Погорелова М.Л., Денисова О.И., Петрова Т.В. Исследование формообразования и реконструкция комплекса мужской плечевой и поясной одежды XVII века // Вестник Костромского гос. технолог. ун-та. – 2010, №.3(25). С.88...90.

[3]. Погорелова М.Л., Денисова О.И. Выполнение реконструкции исторического костюма в рамках научно-исследовательской работы студентов // Мат. Междунар. научн.-практич. конф.: Взаимодействие высшей школы с предприятиями легкой промышленности: наука и практика. – 2013. С.157...158.

[4]. Денисова О.И., Погорелова М.Л., Лезина И.А. Системный подход к исторической реконструкции швейных изделий // Вестник КГУ им. Н.А. Некрасова.– 2010. Т.16, №24. С.57...60.

[5]. Погорелова М.Л., Суслов И.А. Способы формирования познавательного интереса к историческому костюму // Изв. вузов. Технология текстил .

TUTUN-GAZ ARALASHMASINI TOZALASH UCHUN ROTORLI-DINAMIK APPARAT KONSTRUKSIYASINI ASOSLASH

A.S. Isomidinov, mustaqil izlunuvchi A.A. Xoshimov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
webmail: azizjon.isomidinov@fstu.uz

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Maqolada chiqindi poligonlarida maishiy chiqindilarni nazoratsiz yoki yarim nazoratli yoqish jarayonida hosil bo‘ladigan tutun-gaz aralashmasini ho‘l usulda tozalash uchun rotorli-dinamik apparat konstruksiyasini tanlash va asoslash masalasi ko‘rib chiqildi. Tadqiqotda ob’ekt sifatida tarkibida CO, CO_2, NOx, SO_2, HCl, uchuvchan organik birikmalar, suv bug‘i hamda 2–5 mkm diapazondagi mayda dispers kul-kuyindi zarrachalari mavjud bo‘lgan tutun oqimi qabul qilindi. Mavjud apparatlar — siklon, Venturi skrubberi, nasadkali skrubber va rotorli-dinamik ho‘l apparat — konstruktiv-funksional mezonlar asosida qiyosiy baholandi. Hisobiy tahlil natijalariga ko‘ra, mayda dispers zarrachalarni tomchi, namlangan yuza va aylanma oqim bilan ko‘p martalab to‘qnashtirish imkoniyati rotorli-dinamik apparatni mazkur sharoit uchun istiqbolli yechim sifatida ajratib ko‘rsatadi. Maqolada hisobiy kirish parametrlari, polidispers fraksion tarkib, apparat tanlash mezoni va tavsiya etiladigan ishchi organlar ilmiy asosda bayon qilindi.*

Kalit so‘zlar: *chiqindi poligoni, tutun-gaz aralashmasi, $PM_{2.5}$, PM_{10}, ho‘l tozalash, rotorli-dinamik apparat, skrubber, mayda dispers chang, shlam, ekologik xavfsizlik.*

Аннотация. *В статье рассмотрены вопросы выбора и обоснования конструкции роторно-динамического аппарата для мокрой очистки дымогазовой смеси, образующейся при неконтролируемом или частично контролируемом сжигании твёрдых бытовых отходов на полигонах. В качестве объекта исследования принят дымовой поток, содержащий CO, CO_2, NO_x, SO_2, HCl, летучие органические соединения, водяной пар, а также мелкодисперсные зольно-сажевые частицы размером 2–5 мкм. Проведена сравнительная оценка существующих аппаратов — циклона, скруббера Вентури, насадочного скруббера и роторно-динамического мокрого аппарата — по конструктивно-функциональным критериям. Результаты расчётного*

анализа показали, что возможность многократного взаимодействия мелкодисперсных частиц с каплями жидкости, смоченными поверхностями и закрученным газовым потоком позволяет рассматривать роторно-динамический аппарат как перспективное решение для данных условий. В статье на научной основе изложены расчётные входные параметры, полидисперсный фракционный состав частиц, критерии выбора аппарата и рекомендуемые рабочие органы.

Ключевые слова: *полигон твёрдых бытовых отходов, дымогазовая смесь, $PM_{2.5}$, PM_{10}, мокрая очистка, роторно-динамический аппарат, скруббер, мелкодисперсная пыль, шлам, экологическая безопасность.*

Abstract. *The article substantiates the choice of a rotor-dynamic wet apparatus for cleaning smoke-gas mixtures formed during uncontrolled or semi-controlled burning of municipal solid waste at landfill sites. The considered gas stream contains CO, CO_2, NOx, SO_2, HCl, volatile organic compounds, water vapour and fine ash-soot particles mainly in the 2–5 μm range. Cyclone, Venturi scrubber, packed scrubber and rotor-dynamic wet apparatus were compared by constructive and functional criteria. The calculated analysis shows that repeated interaction of fine particles with droplets, wetted surfaces and swirling flow makes the rotor-dynamic wet apparatus a promising solution for the considered conditions. The article presents the accepted input parameters, polydisperse particle distribution, selection criterion and recommended working elements.*

Keywords: *landfill, smoke-gas mixture, $PM_{2.5}$, PM_{10}, wet scrubbing, rotor-dynamic apparatus, fine dust, sludge, environmental safety.*

Kirish

Chiqindi poligonlarida maishiy chiqindilarni ochiq yoqish atmosfera havosini ifloslantiruvchi manbalardan biri hisoblanadi. Bunday jarayonda chiqindi morfologik tarkibi, namligi, kislorod bilan ta’minlanishi va yonuvchi massa harorati bir maromda saqlanmaydi. Shu sababli tutun-gaz aralashmasi tarkibida to‘liq yonmagan organik birikmalar, kislotali gazlar, kul, qora uglerod va kondensatsion aerozollar bir vaqtning o‘zida uchraydi. Bunday aralashma oddiy mineral changdan farq qiladi: u nam, kimiyoviy jihatdan faol va korrozion ta’sirga ega bo‘lishi mumkin.

AQSh EPA tasnifiga ko‘ra, PM_{10} diametri 10 mkm va undan kichik nafas olinadigan zarrachalarni, $PM_{2.5}$ esa diametri 2,5 mkm va undan kichik mayda zarrachalarni ifodalaydi [1]. Demak, tadqiqotda qabul qilingan 2–5 mkm diapazon nafaqat PM_{10} fraksiyasining, balki $PM_{2.5}$ ga yaqin eng xavfli mayda dispers qismning ham muhandislik hisoblarida alohida inobatga olinishi kerak bo‘lgan sohasini tashkil etadi. Ochiq chiqindi yoqishda qora uglerod, metan va mayda dispers zarrachalar ajralishi haqida xalqaro manbalarda ham alohida ta’kidlanadi [2, 3].

Siklonli apparatlar yirik zarrachalarni inersion ajratish uchun qulay bo‘lsa-da, 2–5 mkm diapazonida inersion kuchlar pasayadi va ushlash samaradorligi keskin cheklanadi. Venturi skrubberlari mayda zarrachalar uchun yuqori samara berishi mumkin, biroq katta gidravlik qarshilik va yuqori energiya sarfi talab qiladi. Nasadkali skrubberlarda gaz-suyuqlik kontakti yaxshi bo‘lsa ham, kul-kuyindi va shlam hosil bo‘ladigan muhitda tiqilib qolish xavfi mavjud. Shu nuqtai nazardan, korpus ichida aylanma oqim, tomchi-parda kontakti va shlamni pastki konusga ajratish jarayonlarini birlashtiradigan rotorli-dinamik ho‘l apparat alohida ilmiy-amaliy qiziqish uyg‘otadi.

Maqolaning maqsadi — chiqindi poligonlarida chiqindilarni yoqishdan hosil bo‘ladigan mayda dispers tutun-gaz aralashmasini tozalash uchun rotorli-dinamik ho‘l apparatni hisobiy-analitik tarzda asoslash, mavjud apparatlar bilan qiyoslash va takomillashtirish uchun zarur ishchi organlarni tanlashdan iborat.

Materiallar va metodlar

Tadqiqot hisobiy-analitik usulda bajarildi. Kirish ma’lumotlari sifatida chiqindi poligonida turli morfologik tarkibga ega maishiy chiqindilarning yonishidan hosil bo‘ladigan tutun-gaz oqimining ehtimoliy tarkibi, harorati, namligi, kislotaliligi va chang zarrachalarining dispers tarkibi qabul qilindi. Maqola eksperimental sinov bayonnomasi emas, balki konstruksiyani tanlash va dastlabki muhandislik asoslash bosqichini ifodalaydi. Shu sababli natijalar “hisobiy” va “loyihaviy” qiymatlar sifatida talqin qilinadi.

1-jadval.

Tutun-gaz aralashmasining qabul qilingan hisobiy tarkibi

Komponent	Qabul qilingan diapazon	Texnologik-ekologik izoh
N_2	55–67 % hajmiy	Asosiy inert tashuvchi gaz; oqim zichligi va issiqlik sig‘imiga ta’sir qiladi.
CO_2	8–16 % hajmiy	To‘liq yongan uglerodli komponentlar mahsuloti.
H_2O bug‘i	10–20 % hajmiy	Chiqindi namligi va yonish mahsuloti; kondensatsiya jarayonini belgilaydi.
O_2	5–12 % hajmiy	Ortiqcha havo yoki kislorod yetishmasligini baholash uchun zarur.
CO	10–5000 mg/m³	To‘liq bo‘lmagan yonganlik ko‘rsatkichi; toksik komponent.
NOx	100–500 mg/m³	Yonish harorati va azotli birikmalarga bog‘liq.
SO_2	20–400 mg/m³	Oltingugurtli komponentlar yonishidan hosil bo‘ladi.
HCl	50–2000 mg/m³	Xlorli plastmassa va tuzlar sababli paydo bo‘ladi; korrozion faol.
VOC/PAH	o‘zgaruvchan	Past haroratli piroliz va organik chiqindilar parchalanishi mahsuloti.
Chang/kul/soot	100–5000 mg/m³	Kul, qora uglerod, tuzlar, kondensatsion aerozol va metall qo‘shimchalar.

Gaz tozalash apparatiga kiruvchi oqim uchun harorat 80–180 °C, gaz zichligi 0,75–1,05 kg/m³, dinamik qovushqoqlik $(2{,}0–2{,}5)\cdot10^{-5}$ Pa·s va chang konsentratsiyasi 100–5000 mg/m³ oralig‘ida qabul qilindi. Bu diapazonlar poligon sharoitidagi noaniqlikni hisobga olish uchun keng berildi; loyihalashda xavfsiz tomondan yuqori konsentratsiya va yuqori kislotalilik holati tanlanadi.

2-jadval.

Hisobiy fizik-kimyoviy parametrlar

Ko‘rsatkich	Qiymat/diapazon	Hisobdagi ahamiyati
Harorat, T	80–180 °C	Suv bug‘lanishi, gaz zichligi va material tanlashga ta’sir qiladi.
Gaz zichligi, ρ_g	0,75–1,05 kg/m³	Gidravlik qarshilik va Reynolds sonini hisoblashda qo‘llanadi.
Qovushqoqlik, μ_g	$(2{,}0–2{,}5)\cdot10^{-5}$ Pa·s	Oqim rejimi va tomchi-zararcha to‘qnashuvi baholanadi.
Issiqlik sig‘imi, c_p	1,05–1,18 kJ/(kg·K)	Sovitish va namlash balansini baholash uchun zarur.
Kislotalilik	HCl, SO_2, SO_3 mavjud	Korroziyaga chidamli material va ishqoriy yuvuvchi muhit talab qiladi.
Chang dispersligi	asosiy interval 2–5 mkm	Ho‘l dinamik tozalash usulini tanlashga asos bo‘ladi.

Changning dispers tarkibi hisobiy fraksiyalar bo‘yicha baholandi. Zararchaning ekvivalent diametri mikroskopik tasvir yoki morfometrik tahlil natijasidan quyidagi ifoda orqali aniqlanishi mumkin:

$$d_{eq} = \sqrt{\frac{4A}{\pi}} \tag{1}$$

бунда A — zarracha proeksiya maydoni, mkm². Polidispers taqsimot uchun median diametr d_{50} kumulyativ taqsimotning 50 % nuqtasi orqali topiladi. Ushbu maqolada hisobiy holat sifatida $d_{50} \approx 3{,}3$ mkm qabul qilindi.

3-jadval.

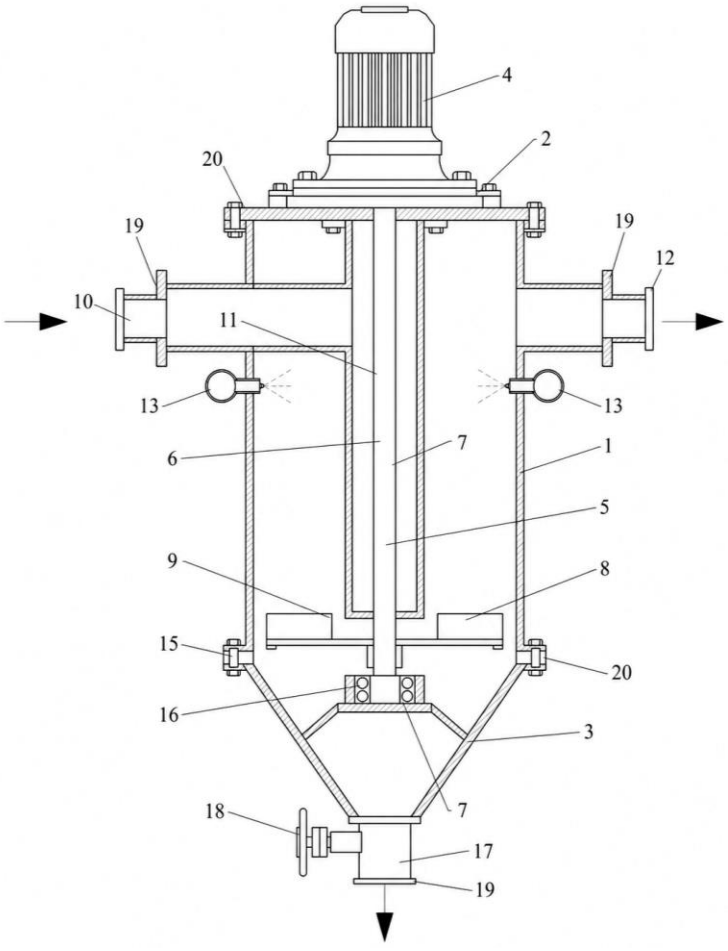
Tutun changi fraksion tarkibining hisobiy taqsimoti

Fraksiya, mkm	Ulush, %	Tavsif
0,5–1,0	5	Mayda kondensatsion aerozol va qora uglerod.
1,0–2,0	15	$PM_{2.5}$ tarkibiga yaqin mayda zarrachalar.
2,0–3,0	25	Asosiy mayda dispers intervalning quyi qismi.
3,0–5,0	35	Modal interval; ushlash samaradorligiga eng kuchli ta’sir qiladi.
5,0–10,0	15	PM_{10} fraksiyasi; inersiya va namlanish orqali yaxshi ushlanadi.
>10,0	5	Yirik kul va mexanik qo‘shimchalar; dastlabki ajralish oson.

Apparatlarni qiyosiy baholashda beshta asosiy mezon tanlandi: 2–5 mkm zarrachalarni ushlash imkoniyati, gidravlik qarshilik, suyuqlik sarfi, korrozion muhitga moslik va shlam bilan ishlash qulayligi. Har bir mezon 1 dan 5 ballgacha baholandi. Ball qiymatlari adabiyot ma’lumotlari, apparatlarning umumiy ishlash prinsipi va mazkur ob’ektning xususiyatlaridan kelib chiqqan holda tanlandi. Integral baholash quyidagi ko‘rinishda yozildi:

$$K_{int} = \Sigma\, w_j \cdot b_{ij}, \quad \Sigma w_j = 1 \qquad (2)$$

bu yerda b_{ij} — i-apparatning j-mezon bo‘yicha balli, w_j — mezonning vazn koeffitsienti.



1-rasm. Rotorli-dinamik ho‘l apparatning konstruktiv sxemasi: korpus, yon kirish-chiqish patrubkalari, purkagichlar, markaziy val, aylantiruvchi element va pastki shlam yig‘gich.

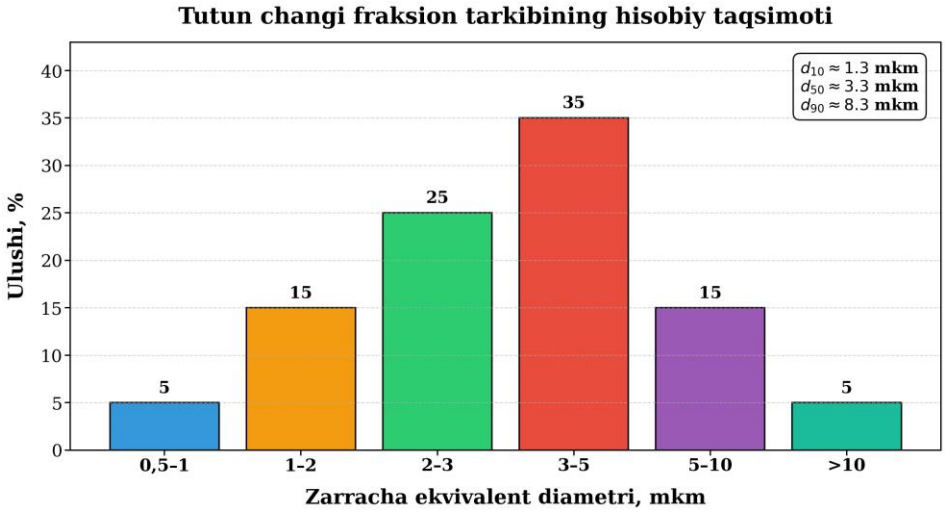
Mayda dispers changni ushlash va shlam bilan ishlash mezonlariga yuqoriroq vazn berildi, chunki tadqiqot ob’ekti nam, korrozion va mayda zarrachali tutun oqimi hisoblanadi.

Natijalar.

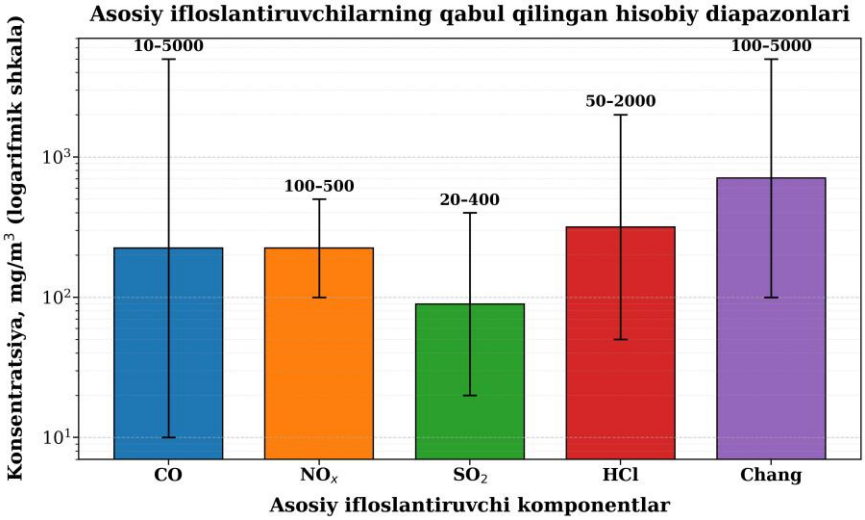
Hisobiy tahlilda tutun-gaz aralashmasi tarkibidagi ifloslantiruvchilarning konsentratsiyalari keng diapazonda o‘zgarishi aniqlandi. Ayniqsa, HCl va SO_2 kabi kislotali gazlar ho‘l muhitda suyuq fazaga o‘tishi mumkin bo‘lgani uchun apparat materiallari va yuvuvchi suyuqlikning pH rejimi alohida nazorat qilinishi kerak. Chang konsentratsiyasi 100–5000 mg/m³ oralig‘ida qabul qilinishi apparatning shlam hosil bo‘lish rejimiga katta ta’sir ko‘rsatadi.

Changning fraksion tahlili 2–5 mkm diapazon asosiy modal interval ekanini ko‘rsatdi. 2–3 mkm fraksiya 25 %, 3–5 mkm fraksiya 35 % ulushni tashkil etsa, umumiy hisobda 2–5 mkm interval 60 % ga yetadi. Bu natija quruq inersion ajratishdan ko‘ra tomchi-zararcha kontakti,

namlanish, koagulyatsiya va aylanma oqim ta’sirini birlashtiradigan ho‘l dinamik apparat tanlash zarurligini asoslaydi.



3-rasm. Tutun changi zarrachalarining hisobiy fraksion taqsimoti va median diametri.



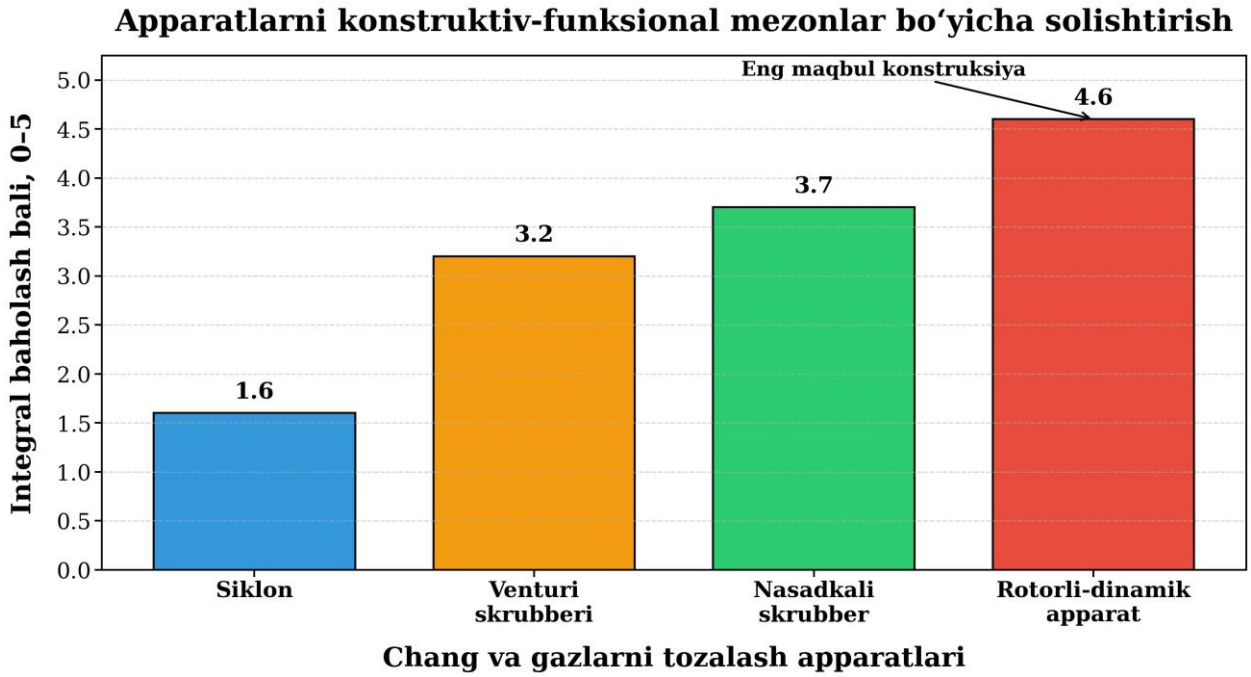
2-rasm. Tutun-gaz aralashmasidagi asosiy ifloslantiruvchilarning hisobiy konsentratsiya diapazonlari.

4-jadval.

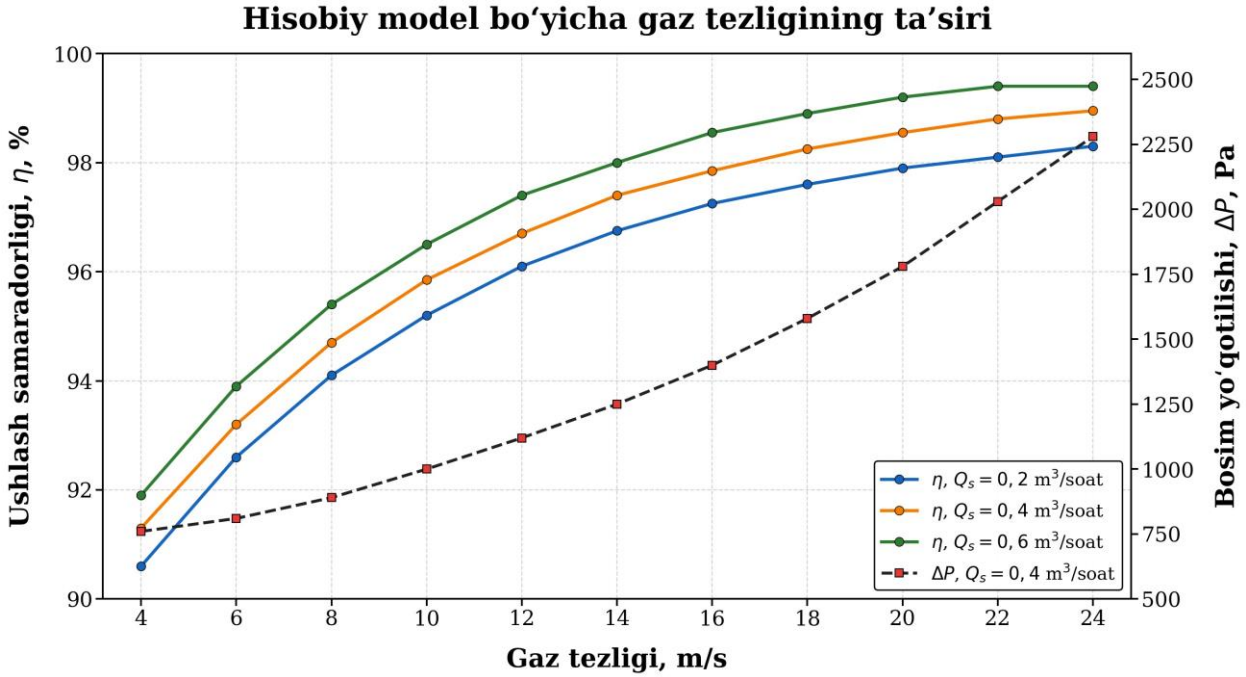
Gaz tozalash apparatlarini konstruktiv-funksional mezonlar bo‘yicha qiyosiy baholash

Apparat turi	2–5 mkm ushlash	ΔP	Suv sarfi	Korroziyaga moslik	Shlam bilan ishlash	Umumiy xulosa
Siklon	1	4	5	2	2	Yirik zarrachalar uchun qulay, mayda fraksiya uchun yetarli emas.
Venturi skrubberi	5	1	2	3	3	Samara yuqori, lekin gidravlik qarshilik va energiya sarfi katta.
Nasadkali skrubber	4	3	3	4	2	Gaz-suyuqlik kontakti yaxshi, ammo shlamli muhitda tiqilish xavfi bor.
Rotorli-dinamik ho‘l apparat	5	4	4	4	5	Mayda dispers, nam va shlamli tutun oqimi uchun eng maqbul yechim.

Qiyosiy baholash natijasida rotorli-dinamik ho‘l apparatning ustunligi quyidagi omillar bilan izohlanadi: birinchidan, yon kirish patrubkalari gaz oqimini korpus ichida tekis taqsimlash va aylanma harakatga keltirishga xizmat qiladi; ikkinchidan, purkagich-forsunkalar mayda tomchilar hosil qilib, zarrachalarni namlash va aglomeratsiyalashni kuchaytiradi; uchinchidan, markaziy aylanuvchi val va divertor elementlari turbulentlikni oshirib, tomchi-zararcha to‘qnashuvlarini ko‘paytirishi mumkin; to‘rtinchidan, pastki konussimon qism shlamni yig‘ish va uzluksiz chiqarishni ta’minlaydi.



4-rasm. Apparatlarni integral baholash natijasi.



5-rasm. Hisobiy model bo‘yicha gaz tezligi, suyuqlik sarfi, ushlash samaradorligi va bosim yo‘qotishi o‘rtasidagi bog‘liqlik.

Gaz tezligi va suyuqlik sarfi ta’sirini baholash uchun hisobiy samaradorlik va bosim yo‘qotishi grafiklari qurildi. Ushbu grafiklar tajriba natijasi sifatida emas, balki qurilma parametrlarini tanlashda tendensiyani ko‘rsatuvchi dastlabki muhandislik modeli sifatida keltirildi.

Gaz tezligi oshganda zarracha-tomchi to‘qnashuv ehtimoli ortishi hisobiga samaradorlik ko‘tariladi, biroq ma’lum qiymatdan keyin bosim yo‘qotishi tez o‘sadi.

Hisobiy grafiklar asosida v = 14–18 m/s va Qs = 0,4–0,6 m^3/soat diapazonlari dastlabki maqbul ishlash sohasi sifatida qabul qilindi. Bu sohada mayda dispers zarrachalar uchun yuqori kontakt ehtimoli saqlanadi, bosim yo‘qotishi esa juda keskin oshib ketmaydi. Loyihalashning keyingi bosqichida ushbu diapazonlar laboratoriya stendida gaz sarfi, tomchi diametri, forsunka bosimi va shlam konsentratsiyasi bo‘yicha tekshirilishi lozim.

Muhokama.

Olingan natijalar rotorli-dinamik ho‘l apparatni chiqindi poligoni tutun-gaz oqimi uchun tanlashda asosiy e’tibor mayda dispers zarrachalarni ushlash mexanizmiga qaratilishi kerakligini ko‘rsatadi. 2–5 mkm zarrachalar oddiy gravitatsion cho‘kish orqali deyarli samarali ajralmaydi. Ular uchun inersion to‘qnashish, tomchi sirtida tutib qolish, nam plyonkaga yopishish, kondensatsion o‘sish va koagulyatsiya mexanizmlari birgalikda ishlashi muhim. Ho‘l skrubberlarda ayrim submikron zarrachalarning samarali ushlanishi qiyinligi ilmiy adabiyotlarda ham ko‘rsatiladi; shu sababli tomchi va zarracha kontaktini kuchaytirish konstruktiv jihatdan asosli hisoblanadi [7].

Venturi skrubberi mayda zarrachalarni ushlashda kuchli raqobatchi apparat bo‘lishi mumkin. Biroq uning asosiy kamchiligi — katta gidravlik qarshilik va shu bilan bog‘liq energiya sarfi. Chiqindi poligonlarida gaz sarfi va tarkibi barqaror bo‘lmagani sababli, faqat yuqori tezlikli Venturi prinsipiga tayanish ekspluatatsiya xarajatlarini oshirishi mumkin. Nasadkali skrubber esa kislotali gazlarni suyuq fazaga o‘tkazishda qulay bo‘lsa-da, kul va shlam miqdori yuqori bo‘lgan muhitda nasadka oraliqlarining ifloslanishi va gidravlik rejimning buzilishi ehtimoli mavjud.

Rotorli-dinamik apparatning afzalligi uning bir nechta ajratish mexanizmini bitta korpusda birlashtirishidadir. Gaz oqimi yon patrubka orqali kirganda korpus ichida aylanma harakat paydo bo‘ladi. Forsunkalardan purkalgan suyuqlik tomchilari zarrachalar bilan to‘qnashadi, markaziy val va divertor elementlari esa oqimni qayta taqsimlab, kontakt sonini oshiradi. Namlangan va og‘irlashgan zarrachalar pastki konussimon qismda shlam ko‘rinishida yig‘iladi. Bu sxema ayniqsa 2–5 mkm kul-kuyindi zarrachalarini yirik tomchi yoki nam plyonkaga o‘tkazish uchun maqsadga muvofiqdir.

Shu bilan birga, maqoladagi hisobiy natijalarni to‘g‘ridan-to‘g‘ri sanoat samaradorligi sifatida qabul qilish to‘g‘ri emas. Ishonchli loyihalash uchun keyingi bosqichda quyidagi tajribalar bajarilishi zarur: forsunka tomchi diametrini aniqlash, real tutun tarkibidagi HCl va SO_2 ta’sirida material korroziyasini baholash, shlam konsentratsiyasi ortishi bilan drenaj barqarorligini tekshirish, kirish va chiqishdagi $PM_{2.5}$/PM_{10} konsentratsiyalarini aspiratsion o‘lchash. Mazkur yondashuv konstruksiyani ilmiy jihatdan asoslangan holda takomillashtirish imkonini beradi.

Xulosa.

Chiqindi poligonlarida maishiy va sanoat chiqindilarini yoqish jarayonida hosil bo‘ladigan tutun-gaz aralashmasi tarkibida suv bug‘i, kislotali gazlar, organik birikmalar hamda mayda dispers kul va chang zarrachalari mavjud bo‘lib, u murakkab ko‘p komponentli aerodispers tizim hisoblanadi. Bunday gaz oqimining namligi va kimyoviy agressivligi tozalash qurilmasi materiallarini tanlashda korroziyaga chidamlilikni, chang zarrachalarining kichik o‘lchami esa gaz va suyuqlik fazalari o‘rtasida yuqori kontakt yuzasini ta’minlashni talab etadi. Hisobiy fraksion taqsimot natijalariga ko‘ra, tutun changining 60 foizi 2–5 mkm diapazonga to‘g‘ri keladi va zarrachalarning median ekvivalent diametri $d_{50} \approx 3{,}3$ mkm ni tashkil etadi. Ushbu natija yirik zarrachalarni inersion yoki markazdan qochma kuch yordamida ajratishga asoslangan quruq tozalash usullarining bunday oqim uchun yetarli samaradorlikni ta’minlay olmasligini ko‘rsatadi.

Mavjud siklon, Venturi skrubberi, nasadkali skrubber va rotorli-dinamik ho‘l apparatlarning konstruktiv-funksional ko‘rsatkichlari qiyosiy baholanganda, rotorli-dinamik apparat mayda dispers zarrachalarni namlash, aglomeratsiyalash va namlangan yuzalarda ko‘p martalab ushlash imkoniyati bo‘yicha eng maqbul konstruksiya sifatida tanlandi. Takomillashtirilgan apparatda tutun-gaz oqimini ishchi zonaga uzatuvchi yon kirish patrubkalari, suyuqlikni mayda tomchilar holida purkaydigan forsunkalar, aylanish harakatini hosil qiluvchi markaziy val, oqim yo‘nalishini o‘zgartiruvchi divertor yoki aylantiruvchi element hamda ushlangan chang va suyuqlik

aralashmasini yig‘uvchi konussimon shlam qismi asosiy ishchi organlar sifatida qabul qilindi. Mazkur elementlarning o‘zaro uyg‘un ishlashi gaz oqimini turbulizatsiyalash, zarrachalarning tomchilar va nam yuzalar bilan to‘qnashish ehtimolini oshirish hamda hosil bo‘lgan shlamni qurilmadan uzluksiz chiqarib turish imkonini beradi.

Dastlabki hisobiy tahlil natijalariga ko‘ra, gaz oqimi tezligining v = 14–18 m/s va ishchi suyuqlik sarfining Qs = 0,4–0,6 m³/soat diapazonlari apparatning maqbul ishlash sohasi sifatida belgilandi. Ushbu rejimlarda gaz-suyuqlik kontakti kuchayadi, mayda dispers zarrachalarning ushlanish samaradorligi ortadi va suyuqlikning ortiqcha sarflanishi cheklanadi. Biroq mazkur qiymatlar nazariy va dastlabki hisob natijalariga asoslangan bo‘lib, ularni laboratoriya tajribalari, sanoat sinovlari, gidravlik qarshilik, energiya sarfi va tozalash samaradorligi ko‘rsatkichlari bo‘yicha qo‘shimcha ravishda aniqlashtirish talab etiladi.

Adabiyotlar

[1]. Isomidinov A. S., Khoshimov A. O. Hydrodynamic Resistance of a Rotary Dynamic Dust Collector Under Various Operating Conditions //American Applied Science and Technology Journal. – 2026. – T. 6. – №. 04. – C. 110-119.

[2]. Salomidinovich I. A., Obidjon o‘g‘li K. A., Mavlyanovna A. G. Theoretical Analysis Of The Hydrodynamic Characteristics Of Gas Flows And Their Significance In The Chemical Industr //Nvpubhouse Library for American Journal of Applied Science and Technology. – 2025. – T. 5. – №. 10. – C. 246-250.

[3]. Salomidinovich I. A., Obidjon o‘g‘li K. A., Mavlyanovna A. G. Hydrodynamic Performance Analysis Of A Rotary Dust Removal System //Nvpubhouse Library for American Journal of Applied Science and Technology. – 2025. – T. 5. – №. 10. – C. 240-245.

[4]. O‘G‘Li A. X. O. Inertsion skrubberda vodorod-ftorit (2hf) gazini tozalash samaradorligini tadqiq etish //Scientific progress. – 2023. – T. 4. – №. 1. – C. 203-210.

УДК 625.7.8(075.8)

ASFALTOBETON QOPLAMALI AVTOMOBIL YO‘LLARINING G‘ILDRAK BILAN TISHLASHISH KOEFFITSENTINI HARAKAT XAVFSIZLIGIGA TA’SIRINI TAHLIL QILISH. (M-39 HALQARO AHAMIYATDAGI AVTOMOBIL YO‘LI HUDUDIDAN O‘TUVCHI TOSHKENT SHOH KO‘CHASI MISOLIDA)

D.V. Tashev[1], B.A. Dadajonov[2] , J.I. Qahhorov

[1]*Toshkent Davlat Transport universiteti,* dilmurod.tashev007@gmail.com
[2] *Farg‘ona Davlat texnika universiteti,* axunov.aja@mail.ru
[1]*Toshkent Davlat Transport universiteti YMAQ-13iqt* *qahhorovjasurbe@gmail.com*

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotasiya. *Ushbu maqolada avtomobil g‘ildiraklarining yo‘l yuzasi bilan o‘zaro ta’sirida harakat xavfsizligiga ta’sir qiluvchi asosiy omil ob-havo sharoiti, qoplama materialining sifatiga, asfalt-beton tarkibida ishlatilgan bog‘liq. Tishlashish koeffitsienti aniqlashda standartlaridan foydalaniladi.*

Kalit so‘zlar: *avtomobil g‘ildiraklari, harakat xavfsizligi, ob-havo sharoiti, asfalt-beton tarkibi, tishlashish koeffitsienti, quruq, nam holatlar.*

Аннотация. *В данной статье рассматривается основной фактор, влияющий на безопасность движения при взаимодействии колес автомобиля с дорожной поверхностью, который зависит от погодных условий, качества материала покрытия и состава асфальтобетона. Для определения коэффициента сцепления используются стандарты.*

Ключевые слова: *автомобильные колеса, безопасность движения, погодные условия, состав асфальтобетона, коэффициент сцепления, сухое и влажное состояние.*

Abstract. *This article examines the primary factor affecting traffic safety in the interaction between vehicle wheels and the road surface, which depends on weather conditions, the quality of the pavement material, and the composition of asphalt concrete. Standards are used to determine the coefficient of friction.*

Keywords: *automobile wheels, traffic safety, weather conditions, asphalt concrete composition, coefficient of friction, dry and wet conditions.*

Respublikamizda avtomobil yo‘llarining xizmat muddatini oshirish, ularning ekspluatatsion ko‘rsatkichlarini yaxshilash hamda amaldagi standartlar asosida belgilangan ta’mirlash jarayonlari samaradorligini oshirishga xizmat qiluvchi yangi texnologiyalarni ishlab chiqish va ularni amaliyotga joriy etish bo‘yicha keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda. 2022-2026 yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasida, jumladan “Yo‘l infratuzilmasini takomillashtirish va avtomobil yo‘llari tarmog‘ini jadal rivojlantirish” bo‘yicha vazifalar belgilangan.

Hozirgi kunda, global iqlim isishi, xususan havo haroratining so‘ngi yillarda oshib borishi asfaltbeton qoplamalarida plastik deformatsiyalarning yuzaga kelish muammosini yanada oshirmoqda. Shuningdek, tabiiy-iqlim omillari ta’sirida asfaltbeton qoplamalarda yuzaga keladigan g‘ildirak izi deformatsiyalari, yo‘l qoplamasining mustahkamligi, qoplama yuzasidagi tishlashish koeffitsentining hamda qoplama ravonligining o‘zgarishi natijasida avtomobil yo‘llarida harakat xavfsizligi baholash dolzarb muamolardan bir hisoblanadi.

Avtomobil yo‘llarida asfaltobeton qoplamalarni qurish va ulardan foydalanishda SHNQ-2.05.02-07, SHNQ 3.06.03-08 va QMQ3.06.03-96 talablariga muvofiq yondashishni talab etadi. Yuqoridagilarni inobatga olgan holda, M–39 xalqaro ahamiyatdagi avtomobil yo‘lidan o‘tuvchi “Toshkent shoh ko‘chasi” hududida transport vositalari harakati xavfsizligini oshirish masalalari chuqur tahlil qilindi. Mazkur hududda transport oqimining yuqori zichligi, harakat tezligining katta bo‘lishi hamda piyodalar va transport vositalari o‘rtasidagi o‘zaro ta’sir darajasining yuqoriligi yo‘l-transport hodisalari yuzaga kelish xavfini oshiruvchi asosiy omillar sifatida baholandi.

Tadqiqotning asosiy maqsadi — avtomobil yo‘li qoplamasining tishlashish koeffitsientini aniqlash orqali sirpanishga qarshi xususiyatlarini baholash va shu asosda harakat xavfsizligini ta’minlash darajasini ilmiy jihatdan asoslab berishdan iborat bo‘ldi. Shu maqsadda yo‘l qoplamasining texnik-ekspluatatsion holatini aniqlashda keng qo‘llaniladigan zamonaviy o‘lchov usullaridan biri — Cooper Pendulum Skid Resistance Tester (CRT pendulum) qurilmasidan foydalanildi. CRT pendulum qurilmasi yordamida o‘lchovlar yo‘l qoplamasining turli uchastkalarida, real ekspluatatsiya sharoitlarini inobatga olgan holda amalga oshirildi. O‘lchov jarayonida qoplama yuzasining mikro va makro notekisliklari, quruq va nam holatdagi ishqalanish xususiyatlari aniqlanib, tishlashish koeffitsientining miqdoriy qiymatlari qayd etildi. Olingan natijalar amaldagi normativ-texnik hujjatlar talablari bilan taqqoslanib, yo‘l qoplamasining harakat xavfsizligini ta’minlash darajasi baholandi.

Tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, tishlashish koeffitsientining pasayishi transport vositalarining tormozlanish masofasining uzayishiga, boshqaruv barqarorligining kamayishiga va, ayniqsa, nam sharoitlarda yo‘l-transport hodisalari yuzaga kelish ehtimolining oshishiga olib keladi. Shu sababli, mazkur ko‘rsatkichni doimiy monitoring qilish va belgilangan me’yorlardan chetga chiqish holatlarida o‘z vaqtida muhandislik-texnik choralarini ko‘rish muhim ahamiyat kasb etadi.

Yo‘l qoplamasining teksturasi avtomobil g‘ildiragi shinasi va qoplama orasidagi ta’sir natijasida hosil bo‘lgan shovqin darajasi, transport vositasi ichidagi orindiqlar qulaylik, tishlashish sifati, sirpanishga qarshiligi, shinaning yemirilishi kabi omillarni tavsiflaydi.

Avtomobil yo‘llarida harakat xavfsizligini ta’minlashga katta ta’sir qiladigan omillardan biri bu qoplama yuzasining tishlashish sifatidir. Yo‘l sharoiti sababli yuzaga kelgan yo‘l transport hodisalari (YTH) statistikasining tahlillariga asosan tishlashish sifati taminlanmasligi 40% gacha (YTH) ni sodir bo‘lishiga sabab bo‘ladi [1]. Ushbu ko‘rsatkich yo‘l qoplamasi yuzasining muhim xususiyati bo‘lib, avtomobil bilan qoplama yuzasi orasidagi o‘zaro ta’sirini ifodalaydi. Chunki ilashish kuchi avtomobilni xavfsiz sekinlashishi va to‘xtashini taminlaydi. Shina bilan qoplama yuzasi orasidagi kontakt zonada xosil bo‘ladigan ilashish kuchiga sirpanishga qarshilik deyiladi.

Yo‘l qoplamasi yuzasining teksturasi – transport vositalari g‘ildiragining qoplama bilan tishlashishiga sabab bo‘luvchi yo‘lning muhim transport-eksplutatsion ko‘rsatkichlaridan hisoblanadi.

Butun jahon yo‘l assostiastiyasi tomonidan turli xildagi qoplama yuzasi teksturasi va chastotalari 1.1-jadvalda keltirilgan (Descornet 1990).

1.1-jadval

Qoplama yuzasi xususiyatlari	Chostota diapazoni	
	To‘lqin uzunligi	To‘lqin soni (sikl/m)
Mikrotekstura	<0.5 mm	>2.000
Mikrotekstura	0.5-50 mm	20-2.000
Mikrotekstura	50-500 mm	2-20
Ravonlik	0.5-50 m	0.02-2

Yo‘l qoplamasining tishlashish sifati. Yo‘l qoplamasining tishlashish sifati avtomobillar harakati xavfsizligiga ta’sir qiluvchi muhim ko‘rsatkich hissoblanadi. O‘zbekiston Respublikasida tishlashish sifati tishlashish koeffitsientining kattaligi bilan baholanadi. Tishlashish koeffitsienti deganda bloklangan g’ildirak bilan yo‘l qoplamasining kontakt maydoninda yo‘l bo‘ylab ta’sir etuvchi maksimal urinma kuchlanish bilan g’ildirak va qoplama kontakt maydonidagi normal reaksiyaga nisbati tushuniladi.

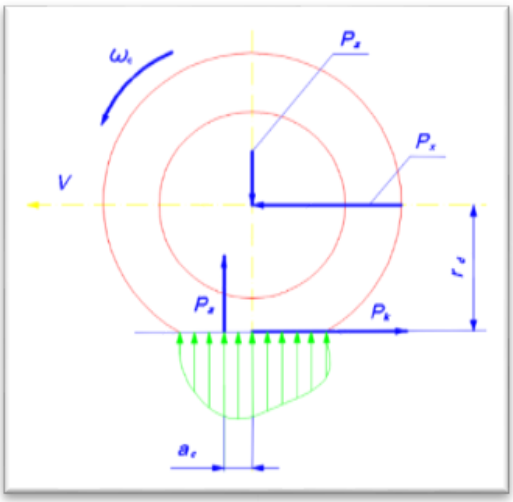
1-rasm. Yo‘l qoplamasi (asfaltbeton) teksturaining ko‘rinishi.

$$\varphi x = Rx\, max Rz = . \quad (1)$$

Tortish tartibida harakatlanayotgan avtomobilning harakat rejimini aniqlashda g‘ildirakning yo‘l bilan tishlashish kuchiga teng bo‘lgan gorizontal reaksiyaning eng katta qiymatini topish zarur.

Harakatlanayotgan g‘ildirakdagi tishlashish kuchi va vertikal reaksiya o‘rtasidagi nisbat shinaning yo‘l bilan bo‘ylama tishlashish koeffitsienti deyiladi va bilan belgilanadi. 2-rasmda qattiq qoplamada tekis harakatlanayotgan avtomobilning yetakchi g‘ildiragiga ta’sir etuvchi kuchlar sxemasi ko‘rsatilgan.

Bunda avtomobil g‘ildiragiga vertikal yuklama, vertikal reaksiya, turtuvchi kuch va turtuvchi kuchga qarama-qarshi yo‘nalgan tebranishga qarshilik kuchlari ta’siq qiladi.



2-rasm. Avtomobil g‘ildiragi harakatlanishi jarayonidagi kuchlar sxemasi.

Tishlashish koeffitsentining qiymati ko‘plab omillargan bog‘liq.

Uning qiymatiga quyidagilar ta’sir qiladi:

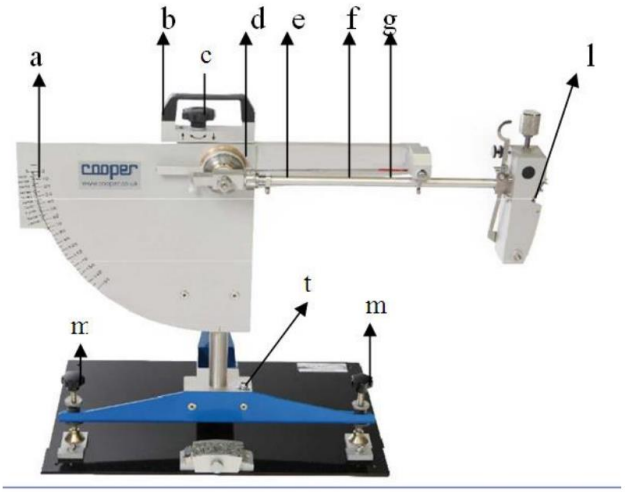
- **qoplama g‘adir budurligi;**
- **o‘lchov qurilmasining tezligi;**
- **g‘ildirakning to‘liq yoki qisman bloklanganligi;**
- **qoplamaning ifloslanganligi;**
- **havoning harorati va h.k.**

Tadqiqot sifatida M-39 halqaro ahamiyatdagi

avtomobil yo‘lining Toshkent shoh ko‘chasi yo‘l qoplama tishlashish sifatini britaniya mayatnigi yordamida aniqlandi.

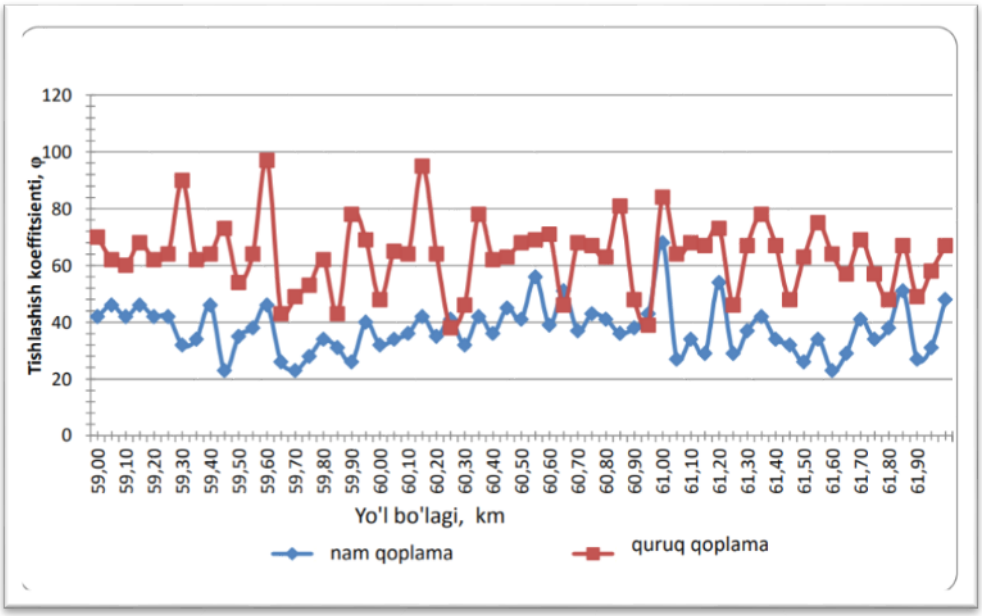
“Cooper Pendulum Skid Resistance tester CRT pendulum” yo‘l qoplamalarining tishlashish koeffitsientini o‘lchaydigan qurilma bo‘lib, bu sohada etakchi xisoblanadi. Britaniya qirolligida ishlab chiqarilgan. Mexanik qurilma yo‘l qoplamalarini tishlashish koeffitsientini nafaqat quruq holatda, balki nam holatda ham aniqlashga mo‘ljallangan. Yo‘l qoplamalarining tishlashish koeffitsientini aniqlashda boshqa usullarga qaraganda bu qurilmadan foydalanish juda oson va aniqligi yuqori hisoblanadi.

“Cooper Pendulum Skid Tester” qurilmasi birinchi bo‘lib 1960 yilda Birlashgan Qirollikning transport qidiruvi laboratoriyasida yo‘l qoplamasining tishlashish koeffitsiyentini aniqlash uchun takomillashtirilgan. Qurilma injenerlar uchun qoplama ustki yuzasini tishlashish koeffitsiyentini laboratoriya va real sharoitda nam va quruq holatda baholashga mo‘ljallangan.



3-rasm. Qurilmaning asosiy tarkibiy qismlari:
a) sanoq tizimi; b) tutqich; c) mayatnikni tushurib – ko‘taruvchi vint; d) strelkani qotiruvchi – bo‘shatuvchi vint; e) richag; f) strelka; g) strelka uchi; l) Ishqalanish va emirilishga sinaladigan namuna (rezina); m) yordamchi vintlar (doiraviy adelakdan foydalangan holda qurilma yuzada tekis turishi taminlashda foydalaniladi); t) doiraviy adelak.

Olib borilgan tadqiqotlar natijasida M39 halqaro ahamiyatdagi avtomobil yo‘lidan o‘tuvchi Toshkent shoh ko‘chasining 23 – 24 km bo‘lagida “Cooper Pendulum Skid Tester” qurilmasi yordamida o‘lchov ishlari natijasida yo‘l qoplamasining tishlashish koeffitsiyentini aniqlash ishlari amalga oshirilgan. O‘lchov natijalari quyidagi grafikda keltirilgan (4 – rasm).



4–rasm. Yo‘l qoplamasining tishlashish koeffitsiyentini qoplama utski yuzasi holatiga bog‘liq ravishda o‘zgarishi.

Yo‘l qoplamasining tishlashish koeffitsiyentini aniqlashda quyidagi keltirish formulalaridan foydalanilgan. 50 km/soat uchun tishlashish koeffitsiyenti formulasi

$$PSV=S+52.2-C$$

bu yerda. S – 4 ta olingan test natijalarining o‘rtacha qiymati, C – 4 ta olingan sinov natijalarining o‘rtacha qiymati.

Avtomobil yo‘lining xavfli bo‘laklarini tishlashish koeffitsiyenti orqali baholangan 1.2-jadvaldagi qiymatlardan foydalaniladi.

1.2-jadval

Tishlashish koeffitsiyenti:	PSV≤50 da	50≤ PSV≤65	PSV≥65
Yo‘l bo‘lagining ruhsat etilgan ko‘rsatkichi	qoniqarsiz	yaxshi	a’lo

60 km/soat uchun tishlashish koeffitsiyenti formulasi

FR60=FRS*exp(60-S/Sp)

FRS – 4 ta olingan test natijalarining o‘rtacha qiymati

exp – o‘zgarmas qiymat

S – Cooper Pendulum Skid Tester qurilmasi uchun 10 km/soat Sp –avtomobil tezligi

60 km/soat tezlik uchun tishlashish koeffitsiyentining o‘zgarmas minimal qiymati 50 dan past bo‘lmasligi kerak.

“M39 halqaro ahamiyatdagi avtomobil yo‘lidan o‘tuvchi Toshkent shoh ko‘chasining 23 – 24 km bo‘lagi qoplamasining tishlashish koeffitsiyentini tadqiq qilish natijalari tahlilidan quyidagi xulosalar kelib chiqadi:

Xulosa: O‘tkazilgan tadqiqot va o‘lchov natijalarini tahlil qilish asosida shunday xulosa qilish mumkinki, M–39 xalqaro ahamiyatga ega avtomobil yo‘lidan o‘tuvchi Toshkent shoh ko‘chasining 23–24 km oralig‘idagi ayrim uchastkalarida yo‘l qoplamasining tishlashish xususiyatlari amaldagi me’yoriy talablar darajasiga javob bermaydi. Ushbu holat yo‘l qoplamasini o‘z vaqtida saqlash va ta’mirlash ishlari yetarli darajada olib borilmaganligi bilan izohlanadi.

Xususan, 23+10 km dan 24+10 km gacha bo‘lgan bo‘laklarda, shuningdek 23+60, 23+75, 23+80, 23+90, 24+00, 24+10 va 24+20 km nuqtalarida tishlashish koeffitsiyentining pasaygani aniqlanib, ushbu uchastkalar qoniqarsiz holatga yetib kelgani qayd etildi. Bu esa transport vositalarining yo‘l bilan o‘zaro ta’sirini susaytirib, harakat tezligini pasaytiradi va harakat xavfsizligini ta’minlash imkoniyatlarini cheklaydi hamda yo‘l-transport hodisalari yuzaga kelish ehtimolini oshiradi.

Shu bilan birga, tadqiqot doirasida o‘rganilgan yo‘lning qolgan qismlarida tishlashish koeffitsiyenti me’yoriy qiymatlarga javob berishi aniqlanib, ushbu uchastkalarda transport vositalarining belgilangan tezliklarda xavfsiz harakatlanishi ta’minlanishi mumkinligi aniqlandi.

Qoplama g‘adir – budurligini oshirish uchun ustki yuzaga ishlov beruvchi Fransiyada ishlab chiqarilgan, materiallarni sinxron taqsimlovchi zamonaviy texnologik mashinalar (Chipsiler 19, Chipseler 26, Chipseler 32, Chipseler 40 va Rejis 19, Rejis 26) ni qo‘llash tavsiya etiladi.

Avtomobil yo‘llarida ta’mirlash va saqlash ishlarini o‘z vaqtida amalga oshirish yo‘llarning xizmat muddati oshishiga, harakat xavfsizligi ta’minlanishiga, sarf – xarajatlar kamayishiga olib keladi.

Adabiyotlar

[1]. Q.X. Azizov “Fundamentals of the organization of security of movement” T. 2012. -22 p.

[2]. S.A. Evtyukov “Influence of factors on the quality of road cover” 2012 Journal “Modern problems of science and education” №3. 6 st.

[3]. A.P. Vasilev “Exploitation of automobile roads” Academy. 2010. -37 p.

[4]. J.N. Qadirov “The ability to determine the coefficient of stiffness of the car with the road” 2015 Journal “Naukovedenie” №3. Volume 7. 12 st.

[5]. Manual guidance Road note 27 “Cooper Pendulum Skid Tester” p 34.

[6]. A. Vasilev, P.Shambar «Power processing with synchronous distribution of materials. M.1999. - 49 st.

[7]. TU 5212-072-93000278-13 "Measuring coefficient of portability of portable IKSp-2M".

УДК 624.01+07

ДЕМПФЕРНОЕ УСТРОЙСТВО С ФРИКЦИОННЫМИ ЭЛЕМЕНТАМИ ДЛЯ АНТИСЕЙСМИЧЕСКОГО УСИЛЕНИЯ МНОГОЭТАЖНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КАРКАСНЫХ ЗДАНИЙ

Х. Сагдиев[1,a)], А.С. Ювмитов[1,b)], Д.Г. Ахунжанов[1,c)], М.Б. Холиков[1,d)], З.Ж. Собиров[1,e)], С.Ф. Бозоркулов [2,f)], Б.О. Эгамбердиев[3,g)]

[1]Институт механики и сейсмостойкости сооружений им. М.Т.Уразбаева АН РУз, 100125, Ташкент, ул. Дурмон йули 40, Узбекистан
[2]Ташкентский архитектурно-строительный университет, 100011, Ташкент ул.Янгишахар, 9а, Узбекистан
[3]Ферганский государственный технический университет, 150100, Фергана, ул.Ферганская, 86, Узбекистан
[b)]anvar.sayfullaevich@mail.ru; тел:+99891-667-17-66
[b)]baxti170793@gmail.com; тел:+99891-111-46-60
(Получена 16.04.2026 г.)

Аннотация. *В статье приведен подробный анализ существующих аналогичных устройств фрикционного демпферного устройства для применения в железобетонных каркасных зданиях. Подробно описан процесс изготовления и сборки фрагмента фрикционной обоймы железобетонных колонн с целью антисейсмического усиления каркасных зданий в сейсмоактивных регионах. Дано полное описание процесса работы элементов фрикционного демпферного устройства при сильных землетрясениях с учетом динамического поведения каркасных зданий. Данная статья подготовлена на основе результатов прикладных исследований, выполняемых в рамках Государственной целевой программы научной деятельности на 2025–2027 годы, направленной на разработку научных решений для реализации задач, определённых постановлением Президента Республики Узбекистан № ПП-161 от 17 апреля 2024 года «О мерах по повышению сейсмостойкости зданий и сооружений и совершенствованию деятельности по мониторингу сейсмической опасности», по договору №AL-8924073458 на тему «Разработка активного устройства сейсмической защиты зданий и сооружений в сейсмоактивных районах на основе теоретических и экспериментальных исследований».*

Ключевые слова: *фрикционный демпфер, детали крепления, диссипация, сейсмостойкость, антисейсмическое усиление, железобетонные колонны, стальная обойма, фрикционные пластины, упругое крепление, сухое трение, рубашка из стальных профилей, прокладка из паронита, соединительный элемент из гнутого швеллера, резьбовые шпильки, центрирующий элемент, ботовые соединения, стальные накладки, гайки крепления с упругим элементом.*

Аннотация. *Мақолада темирбетон каркасли биноларда қўллаш учун мўлжалланган қуруқ ишқаланишли демпфер қурилмаларининг мавжуд аналоглари батафсил таҳлил қилинган. Каркасли биноларни антисейсмик кучайтириш мақсадида темирбетон устунларнинг фрикцион қопламали фрагментини тайёрлаш ва йиғиш жараёни батафсил баён этилган. Кучли зилзилалар шароитида каркасли биноларнинг динамик ҳаракатини ҳисобга олган ҳолда фрикцион демпфер қурилмаси элементларининг ишлаш жараёни тўлиқ тавсифланган. Ушбу мақола Ўзбекистон Республикаси Президентининг "Бино ва иншоотларнинг зилзилабардошлигини ошириш ҳамда сейсмик хавфни мониторинг қилиш фаолиятини такомиллаштириш чора-тадбирлари тоʻгʻрисида" 2024-йил 17-апрелдаги ПҚ-161-сон қарорида белгиланган вазифаларни бажарилишида илмий ечимларни ишлаб чиқиш учун Илмий фаолиятга оид давлат мақсадли дастури доирасида 2025-2027 йилларга бажарилиши мўлжалланган, шартнома рақами №AL-8924073458-сон "Сейсмик фаол ҳудудларда бино ва иншоотлар зилзилабардошлигини ошириш учун актив сейсмик ҳимоя қурилмасини назарий ва экспериментал тадқиқотлар асосида ишлаб чиқиш" мавзусидаги амалий тадқиқот натижалари асосида маълумотлар берилмоқда.*

Калит сўзлар: *фрикцион демпфер, маҳкамлаш деталлари, диссипация, сейсмик мустаҳкамлик, антисейсмик кучайтириш, темирбетон устунлар, пўлат қоплама, фрикцион пластиналари, эластик маҳкамлаш элементлари, қуруқ ишқаланиш, пўлат профили қоплама, паронит қатлам, эгилган швеллердан тайёрланган уловчи элемент, резбали шпилкалар, марказлаштирувчи элемент, болтли бирикмалар, пўлат қопламали пластиналар, эластик элементли маҳкамлаш гайкалар.*

Abstract. *The article provides a detailed analysis of existing friction damper devices designed for*

use in reinforced concrete frame buildings. It offers a comprehensive overview of the fabrication and assembly process for a friction jacket designed to strengthen reinforced concrete columns during seismic events. The operational behavior of the friction damper elements during strong earthquakes is thoroughly examined, considering the dynamic response of frame buildings. This article has been prepared based on the results of applied research carried out within the framework of the State Target Program for Scientific Activity for 2025–2027, aimed at developing scientific solutions for the implementation of the tasks defined by the Decree of the President of the Republic of Uzbekistan No. PP-161 dated April 17, 2024 "On measures to increase the seismic resistance of buildings and structures and improve seismic hazard monitoring activities", under contract No. AL-8924073458 on the topic "Development of an active device for seismic protection of buildings and structures in seismically active areas based on theoretical and experimental research."

Keywords: *friction damper, fastening components, energy dissipation, seismic resistance, seismic strengthening, reinforced concrete columns, steel encasement, friction plates, elastic fastening, dry friction, steel-profile jacket, paronite gasket, connecting element made of bent channel section, threaded rods, centering element, bolted connections, steel plates, fastening nuts with elastic elements, rigid bolted fastening of the plate, strengthening of structures.*

В последнее время в Республике Узбекистан при строительстве зданий и сооружений особое внимание уделяется применению устройств сейсмической защиты для повышения сейсмостойкости уникальных зданий. В качестве примера можно привести многоэтажные здания банков, построенных в Tashkent City. На технических этажах этих зданий установлены четыре вязких демпфера, поглощающих колебания мощностью 130 тс за каждый цикл колебаний. В связи с этим разработка устройств сейсмической защиты на основе местного сырья с возможностью широкого применения для обеспечения сейсмической надёжности и повышения сейсмостойкости зданий и сооружений является одной из актуальных задач [1-2]. Для защиты зданий и сооружений от сейсмических воздействий существуют различные устройства, применяемые в различных частях зданий и сооружений. Путём изменения основных характеристик таких устройств можно изменять динамические характеристики зданий и сооружений, защищённых от сейсмических воздействий. Применение устройств сейсмической защиты в зданиях и сооружениях существенно повышает их прочность, устойчивость и надёжность по отношению к сейсмическим воздействиям. По статистическим данным, в последние годы в ведущих зарубежных странах: Японии, Китае, России, Италии, США и других - в практике сейсмостойкого строительства с применением устройств сейсмической защиты зданий и сооружений достигнуты значительные успехи. Наиболее распространённым устройством сейсмической защиты являются сейсмоизолирующие опоры, обеспечивающие активную сейсмическую защиту фундаментов зданий и сооружений, также различные демпфирующие устройства, устанавливаемые на уровне этажей. Устройства данного типа представляют собой системы сейсмической защиты с вязкими, сухими, пластическими или комбинированными характеристиками, предназначенные для повышения сейсмостойкости многоэтажных зданий [3-5].

Известно, что авторы работы [6] предложили разработку и проведение экспериментальных исследований демпферного устройства фрикционного типа при сейсмических воздействиях. Данное устройство, представляет собой фрикционный демпфер в виде стальной колонны из двутавра, разрезанного посередине по высоте колонны и закреплённого с помощью стальных пластин на полках двутавра посредством болтов и гаек; оно образует конструкцию для возникновения сухого трения при воздействии циклических нагрузок на конструкции.

Основным недостатком данного фрикционного демпфера является то, что под воздействием повторяющихся сил трения возможно ослабление болтовых соединений и, как следствие, потеря силы трения при сдвиге. В связи с этим необходимо постоянно контролировать усилие затяжки в соединениях. Количество болтов, используемых в демпфере, а также усилие их затяжки и коэффициент трения рассматривались как переменные для анализа состояния нагружения и изменения усилия затяжки болтов. Кроме

того, одним из важных недостатков данного устройства является то, что для повышения диссипативных характеристик пластин, закреплённых болтами с использованием двутавровых элементов и упругих компонентов, колонна разрезается в средней части между верхней и нижней зонами. Это приводит к тому, что из-за колебаний лёгких навесных конструкций на уровне покрытия происходит изгиб колонн. Напряжения с уровня покрытия передаются через разрезанную часть колонн на фрикционные демпферные элементы, закреплённые на несущих колоннах, а затем на опорную часть конструкции.

Ещё одно конструктивное решение фрикционного демпфера для соединения рамы сборного каркасного здания разработано с установкой в узле сопряжения колонны и ригеля для обеспечения сейсмостойкости здания с железобетонным каркасом [7]. Фрикционный демпфер выполнен в форме дверной петли, элементы которой соединены между собой стальным шкворнем. Петли с одной стороны закреплены на колонне, а с другой стороны - на ригеле с помощью анкерных болтов. Основным недостатком данного устройства является весьма малый угол поворота жёсткой железобетонной рамной конструкции, а также расположение фрикционного демпфера в наиболее уязвимом месте рамной конструкции каркасного здания. Известно, что при сейсмических колебаниях наиболее уязвимым местом железобетонной рамной конструкции является узел сопряжения колонны и ригеля, в котором концентрируются максимальные напряжения.

Авторами работы [8] предложена конструкция фрикционного демпфера, устанавливаемого в опорной части стальной колонны зданий, которая является наиболее близкой к предлагаемому техническому решению. С целью снижения повреждений опорной зоны колонн зданий и сооружений фрикционный демпфер, расположенный под основанием колонны, выполнен в виде открытой арочной конструкции с крепёжными элементами, включающими облицованные пластины и болты. Конструкция демпфера обеспечивает диссипацию энергии сейсмических воздействий за счёт трения между контактными поверхностями. При деформации колонны относительно фундамента вследствие относительного смещения между квадратной стальной стенкой колонны и накладными стальными пластинами в болтовых соединениях возникает сила трения. В накладных стальных пластинах в местах установки болтов выполнены отверстия диаметром, превышающим диаметр болтов, что обеспечивает формирование сухого трения в опорной части колонны при сильных землетрясениях.

Учитывая актуальность данной тематики, научными сотрудниками Института механики и сейсмостойкости сооружений имени М.Т. Уразбаева АН РУз разработана и предложена новая конструкция демпферного устройства, предназначенная для применения в каркасных зданиях и сооружениях. Предлагаемый фрикционный демпфер для повышения сейсмостойкости многоэтажных зданий в виде пояса рубашки из стальных профилей железобетонной колонны, расположенные по высоте с креплением болтовыми соединениями. Между бетонной поверхностью и поясом из швеллера расположена прокладка из паронита с целью полной посадки стальных профилей. По высоте колонны установлены шпильки с резьбовыми выпусками, приваренные к стенке поясов из швеллера. При этом, с четырех сторон колонны по высоте установлены сплошные стальные накладки с овальными отверстиями, которые прикреплены с помощью упругих элементов с целью создания нормальной силы для сухого трения. Стальные накладки, расположенные в четырех сторонах на нижних концах прикреплены жестко, а по высоте, где расположены пояса из швеллера для крепления, предусмотрены овало-образные отверстия с креплением упругими элементами к стенке пояса. В накладных пластинах по высоте и в середине выполнены вертикальные отверстия, где проходят шпильки из пояса швеллер.

Фрикционный демпфер железобетонных колонн каркасного здания снабжен пластинами накладок из четырех сторон для эффективной работы устройства гасителя независимо от направления сейсмических сил, действующих через основания многоэтажного здания. Технический результат предлагаемого устройства заключается в повышении сейсмостойкости многоэтажных зданий за счет установки фрикционного демпфера в виде обоймы, способного рассеивать сейсмическую энергию вследствие изгибных колебаний колонн многоэтажных зданий, вызванных горизонтальными и вертикальными сейсмическими воздействиями, и уменьшении их деформации от этих колебаний за счет нелинейного поведения фрикционного демпфера. Новый тип фрикционный демпфер многоэтажных каркасных зданий, повышает

сейсмостойкость, увеличивает рассеивание энергии колебаний, а также эксплуатационную надежность и долговечность работы конструкций при значительных сейсмических воздействиях (рис.1).

При действии вертикальной составляющей расчетного сейсмического воздействия фрикционный демпфер не работает, а при горизонтальном направлении сейсмического воздействия существенно влияет на сейсмостойкость многоэтажного здания при правильном подборе жесткостных и диссипативных характеристик фрикционного демпфера в виде обоймы с учетом амплитудно-частотных характеристик сейсмического воздействия различной интенсивности. Кроме того, повышается надежность работы несущих конструкций многоэтажных зданий и демпфирующая способность этажей, снижающая сейсмические усилия и препятствующая повреждению несущих конструкций при интенсивных сейсмических воздействиях.

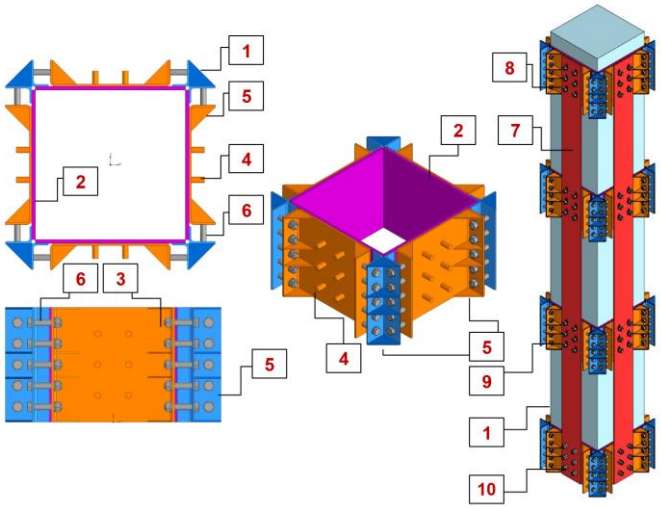


Рис.1. Предлагаемый вариант демпферного устройства в виде фрикционной обоймы: 1-железобетонная колонна, 2-прокладка из паронита, 3-соединительный элемент из гнутого швеллера, 4-резьбовые шпильки, 5-центрирующий элемент, 6-ботовые соединения, 7-стальные накладки, 8-овалообразные отверстия, 9-гайки крепления с упругим элементом, 10-жесткое болтовое крепление накладки.

Ниже приведен процесс изготовления фрагмента фрикционного демпфера в виде обоймы железобетонных колонн каркасного здания для проведения экспериментальных исследований при различной частоте и амплитуде сейсмических воздействий (рис.2-5 в).

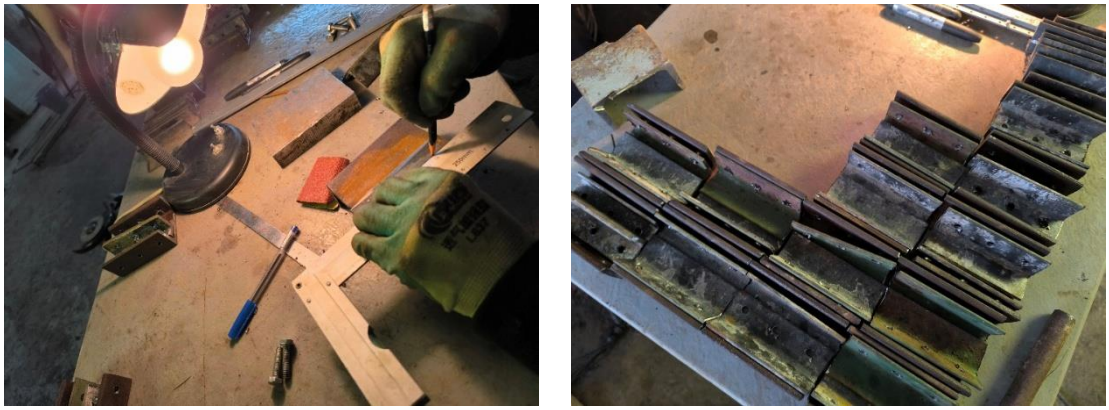


Рис.2. Процесс измерения детали фрикционного демпфера

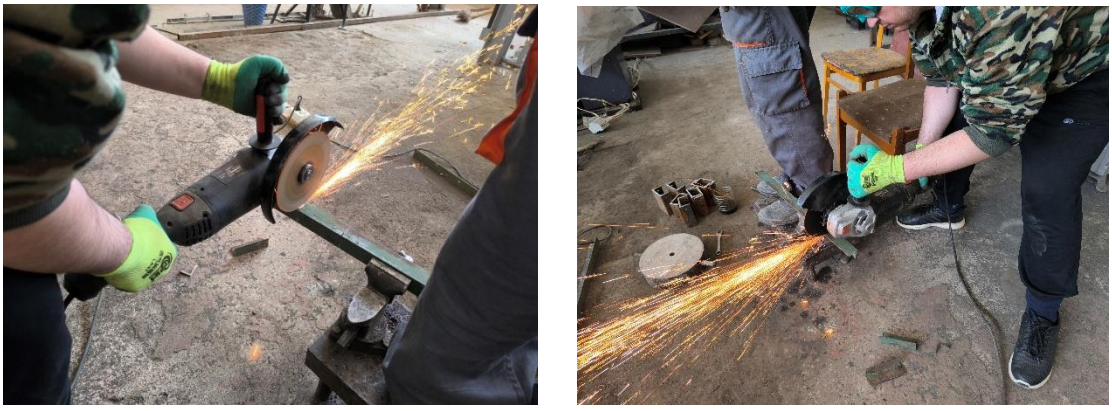


Рис.3. Процесс изготовления детали демпферного устройства

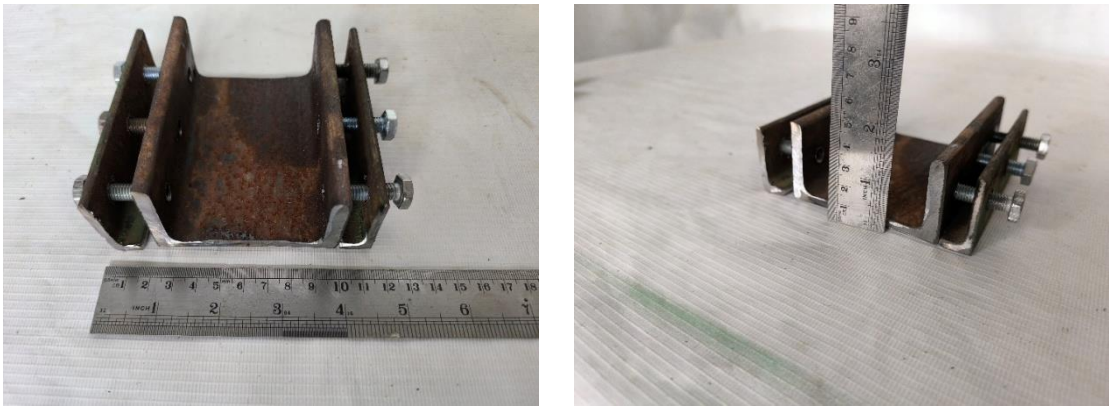


Рис.4. Общий вид скрепляющего элемента устройства

Рис.5. Сборка элементов фрикционного демпфера

Рис.5 а). Общий вид установки упругих и фрикционных элементов

Рис.5 б). Общий вид фрикционного демпфера типа обоймы

Рис.5 в). Подготовленный стенд железобетонной рамы с фрикционными демпферами

В настоящее время научными сотрудниками проводятся научно-исследовательские работы по определению расчетных параметров разработанного устройства на специальном испытательном стенде с целью включения в расчетные исследования для учета и внедрения в отрасль сейсмостойкого проектирования зданий и сооружений. Полученные результаты экспериментальных исследований по определению эффективности предлагаемого фрагмента демпферного устройства будут приводиться в других научных журналах.

По результатам анализа и полученных результатов изготовления фрикционного демпферного устройства сформированы следующие выводы:

- разработанный фрикционный демпфер в виде обоймы для железобетонных колонн обеспечивает повышение сейсмостойкости каркасных зданий за счёт эффективного рассеяния энергии сейсмических воздействий на основе сухого трения;

- конструктивная схема устройства с использованием стальных накладок, овальных отверстий, резьбовых шпилек и упругих элементов позволяет сформировать регулируемое нормальное усилие, обеспечивающее стабильное фрикционное сопротивление при циклических нагрузках;

- применение паронитовой прокладки и соединительных элементов из гнутого швеллера способствует равномерному распределению контактных напряжений и повышает надёжность работы узлов крепления при динамических воздействиях;

- предложенная конструкция обеспечивает эффективную работу демпфера. преимущественно при горизонтальных сейсмических воздействиях, снижая деформации колонн и уменьшая усилия, передаваемые на фундамент и несущие элементы здания;

- результаты теоретических и экспериментальных исследований подтверждают перспективность применения разработанного фрикционного демпфера для повышения эксплуатационной надёжности и долговечности многоэтажных каркасных зданий в сейсмоактивных районах.

Список литературы

[1]. Постановление Президента ПП-144 от 30 мая 2022 г. "О мерах по дальнейшему совершенствованию системы обеспечения сейсмической безопасности Республики Узбекистан".

[2]. Постановление Президента ПП-161 от 17 апреля 2024 года "О мерах по повышению сейсмостойкости зданий и сооружений, также совершенствованию деятельности по мониторингу сейсмической опасности".

[3]. Akira Fukukita, Tomoo Saito, Keiji Shiba – Control Effect for 20-Story Benchmark Building Using Passive or Semiactive Device // Journal of Engineering mechanics. – 2004. –№4. – 430-436 pp.

[4]. Haruhiro Kurino, Jun Tagami, Kan Shimizu, Takuji Kobori. Switching Oil Damper with Built-in Controller for Structural Control. Journal of Structural Engineering, ASCE, Volume 129, Issue 7. 20 03, United States, USA. 895-904 pp.

[5]. Daniel R. Teruna, Takasiah A. Majid, Bambang Budiono. Experimental Study of Hysteretic Steel Damper for Energy Dissipation Capacity. International scientific journal of “Advances in Civil Engineering”, Volume 2015, Hindawi Publishing, London, United Kingdom.1-12 pp.

[6]. Shin Hye- min, Lee Hee- doo, and Shin Kyeong- jae. Measurement of Bolt Tension of Friction Damper Using Manufactured Load Cell //Journal of Korean Society of Steel Construction. – 2019. – T. 31. – No. 3. – C. 171-178.

[7]. Han Jianqiang Liu Ranran Liao Yong Fu Xiuyan Wang Yuliang “The syndeton of friction damper assembling frame node” patent CN203924363U, 2014
[8]. Ei Nari Matsuo Ichirō Takahashi “Damping column base structure and damping structure using the same”. JP4733997B2. APPLICATION FILED FEB, 22, 2005.

KIMYO SANOATI CHIQINDILARINING EKOLOGIK XAVFINI GEOAXBOROT TEXNOLOGIYALARI YORDAMIDA BAHOLASH

M.A. Abdukadirova[1], V.U. Otakuziyeva[2], Y.Sh. Sattiyev[3], A.X. Nuriddinov[4]

[1]Farg`ona davlat texnika universiteti
[2]Qo`qon davlat universiteti
ORCID: 0009-0009-9973-5915
[3]Andijon qishloq xo‘jaligi va agrotexnologiyalar instituti
[4]Oziq-ovqat texnologiyasi va muhandisligi xalqaro institute
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Mazkur maqolada kimyo sanoati chiqindilarining tuproq va suv resurslariga ta’siri geoekologik jihatdan baholandi. Tadqiqot davomida fosfogips chiqindilari, mineral o‘g‘it ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan texnogen chiqindilar hamda ularning atrof-muhitga tarqalish dinamikasi GIS va masofadan zondlash texnologiyalari asosida tahlil qilindi. ArcGIS va QGIS platformalari yordamida ekologik xavf zonalari xaritalashtirildi hamda chiqindilar migratsiyasining fazoviy modeli ishlab chiqildi. Tadqiqot natijalari geoaxborot texnologiyalari ekologik monitoring samaradorligini oshirishda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega ekanligini ko‘rsatdi.*

Kalit so‘zlar: *GIS, geoekologik monitoring, kimyo sanoati, fosfogips, sanoat chiqindilari, ekologik xavf, masofadan zondlash, tuproq ifloslanishi, suv resurslari.*

Аннотация. *В статье проведена геоэкологическая оценка воздействия отходов химической промышленности на почвенные и водные ресурсы. Исследованы фосфогипсовые отходы, техногенные выбросы производства минеральных удобрений и их распространение с использованием ГИС и технологий дистанционного зондирования. С помощью платформ ArcGIS и QGIS были созданы карты экологического риска и разработаны пространственные модели миграции загрязняющих веществ. Результаты исследования показали высокую эффективность геоинформационных технологий в экологическом мониторинге.*

Ключевые слова: *ГИС, геоэкологический мониторинг, химическая промышленность, фосфогипс, промышленные отходы, экологический риск, дистанционное зондирование.*

Abstract. *This article presents a geoecological assessment of the impact of chemical industry waste on soil and water resources. The study analyzed phosphogypsum waste, technogenic emissions from mineral fertilizer production, and their migration dynamics using GIS and remote sensing technologies. Ecological risk zones were mapped using ArcGIS and QGIS platforms, and spatial models of pollutant migration were developed. The results demonstrate that geoinformation technologies significantly improve the efficiency of ecological monitoring systems.*

Keywords: *GIS, geoecological monitoring, chemical industry, phosphogypsum, industrial waste, ecological risk, remote sensing.*

KIRISH

Bugungi kunda kimyo sanoatining jadal rivojlanishi ekologik xavfsizlik bilan bog‘liq qator dolzarb muammolarni yuzaga keltirmoqda. Ayniqsa, mineral o‘g‘itlar, fosforli birikmalar, sulfat kislota va boshqa kimyoviy mahsulotlar ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘ladigan sanoat chiqindilari atmosfera havosi, tuproq va suv resurslariga salbiy ta’sir ko‘rsatmoqda. Fosfogips, fosforli shlamlar, oqava suv qoldiqlari, changsimon chiqindilar hamda texnogen cho‘kindilar ekologik xavf darajasi yuqori bo‘lgan sanoat chiqindilari qatoriga kiradi [1]. Ushbu chiqindilar tarkibida sulfatlar, ftor birikmalari, fosfat qoldiqlari, og‘ir metall ionlari va boshqa toksik komponentlarning mavjudligi ekologik muhitning degradatsiyasiga sabab bo‘lmoqda. Birlashgan Millatlar Tashkilotining Atrof-muhit dasturi (UNEP) ma’lumotlariga ko‘ra, sanoat chiqindilarining nazoratsiz saqlanishi va utilizatsiya qilinmasligi tuproq unumdorligining pasayishi, yer osti

suvlarining ifloslanishi, atmosfera havosida chang va toksik gazlar konsentratsiyasining ortishi hamda biologik xilma-xillikning kamayishiga olib kelmoqda [2]. Ayniqsa, fosfogips chiqindilari ekologik jihatdan murakkab texnogen material hisoblanadi. Fosfogips tarkibida kaltsiy sulfat bilan bir qatorda ftor, stronsiy, kadmiy, qo‘rg‘oshin, mishyak va boshqa toksik elementlarning mavjudligi uning uzoq muddatli ekologik xavf manbai bo‘lishiga sabab bo‘ladi. Kuchli shamol va yog‘ingarchilik ta’sirida ushbu chiqindilar tarkibidagi zararli komponentlar katta hududlarga tarqalishi mumkin. Jahon amaliyotida kimyo sanoati chiqindilarining ekologik xavfini baholashda geoaxborot tizimlari (GIS), masofadan zondlash texnologiyalari va ekologik modellashtirish usullaridan keng foydalanilmoqda. ArcGIS, QGIS, ERDAS IMAGINE, ENVI kabi platformalar sanoat chiqindilarining hududiy tarqalishini tahlil qilish, ifloslantiruvchi moddalar migratsiyasini modellashtirish hamda ekologik xavf zonalarini xaritalashtirish imkonini beradi [3]. Sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida atmosfera havosi, tuproq va suv obyektlarining ekologik holatini real vaqt rejimida monitoring qilish ekologik boshqaruv samaradorligini oshirmoqda.

O‘zbekiston Respublikasida ham ekologik xavfsizlikni ta’minlash va sanoat chiqindilarining salbiy ta’sirini kamaytirish davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishlaridan biri sifatida belgilangan. Jumladan, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 30-oktabrdagi PF–5863-sonli “2030-yilgacha bo‘lgan davrda O‘zbekiston Respublikasining atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”gi Farmonida ekologik monitoring tizimlarini raqamlashtirish, GIS texnologiyalarini joriy etish hamda sanoat chiqindilarining ekologik xavfini kamaytirish bo‘yicha muhim vazifalar belgilab berilgan [4]. Mazkur farmon asosida ekologik monitoring tizimlarini modernizatsiya qilish, raqamli ekologik ma’lumotlar bazalarini shakllantirish hamda geoaxborot texnologiyalarini joriy etish bo‘yicha keng ko‘lamli ishlar amalga oshirilmoqda. Shuningdek, O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 2-martdagi PQ–153-sonli “Suv xo‘jaligi obyektlarida raqamli texnologiyalarni keng joriy etish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarorida GIS texnologiyalari, masofadan zondlash tizimlari va avtomatlashtirilgan monitoring platformalarini ekologik boshqaruv tizimlariga integratsiyalash muhim vazifa sifatida belgilangan [5]. Ushbu qaror ekologik monitoringni raqamlashtirish orqali suv resurslarini muhofaza qilish, sanoat chiqindilarining migratsiyasini nazorat qilish hamda ekologik xavf zonalarini tezkor aniqlash imkoniyatlarini kengaytirdi. Kimyo sanoati chiqindilarining geoekologik monitoringi an’anaviy laboratoriya usullari bilan cheklanib qolmay, zamonaviy geoaxborot texnologiyalari bilan integratsiyalashgan holda olib borilishi zarur. Chunki sanoat chiqindilarining hududiy migratsiyasi murakkab fazoviy jarayon bo‘lib, uni faqat laboratoriya tahlillari orqali to‘liq baholash imkoniyati cheklangan. GIS texnologiyalari esa ekologik ma’lumotlarni yig‘ish, saqlash, qayta ishlash, modellashtirish va vizual tahlil qilish imkonini beruvchi samarali ilmiy vosita hisoblanadi [6]. Masofadan zondlash texnologiyalari yordamida sanoat hududlarida tuproq degradatsiyasi, atmosfera havosining changlanishi, suv obyektlarining ifloslanishi hamda texnogen landshaftlarning o‘zgarishi muntazam monitoring qilinadi. Landsat, Sentinel, MODIS va boshqa sun’iy yo‘ldosh tizimlari orqali olingan ma’lumotlar GIS platformalari bilan integratsiyalashgan holda ekologik xavf zonalarini aniqlash va prognozlash imkonini beradi [7]. Ayniqsa, fosfogips chiqindilarining shamol eroziyasi natijasida tarqalishini modellashtirishda masofadan zondlash texnologiyalari muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Bugungi kunda geoaxborot tizimlari ekologik monitoringning eng samarali raqamli vositalaridan biri hisoblanadi. GIS texnologiyalari yordamida sanoat hududlaridagi ekologik jarayonlarni hududiy jihatdan baholash, ekologik xavf zonalarini aniqlash hamda monitoring natijalarini vizual tahlil qilish imkoniyati yaratiladi [8]. GIS platformalarida yaratilgan elektron ekologik xaritalar sanoat korxonalarining atrof-muhitga ta’sirini baholash, ekologik xavf darajasini prognoz qilish hamda ekologik boshqaruv tizimlarida tezkor qarorlar qabul qilishga xizmat qiladi. Masofadan zondlash texnologiyalari esa ekologik monitoring tizimlarini tezkor va yuqori aniqlikdagi ma’lumotlar bilan ta’minlaydi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida atmosfera havosining ifloslanishi, tuproq degradatsiyasi va suv resurslari holati muntazam nazorat qilinadi. GIS va masofadan zondlash texnologiyalarining integratsiyasi quyidagi afzalliklarni beradi: Ekologik ma’lumotlarni real vaqt rejimida monitoring qilish, ifloslanish manbalarini aniqlash, ekologik xavf zonalarini xaritalashtirish, ekologik prognozlash imkoniyatlarini

kengaytirish, monitoring xarajatlarini kamaytirish. Shu jihatdan, kimyo sanoati chiqindilarining ekologik xavfini GIS va masofadan zondlash texnologiyalari asosida baholash ekologik monitoring tizimlarini takomillashtirishning muhim ilmiy-amaliy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Mazkur tadqiqotning asosiy maqsadi kimyo sanoati chiqindilarining tuproq va suv resurslariga ta’sirini geoekologik baholash, fosfogips chiqindilarining ekologik xavfini GIS asosida tahlil qilish hamda ekologik monitoring samaradorligini oshirish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

TADQIQOT METODLARI

Mazkur tadqiqotda kimyo sanoati chiqindilarining ekologik xavfini baholash hamda ularning tuproq va suv resurslariga ta’sirini aniqlash uchun kompleks geoekologik monitoring usullaridan foydalanildi. Tadqiqot metodologiyasi geoaxborot tizimlari (GIS), masofadan zondlash texnologiyalari, kimyoviy laboratoriya tahlillari, ekologik modellashtirish va statistik ishlov berish usullarining integratsiyasiga asoslandi. Ushbu yondashuv sanoat chiqindilarining hududiy tarqalishini aniqlash, ekologik xavf zonalarini xaritalashtirish hamda ifloslantiruvchi moddalar migratsiyasini prognoz qilish imkonini berdi.

Tadqiqot davomida quyidagi ilmiy metodlardan foydalanildi:

- GIS asosida fazoviy monitoring;
- masofadan zondlash ma’lumotlarini tahlil qilish;
- tuproq va suv namunalarining kimyoviy tahlili;
- ekologik modellashtirish;
- statistik va korrelyatsion tahlil usullari.

GIS asosida fazoviy monitoring

Tadqiqotda ArcGIS va QGIS geoaxborot platformalari asosida sanoat chiqindilarining hududiy tarqalishi hamda ekologik xavf darajasi tahlil qilindi. Fosfogips saqlash maydonlari, sanoat oqava suvlarining chiqarilish nuqtalari, texnogen chiqindi poligonlari va ekologik xavf hududlari GPS koordinatalar asosida raqamlashtirildi. Geoaxborot ma’lumotlari yagona elektron bazaga integratsiyalashgan holda qayta ishlanib, sanoat hududlarining raqamli ekologik xaritalari ishlab chiqildi. ArcGIS dasturida fazoviy interpolatsiya usullari — Inverse Distance Weighting (IDW) va Kriging metodlari yordamida ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasining hududiy taqsimoti modellashtirildi. Ushbu usullar orqali og‘ir metall ionlari, sulfatlar va fosfatlarning tarqalish zonalari aniqlanib, ekologik xavf darajasi yuqori bo‘lgan hududlar xaritalashtirildi. QGIS platformasida esa sanoat hududlarining geoekologik holati vizual tahlil qilinib, monitoring natijalari qatlamli xaritalar asosida baholandi.

Masofadan zondlash ma’lumotlari tahlili. Tadqiqotda masofadan zondlash texnologiyalaridan keng foydalanildi. Sentinel-2 va Landsat-8 sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida sanoat hududlarining ekologik holati baholandi. Sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari orqali atmosfera havosi ifloslanishi, tuproq degradatsiyasi, texnogen landshaftlarning o‘zgarishi hamda suv obyektlarining ekologik holati monitoring qilindi. Masofadan zondlash ma’lumotlarini qayta ishlashda NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) va LST (Land Surface Temperature) indekslaridan foydalanildi. NDVI indeksi yordamida o‘simlik qoplami degradatsiyasi va sanoat chiqindilarining vegetatsiyaga ta’siri baholandi. LST indeksi esa sanoat hududlarida yer sirt haroratining o‘zgarishini aniqlash va texnogen issiqlik zonalarini monitoring qilish imkonini berdi. Shuningdek, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida fosfogips chiqindilarining shamol eroziyasi natijasida tarqalish dinamikasi hamda suv obyektlarining ifloslanish xavfi tahlil qilindi. Olingan ma’lumotlar GIS platformalariga integratsiyalashgan holda geoekologik monitoring tizimining raqamli bazasini shakllantirishda foydalanildi.

Kimyoviy tahlil usullari. Tadqiqot davomida tuproq va suv namunalarining kimyoviy tarkibi laboratoriya sharoitida zamonaviy analitik usullar asosida o‘rganildi. Namunalar sanoat korxonalariga yaqin hududlar, fosfogips saqlash maydonlari hamda oqava suv chiqarish zonalaridan olindi. Laboratoriya tahlillari davomida tuproq va suv tarkibidagi sulfatlar, fosfatlar, nitratlar hamda og‘ir metall ionlari - qo‘rg‘oshin (Pb), kadmiy (Cd), xrom (Cr) va rux (Zn) miqdori aniqlandi. Kimyoviy tahlillarni amalga oshirishda atom-absorbsiya spektrometriyasi, fotometrik va titrimetrik

usullardan foydalanildi. Og‘ir metall ionlarini aniqlashda atom-absorbsiya spektrometriyasi yuqori aniqlikdagi analitik usul sifatida qo‘llanildi. Sulfat va fosfat ionlari fotometrik usul yordamida, suvning umumiy minerallashuv darajasi esa titrimetrik metod asosida baholandi. Olingan natijalar amaldagi ekologik me’yorlar va sanitariya-gigiyena talablari bilan taqqoslandi.

Ekologik modellashtirish. Tadqiqotda sanoat chiqindilarining migratsiyasini prognoz qilish maqsadida ekologik modellashtirish usullaridan foydalanildi. GIS platformalari asosida ifloslantiruvchi moddalar migratsiyasining matematik modellari ishlab chiqildi. Modellashtirish jarayonida shamol yo‘nalishi, rel’yef xususiyatlari, gidrologik sharoit hamda yer osti suvlarining oqim yo‘nalishi hisobga olindi. Natijada fosfogips va boshqa texnogen chiqindilarning ekologik tarqalish zonalari prognoz qilinib, ekologik xavf darajasi yuqori bo‘lgan hududlar aniqlandi. Modellashtirish natijalari ekologik monitoring tizimini optimallashtirish hamda sanoat hududlarida ekologik xavfsizlikni ta’minlash bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqishga xizmat qildi.

Statistik va korrelyatsion tahlil. Tadqiqot davomida laboratoriya va GIS ma’lumotlariga statistik ishlov berildi. Statistik tahlil yordamida tuproq va suv tarkibidagi ifloslantiruvchi moddalar konsentratsiyasi o‘rtasidagi bog‘liqlik darajasi aniqlandi. Korrelyatsion va regressiya tahlili usullari asosida og‘ir metall ionlari miqdori bilan tuproq degradatsiyasi, suvning minerallashuv darajasi hamda NDVI ko‘rsatkichlari o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik baholandi. Olingan statistik natijalar geoekologik monitoringning ilmiy ishonchliligini oshirish hamda sanoat chiqindilarining ekologik xavfini kompleks baholash imkonini berdi.

NATIJALAR VA TAHLIL

Tadqiqot davomida kimyo sanoati korxonalari hududlarida fosfogips chiqindilari va texnogen oqava suvlarning ekologik ta’siri GIS hamda masofadan zondlash texnologiyalari asosida kompleks tahlil qilindi. Olingan natijalar geoaxborot texnologiyalarining ekologik monitoring samaradorligini sezilarli darajada oshirishini ko‘rsatdi. ArcGIS va QGIS platformalari yordamida ekologik xavf zonalarining fazoviy xaritalari ishlab chiqildi hamda sanoat hududlarida ifloslantiruvchi moddalar migratsiyasi modellashtirildi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, fosfogips chiqindilari saqlanadigan hududlarda tuproqning sulfatlanish darajasi yuqori ekanligi aniqlandi. Ayniqsa, chiqindi poligonlariga yaqin hududlarda tuproq tarkibidagi sulfat ionlari va minerallashuv ko‘rsatkichlari me’yoriy darajadan sezilarli yuqori ekanligi kuzatildi. Laboratoriya tahlillari ayrim hududlarda og‘ir metall ionlari - qo‘rg‘oshin (Pb), kadmiy (Cd), xrom (Cr) va rux (Zn) konsentratsiyasi ekologik me’yorlardan oshganligini ko‘rsatdi. Bu esa fosfogips chiqindilarining uzoq muddatli ekologik xavf manbai ekanligini tasdiqlaydi. Sun’iy yo‘ldosh tasvirlari va GIS platformalari asosida quyidagi ekologik o‘zgarishlar aniqlandi:

1. Tuproq degradatsiyasi darajasining ortishi;
2. O‘simlik qoplami zichligining kamayishi;
3. Yer sirt haroratining oshishi;
4. Oqartirilmagan oqava suvlarning suv obyektlariga salbiy ta’siri;
5. Ekologik xavf zonalarining kengayishi.

NDVI indeksi asosida olib borilgan tahlillar sanoat chiqindilari ta’siridagi hududlarda vegetatsiya zichligi kamayganligini ko‘rsatdi. Ayniqsa, fosfogips poligonlariga yaqin maydonlarda o‘simlik qoplami degradatsiyasi yuqori darajada ekanligi kuzatildi. Bu holat tuproqning kimyoviy tarkibi o‘zgarishi va toksik elementlarning ko‘payishi bilan izohlanadi. LST (Land Surface Temperature) indeksi yordamida yer sirt haroratining hududiy taqsimoti baholandi. Tadqiqot natijalari sanoat chiqindilari saqlanadigan hududlarda yer sirt harorati atrofdagi tabiiy hududlarga nisbatan yuqori ekanligini ko‘rsatdi. Bu esa texnogen landshaftlarning shakllanishi va tuproq namligining kamayishi bilan bog‘liq ekanligi aniqlandi. GIS tahlillari natijasida ifloslanish darajasi sanoat korxonalariga yaqin hududlarda yuqori, uzoqlashgan sari esa bosqichma-bosqich kamayishi kuzatildi. Ushbu holat chiqindilar migratsiyasi sanoat faoliyati bilan bevosita bog‘liqligini tasdiqlaydi. Fazoviy interpolatsiya usullari asosida ishlab chiqilgan ekologik xavf xaritalari og‘ir metall ionlari va sulfatlarning asosiy tarqalish zonalarini aniqlash imkonini berdi. Tadqiqot davomida geoaxborot texnologiyalarining quyidagi ilmiy-amaliy afzalliklari aniqlandi:

- ekologik xavf zonalarini tezkor aniqlash imkoniyati yaratildi;

- sanoat chiqindilarining hududiy migratsiyasi modellashtirildi;
- tuproq va suv resurslarining ifloslanish darajasi fazoviy jihatdan baholandi;
- ekologik monitoringning operativligi va aniqligi oshirildi;
- ekologik ma’lumotlarning yagona raqamli bazasi shakllantirildi;
- ekologik prognozlash imkoniyatlari kengaydi.

Tahlil natijalari sanoat chiqindilarining nazoratsiz saqlanishi uzoq muddatda tuproq degradatsiyasi, suv resurslarining ifloslanishi va ekologik muvozanatning buzilishiga olib kelishini ko‘rsatdi. Shu sababli fosfogips va boshqa texnogen chiqindilarni qayta ishlash texnologiyalarini joriy etish, ekologik monitoring tizimlarini GIS asosida avtomatlashtirish hamda sanoat hududlarida muntazam geoekologik nazoratni kuchaytirish zarurligi aniqlandi.

MUHOKAMA

Bugungi kunda GIS va masofadan zondlash texnologiyalari geoekologik monitoringning eng istiqbolli yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Ushbu texnologiyalar ekologik ma’lumotlarni tezkor yig‘ish, qayta ishlash va tahlil qilish imkoniyatini beradi. Kimyo sanoati korxonalarida ekologik monitoring tizimlarini raqamlashtirish ekologik xavflarni kamaytirish hamda ekologik boshqaruv samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. GIS va masofadan zondlash texnologiyalarining integratsiyasi quyidagi ustunliklarni ta’minlaydi:

1. ekologik monitoringning operativligini oshirish;
2. ekologik xavf zonalarini modellashtirish;
3. real vaqt rejimida monitoring olib borish;
4. ekologik prognozlash imkoniyatlarini kengaytirish;
5. ekologik boshqaruv tizimlarini avtomatlashtirish.

Kelgusida sun’iy intellekt, IoT sensorlari hamda GIS platformalarining integratsiyasi ekologik monitoring tizimlarini yanada takomillashtirishga xizmat qiladi.

XULOSA

Tadqiqot natijalari kimyo sanoati chiqindilarining ekologik xavfini baholashda GIS va masofadan zondlash texnologiyalarining integratsiyasi yuqori samaradorlikka ega ekanligini ko‘rsatdi. Geoaxborot tizimlari yordamida fosfogips chiqindilarining hududiy tarqalishi, tuproq va suv resurslariga ta’siri hamda ekologik xavf zonalari fazoviy jihatdan aniqlandi. Masofadan zondlash texnologiyalari esa ekologik o‘zgarishlarni tezkor monitoring qilish, degradatsiyaga uchragan hududlarni aniqlash va ekologik holat dinamikasini baholash imkonini berdi.

Kimyoviy laboratoriya tahlillari natijasida sanoat hududlariga yaqin joylarda sulfatlar, fosfatlar hamda og‘ir metall ionlari konsentratsiyasi yuqori ekanligi aniqlandi. ArcGIS va QGIS platformalari asosida ishlab chiqilgan ekologik xavf xaritalari ifloslanish darajasi yuqori bo‘lgan hududlarni aniqlash va monitoring tizimini optimallashtirish imkonini berdi. Sun’iy yo‘ldosh ma’lumotlari asosida o‘simlik qoplami zichligining kamayishi, tuproq degradatsiyasi va yer sirt haroratining oshishi kabi geoekologik o‘zgarishlar kuzatildi.

Tadqiqot asosida quyidagi xulosalarga kelindi:

1. GIS texnologiyalari ekologik monitoringning aniqligi va operativligini oshiradi;
2. masofadan zondlash ma’lumotlari ekologik o‘zgarishlarni real vaqt rejimida kuzatish imkonini beradi;
3. fosfogips chiqindilarining tuproq va suv resurslariga salbiy ta’siri geoekologik jihatdan tasdiqlandi;
4. ekologik xavf zonalarini modellashtirish sanoat chiqindilarining tarqalish dinamikasini prognoz qilish imkonini yaratadi;
5. GIS asosidagi monitoring tizimlari ekologik boshqaruv samaradorligini oshiradi.

Kelgusida kimyo sanoati korxonalarida GIS asosidagi avtomatlashtirilgan ekologik monitoring platformalarini joriy etish, IoT sensorlari va sun’iy intellekt texnologiyalarini integratsiyalash hamda masofadan zondlash ma’lumotlaridan keng foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Bu esa sanoat chiqindilarining ekologik xavfini kamaytirish, tabiiy resurslarni muhofaza qilish hamda ekologik xavfsizlikni ta’minlashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Adabiyotlar

[1]. United Nations Environment Programme (UNEP). *Global Environment Outlook*. – Nairobi: UNEP, 2023.
[2]. Alloway B.J. *Heavy Metals in Soils*. – Springer, 2019.
[3]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 30-oktabrdagi PF–5863-son Farmoni “2030-yilgacha bo‘lgan davrda O‘zbekiston Respublikasining atrof-muhitni muhofaza qilish konsepsiyasini tasdiqlash to‘g‘risida”.
[4]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 2-martdagi PQ–153-son Qarori “Suv xo‘jaligi obyektlarida raqamli texnologiyalarni keng joriy etish chora-tadbirlari to‘g‘risida”.
[5]. Burrough P.A., McDonnell R.A. *Principles of Geographical Information Systems*. – Oxford University Press, 2018.
[6]. Otakuziyeva V. U. Oltin (III) ionini inert organik erituvchilar yordamida tanlab ekstraksiyalash va uni metilen ko‘ki (MK) bilan bevosita organik fazada aniqlash // Строительство и образование. 2025. №5. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/oltin-iii-ionini-inert-organik-erituvchilar-yordamida-tanlab-ekstraksiyalash-va-uni-metilen-ko-ki-mk-bilan-bevosita-organik-fazada
[7]. Otakuzieva Vazira Usmonjonovna OLTIN (III) Ionini ekstraksion ajratib olish va organik reagentlar bilan to‘g‘ridan to‘g‘ri organik fazada kompleks hosil qilishning spektrofotometrik tadqiqi // Строительство и образование. 2024. №Спецвыпуск 2. URL: https://cyberleninka.ru/article/n/oltin-iii-ionini-ekstraksion-ajratib-olish-va-organik-reagentlar-bilan-to-g-ridan-to-g-ri-organik-fazada-kompleks-hosil-qilishning
[8]. Ahmedov, Sultan, and Shahzodbek Abdunazarov. "Polimer chiqindilarni qayta ishlash muammolari." Empowerment of youth intellectual success (EYIS) 2.3 (2025): 31-34.
[9]. Longley P., Goodchild M., Maguire D., Rhind D. Geographical *Information Systems and Science*. – Wiley, 2021.
[10]. Jensen J.R. *Remote Sensing of the Environment: An Earth Resource Perspective*. – Pearson Education, 2016.
[11]. Lillesand T., Kiefer R., Chipman J. *Remote Sensing and Image Interpretation*. – Wiley, 2020.
[12]. Skoog D.A., Holler F.J., Crouch S.R. *Principles of Instrumental Analysis*. – Cengage Learning, 2018.
[13]. Harris D.C. *Quantitative Chemical Analysis*. – W.H. Freeman and Company, 2020.

TO‘LDIRUVCHILAR TURLARI VA ULARNING XUSUSIYATLARI

H.S. Solijonov, I.Q. Sharipov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
e-mail: solijonov_hojiakbar@mail.ru, ORCID: 0009-0009-2649-0371
e-mail: sharipovislomjon779@gmail.com, ORCID: 0009-0001-0254-0188
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada qurilish materiallari tarkibida keng qo‘llaniladigan to‘ldiruvchilarning turlari, ularning tasnifi hamda asosiy fizik-mexanik xususiyatlari batafsil tahlil qilinadi. To‘ldiruvchilar beton va turli qorishmalar hajmining asosiy qismini tashkil etib, materialning nafaqat mustahkamligi, balki zichligi, issiqlik va tovush o‘tkazuvchanligi, sovuqqa chidamliligi hamda umumiy iqtisodiy samaradorligiga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatadi. Shu jihatdan ularni to‘g‘ri tanlash va ilmiy asosda qo‘llash qurilish texnologiyalarining muhim bosqichi hisoblanadi. Maqolada to‘ldiruvchilar kelib chiqishiga ko‘ra uch asosiy guruhga - tabiiy, sun’iy va sanoat chiqindilari asosida olingan to‘ldiruvchilarga ajratilib o‘rganiladi. Tabiiy to‘ldiruvchilarga qum, shag‘al va chaqiq toshlar kiradi va ular keng tarqalganligi hamda nisbatan arzonligi bilan ajralib turadi. Sun’iy to‘ldiruvchilar esa maxsus texnologik jarayonlar asosida olinib, ularning xossalarini oldindan boshqarish imkoniyati mavjud. Sanoat chiqindilari asosidagi to‘ldiruvchilar, jumladan metallurgiya shlaklari, IES kullari aralashmalari va boshqa ikkilamchi resurslar ekologik muammolarni kamaytirish bilan birga iqtisodiy samaradorlikni oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Shuningdek, maqolada to‘ldiruvchilarning asosiy fizik-mexanik ko‘rsatkichlari tahlil qilinadi.*

Kalit so‘zlar: *To‘ldiruvchi, tabiiy, sun’iy, sanoat chiqindilari, qum, shag‘al, chaqiq tosh, keramzit, agloporit, ko‘pchitilgan vermikulit, ko‘pchitilgan perlit, keramporit, kamporit, karboporit, yog‘och chiqindilari, IES kullari, domna shlaklari, zichlik, issiqlik o‘tkazuvchanlik, mustahkamlik.*

Аннотация. *В данной статье подробно анализируются виды наполнителей, широко используемых в составе строительных материалов, их классификация и основные физико-механические свойства. Наполнители составляют основную часть объема бетона и различных смесей, существенно влияя не только на прочность, но и на плотность, тепло- и звукопроводимость, морозостойкость и общую экономическую эффективность материала. В связи с этим правильный выбор и научно обоснованное применение является важным этапом строительных технологий. В статье изучаются наполнители, разделенные на три основные группы по происхождению - природные, искусственные и наполнители, полученные на основе промышленных отходов. К природным наполнителям относятся песок, щебень и щебень, которые отличаются*

широким распространением и относительной дешевизной. Искусственные наполнители получаются на основе специальных технологических процессов и имеется возможность предварительного управления их свойствами. Наполнители на основе промышленных отходов, включая металлургические шлаки, смеси золы ТЭС и другие вторичные ресурсы, играют важную роль в снижении экологических проблем и повышении экономической эффективности. В статье также анализируются основные физико-механические показатели наполнителей.

Ключевые слова: *Наполнитель, природный, искусственный, промышленные отходы, песок, гравий, щебень, керамзит, аглопорит, вспученный вермикулит, вспученный перлит, керампорит, кампорит, карбопорит, древесные отходы, зола ТЭС, доменные шлаки, плотность, теплопроводность, прочность.*

Abstract. *This article provides a detailed analysis of the types of fillers widely used in construction materials, their classification, and their primary physico-mechanical properties. Fills make up the bulk of concrete and various mixtures, significantly affecting not only the strength but also the density, thermal and sound conductivity, frost resistance, and overall economic efficiency of the material. In this regard, their correct selection and scientifically grounded application is an important stage of construction technologies. The article examines fillers by dividing them into three main groups based on their origin: natural, artificial, and fillers derived from industrial waste. Natural fillers include sand, gravel, and crushed stone, and they are distinguished by their wide distribution and relatively low cost. Artificial fillers are obtained through special technological processes, and their properties can be controlled in advance. Fillers based on industrial waste, including metallurgical slags, TPP ash mixtures, and other secondary resources, play an important role in reducing environmental problems while increasing economic efficiency. The article also analyzes the main physical and mechanical indicators of fillers.*

Keywords: *Filler, natural, artificial, industrial waste, sand, gravel, crushed stone, keramzit, agloporit, expanded vermiculite, expanded perlite, keramporit, camporit, carboporit, wood waste, TPP ash, blast furnace slag, density, thermal conductivity, strength.*

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 23-maydagi PQ-4335-sonli “Qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirishga oid qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi qarori [1], hamda mazkur faoliyatga tegishli boshqa me’yoriy-huquqiy hujjatlarda belgilangan vazifalarni amalga oshirishda ushbu maqola muayyan darajada xizmat qiladi.

To‘ldiruvchilar - ma’lum o‘lcham va tarkibga ega bo‘lgan tabiiy yoki sun’iy materiallar bo‘lib, ular bog‘lovchi modda va suv bilan aralashtirilganda beton hosil qiluvchi asosiy komponentlardan biri hisoblanadi. Ularning narxi beton va temir-beton konstruksiyalar umumiy narxining taxminan 30-50 foizini tashkil etadi. Shu sababli to‘ldiruvchilarni chuqur o‘rganish, ularni to‘g‘ri tanlash, me’yor asosida ishlab chiqarish va samarali qo‘llash xalq xo‘jaligi uchun muhim ahamiyatga ega [2].

To‘ldiruvchilar beton tarkibida eng muhim komponentlardan biri bo‘lib, ular beton hajmining katta qismini tashkil etadi va uning fizik-mexanik xossalariga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Ularning asosiy vazifalari quyidagilardan iborat:

- To‘ldiruvchilar beton hajmining 70-80 % gacha qismini egallaydi. Shu sababli ular tarkibida eng qimmat komponent hisoblangan sement va boshqa bog‘lovchi materiallar sarfini sezilarli darajada kamaytiradi. Bu esa beton ishlab chiqarishning umumiy tannarxini pasaytiradi va iqtisodiy samaradorlikni oshiradi.
- Sement toshi qotish jarayonida hajmiy o‘zgarishlarga uchraydi, ya’ni cho‘kish deformatsiyalari yuz beradi. Bu cho‘kish bir xil bo‘lmaganda ichki zo‘riqishlar hosil bo‘lib, mikro va ko‘zga ko‘rinmaydigan yoriqlar paydo bo‘lishiga olib keladi. Bunday yoriqlar sement toshining mustahkamligi va chidamliligini kamaytiradi. To‘ldiruvchilar esa beton ichida qattiq karkas hosil qilib, ushbu deformatsiyalarni qabul qiladi va ularni sezilarli darajada kamaytiradi.
- Yuqori mustahkamlikka ega to‘ldiruvchilar beton tarkibida mustahkam karkas hosil qiladi. Bu betonning umumiy mustahkamligini, elastiklik modulini oshiradi hamda uning cho‘zilish va siqilishga qarshiligini yaxshilaydi. Natijada beton konstruksiyalar yanada ishonchli va bardoshli bo‘ladi.
- Yengil va g‘ovak to‘ldiruvchilar betonning zichligini kamaytiradi hamda issiqlik o‘tkazuvchanligini pasaytiradi. Bunday betonlar asosan issiqlik izolyatsiyasi talab qilinadigan

devor, tom va to‘siq konstruksiyalarida qo‘llaniladi. Bu esa binolarning energiya tejamkorligini oshiradi.

➢ Ayrim og‘ir va maxsus to‘ldiruvchilar betonning radiatsion nurlanishni to‘sish xususiyatini oshiradi. Bunday betonlar atom elektr stansiyalari, laboratoriyalar va radiatsiya xavfi mavjud inshootlarda himoya materiali sifatida ishlatiladi.

Kelib chiqishiga ko‘ra to‘ldiruvchilar uchta asosiy guruhga ajratiladi:

1) tabiiy to‘ldiruvchilar;

2) sun’iy to‘ldiruvchilar;

3) sanoat chiqindilari asosida olingan to‘ldiruvchilar [2].

Tabiiy to‘ldiruvchilar - bu tabiatda tayyor holda uchraydigan va faqat mexanik ishlov orqali qurilishda qo‘llaniladigan materiallardir. Ular asosan tog‘ jinslari va daryo yoki dengiz cho‘kindilaridan olinadi (1-rasm). Ular quyidagilar:

Qum

Shag‘al

Chaqiq tosh

1-rasm. Tabiiy to‘ldiruvchilar.

Qum - tog‘ jinslarining uzoq muddatli tabiiy emirilishi natijasida hosil bo‘lgan, o‘lchami 0,14 mm dan 5 mm gacha bo‘lgan mayda donachalardan iborat sochiluvchan materialdir. U asosan daryo, ko‘l, dengiz va karyerlardan olinadi. Qum donalari turli shakl va sirt tuzilishiga ega bo‘lib, bu uning qurilishdagi xossalariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Masalan, daryo qumi silliq va yumaloq donalarga ega bo‘lsa, karyer qumi burchakli va g‘adir-budur bo‘ladi, bu esa beton bilan yaxshiroq yopishishini ta’minlaydi. Qum beton va qorishmalar tarkibida mayda to‘ldiruvchi sifatida ishlatiladi hamda aralashmaning zichligini oshiradi, bo‘shliqlarni to‘ldiradi va umumiy mustahkamlikka ijobiy ta’sir ko‘rsatadi (1-jadval). Shuningdek, uning tarkibidagi loy, chang va organik aralashmalar miqdori me’yor doirasida bo‘lishi zarur, chunki ortiqcha aralashmalar beton sifatini pasaytirishi mumkin [2].

1-jadval

Donalari yirikligi bo‘yicha qum guruhi

№	Qum	Yiriklik moduli	0,63 mm ko‘zli elakda qolgan to‘liq qoldiq (%)
1	O‘ta yirik	3 - 3,5	65 - 75
2	Yirik	2,5 - 3	45 - 65
3	O‘rta	2 - 2,5	30 - 45
4	Mayda	1,5 - 2	10 - 30
5	O‘ta mayda	1 - 1,5	10 gacha

Shag‘al - yirikligi odatda 5 mm dan 70 mm gacha, ayrim hollarda undan ham katta bo‘lishi mumkin bo‘lgan tog‘ jinslarining tabiiy yemirilishi yoki mexanik maydalash jarayonida hosil bo‘lgan tosh bo‘laklaridan iborat qurilish materiali hisoblanadi. U asosan daryo o‘zanlari, tog‘ etaklari va maxsus karyerlardan olinadi. Shag‘al donalari yumaloq yoki biroz silliqlangan shaklga ega bo‘lib, bu ularning uzoq vaqt suv oqimi ta’sirida sayqallanganligi bilan izohlanadi. Qurilishda shag‘al, beton va temir-beton konstruksiyalarda yirik to‘ldiruvchi sifatida keng qo‘llaniladi. U beton tarkibida mustahkam karkas hosil qilib, yuk ko‘tarish qobiliyatini oshiradi, zichligini ta’minlaydi va konstruksiyaning uzoq muddat xizmat qilishiga yordam beradi. Shag‘alning sifati uning

donalarining mustahkamligi, tozaligi, tarkibidagi chang, loy va organik aralashmalar miqdori bilan baholanadi. Sifatli shag‘al betonning mustahkamligi va chidamliligiga bevosita ijobiy ta’sir ko‘rsatadi (2-jadval) [2].

2-jadval

Shag‘alning maydalanish bo‘yicha mustahkamligiga ko‘ra markasi

Ko‘rsatkichlar	Shag‘alning markasi			
	Dr - 8	Dr - 12	Dr - 16	Dr - 24
Maydalanish miqdori (%)	8 gacha	8 - 12	12 - 16	16 - 24
Siqilishdagi mustahkamlik chegarasi (MPa)	100 dan ko‘p	80 - 100	60 - 80	40 - 60

Chaqiq tosh - noorganik tarkibli qurilish materiali bo‘lib, uning zarralari yirikligi 5 mm dan katta bo‘ladi. U tabiiy tog‘ jinslarini maxsus maydalash uskunalarida maydalash orqali olinadi. Chaqiq tosh donalari odatda burchakli, qirrali va g‘adir-budur yuzaga ega bo‘ladi. Bu xususiyat uning sement qorishmasi bilan yaxshi yopishishini ta’minlaydi va betonning mustahkamligini oshiradi. Qurilish amaliyotida chaqiq tosh yuqori mustahkamlikka ega betonlar, temir-beton konstruksiyalar, yo‘l qurilishi va poydevor ishlarida asosiy yirik to‘ldiruvchi sifatida keng qo‘llaniladi. U beton tarkibida mustahkam karkas hosil qilib, yuk ko‘tarish qobiliyatini oshiradi, deformatsiyaga chidamliligini kuchaytiradi va konstruksiyaning uzoq muddat xizmat qilishini ta’minlaydi. Chaqiq toshning sifati uning mustahkamligi, donalar shakli, tozaligi hamda tarkibidagi chang va loy aralashmalar miqdori bilan belgilanadi. Sifatli chaqiq toshdan foydalanish betonning umumiy fizik-mexanik xossalarini sezilarli darajada yaxshilaydi [2].

Sun’iy to‘ldiruvchilar - bu tabiiy holda uchramaydigan, maxsus texnologik jarayonlar orqali sanoatda ishlab chiqariladigan yoki qayta ishlash natijasida olinadigan qurilish materiallaridir. Ular xomashyoni termik yoki mexanik usulda qayta ishlash orqali hosil qilinadi (2-rasm). Sun’iy to‘ldiruvchilar yengil tuzilishga ega bo‘lib, issiqlik va tovushni yaxshi izolyatsiya qiladi hamda ularning xossalarini oldindan boshqarish mumkin. Ular asosan yengil betonlar va maxsus qurilish konstruksiyalarida keng qo‘llaniladi. Ular quyidagilar:

Keramzit

Agloporit

Ko‘pchitilgan vermikulit

Ko‘pchitilgan perlit

2-rasm. Sun’iy to‘ldiruvchilar.

Keramzit - tarkibida kimyoviy bog‘langan suvi ko‘p bo‘lgan oson eriydigan gillarni yuqori haroratda tez qizdirish natijasida ko‘pchitib olinadigan g‘ovak sun’iy to‘ldiruvchidir. Uni olish jarayoni keramik materiallar ishlab chiqarishga o‘xshash bo‘lib, avval xomashyodan keramzit granulalari tayyorlanadi. Granulalar quritish barabanlarida quritilib, keyin 25-45 daqiqa davomida aylanma pechlarda pishiriladi. Keramzit shag‘ali 5-10 mm, 10-20 mm va 20-40 mm fraksiyalarda, qumi esa 5 mm gacha bo‘lgan o‘lchamlarda ishlab chiqariladi. O‘rtacha zichligiga ko‘ra keramzit 150 kg/m³ dan 800 kg/m³ gacha bo‘lgan markalarda bo‘ladi. Uning siqilishga mustahkamligi 0,3-5,5 MPa, suv shimuvchanligi 15-25 %, sovuqqa chidamliligi esa F15 ni tashkil etadi. Keramzit asosan yengil betonlar tayyorlashda yirik to‘ldiruvchi sifatida hamda issiqlik izolyatsion material sifatida keng qo‘llaniladi [3].

Agloporit - gil va ko‘mir kukuni aralashmasidan tayyorlangan granulalarni maxsus aglomeratsiya panjarasida yuqori haroratda pishirish orqali olinadigan g‘ovak sun’iy to‘ldiruvchidir. Tayyorlash jarayonida xomashyo aralashmasi granulalarga aylantirilib, aglomeratsiya panjarasida taxminan 25-45 daqiqa davomida kuydiriladi. Ushbu jarayonda ko‘mir kukuni yonishi natijasida gazlar ajralib chiqadi va granulalar ichida g‘ovaklar hosil bo‘ladi. Pishirish jarayonidan so‘ng

olingan material sovitiladi, turli fraksiyalarga ajratiladi. Natijada qurilishda ishlatishga qulay bo‘lgan yengil va g‘ovak tuzilishga ega agloporit hosil bo‘ladi. Agloporitning o‘rtacha zichligi 300-1000 kg/m³ oralig‘ida bo‘lib, siqilishga mustahkamligi 0,3-3 MPa ni tashkil etadi. Bu ko‘rsatkichlar uning yengil betonlar uchun mos material ekanligini ko‘rsatadi. Agloporit asosan keramzitga o‘xshash tarzda yengil betonlar tayyorlashda yirik to‘ldiruvchi sifatida hamda issiqlik va tovush izolyatsiyasi materiallari sifatida keng qo‘llaniladi. U qurilish konstruksiyalarining og‘irligini kamaytirish, issiqlikni saqlash va energiya samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega [3].

Ko‘pchitilgan vermikulit - O‘rta Osiyoda vermikulit rudalarining yagona yirik koni Qoraqalpog‘iston Respublikasidagi Tebinbuloq konida joylashgan bo‘lib, u qurilish va sanoat uchun muhim xomashyo manbalaridan biri hisoblanadi. Ko‘pchitilgan vermikulit tabiiy vermikulit mineralini 900-1200°C haroratda maxsus pechlarda kuydirish orqali olinadi. Yuqori harorat ta’sirida mineral tarkibidagi suv bug‘lanib chiqadi va qatlamlar orasida kengayish yuz beradi. Natijada vermikulit hajmi 10-20 barobar ortib, juda yengil va g‘ovak tuzilishga ega material hosil bo‘ladi. Ko‘pchitilgan vermikulitning muhim xususiyatlaridan biri uning juda past zichligidir. Uning zichligi donachalarining o‘lchamiga qarab 80 kg/m³ dan 400 kg/m³ gacha bo‘ladi. Shu bilan birga, u issiqlikni juda yomon o‘tkazadi, ya’ni yuqori issiqlik izolyatsion xususiyatga ega bo‘lib, issiqlik o‘tkazuvchanligi 0,05-0,9 W/m·K oralig‘ida bo‘ladi. Ushbu xossalari tufayli ko‘pchitilgan vermikulit qurilishda yengil betonlar tayyorlashda, issiqlik va tovush izolyatsiyasi materiallari sifatida, shuningdek, yong‘inga chidamli qatlamlar yaratishda keng qo‘llaniladi. Bundan tashqari, u qishloq xo‘jaligida tuproqni yengillashtirish va namlikni ushlab turish xususiyati uchun ham ishlatiladi [4].

Ko‘pchitilgan perlit - asosan oq yoki och kulrang rangli donalar ko‘rinishidagi, yuqori darajada g‘ovak tuzilishga ega sun’iy yengil to‘ldiruvchidir. U tabiiy perlit tog‘ jinsini maxsus texnologik jarayon orqali qayta ishlash natijasida olinadi. Ishlab chiqarish jarayonida tabiiy perlit aylanadigan yoki shaxtali pechlarda 900-1200°C haroratda tez qizdiriladi. Ushbu yuqori harorat ta’sirida tog‘ jinsining tarkibida mavjud bo‘lgan strukturaviy bog‘langan suv jadal bug‘lanib chiqadi. Natijada material ichida ko‘plab mayda g‘ovaklar hosil bo‘ladi va perlit zarrachalari keskin kengayadi. Shu sababli uning hajmi 5-12 barobar, ba’zan undan ham ko‘proq ortadi. Hosil bo‘lgan ko‘pchitilgan perlit juda yengil va g‘ovak material hisoblanadi. U yuqori issiqlik izolyatsion xususiyatga ega bo‘lib, qurilishda energiya tejamkorligini ta’minlashda muhim rol o‘ynaydi. Ko‘pchitilgan perlit asosan yengil betonlar tayyorlashda, issiqlik va tovush izolyatsiyasi qatlamlarida, devor va tom konstruksiyalarida keng qo‘llaniladi. Uning yengilligi va ekologik xavfsizligi uni zamonaviy qurilishda juda samarali materialga aylantiradi [4].

Keramporit - bu yengil g‘ovak sun’iy to‘ldiruvchi bo‘lib, asosan gil, mineral xomashyolar va ayrim qo‘shimchalarni yuqori haroratda kuydirish yoki maxsus texnologik ishlov berish orqali olinadi. Ishlab chiqarish jarayonida xomashyo qizdirilganda uning tarkibidagi gazlar ajralib chiqadi va natijada ichki g‘ovak tuzilish hosil bo‘ladi. Shu sababli keramporit yengil va ko‘p bo‘shliqli materialga aylanadi. Keramporit donalari kichik zichlikka ega bo‘lib, issiqlikni yomon o‘tkazadi va tovush izolyatsiyasi xususiyatlari ham yaxshi hisoblanadi (3-jadval). Bu uni qurilishda juda foydali materialga aylantiradi. U asosan yengil betonlar tayyorlashda, issiqlik izolyatsion qatlamlarda, devor bloklari va qurilish konstruksiyalarining og‘irligini kamaytirish maqsadida keng qo‘llaniladi. Shuningdek, keramporit ishlatilishi binolarning energiya samaradorligini oshirishga ham xizmat qiladi.

3-jadval

Keramporitning fizik-mexanik xususiyatlari

№	Ko‘rsatkichlar			
1	Zichlik (kg/m^3)	Mustahkamlik (MPa)	Suv shimuvchanlik (%)	Pishirish harorati (°C)
2	710 - 810	1,1 - 2,3	17 - 29	1180 - 1200

Kamporit - tog‘ bag‘ri atrofidagi tuf va datsit porfirlari asosida olinadigan sun’iy g‘ovak to‘ldiruvchidir. Ishlab chiqarish jarayonida xomashyo qizdirilganda uning tarkibidagi bog‘langan

gazlar va namlik ajralib chiqadi, natijada ichki bo‘shliqlar hosil bo‘lib, material yengil va g‘ovak tuzilishga ega bo‘ladi. Kamporitning asosiy xususiyatlari uning past zichlikka ega bo‘lishi, issiqlikni yomon o‘tkazishi va yaxshi tovush izolyatsiya xossalariga egaligidir (4-jadval). U asosan yengil betonlar tayyorlashda, issiqlik va tovush izolyatsiyasi qatlamlarida hamda qurilish konstruksiyalarining og‘irligini kamaytirish maqsadida qo‘llaniladi.

4-jadval

Kamporitning fizik-mexanik xususiyatlari

№	Ko‘rsatkichlar		
1	Zichlik (kg/m^3)	Mustahkamlik (MPa)	Suv shimuvchanlik (%)
2	650 - 735	5,1 - 6,7	15,9 - 17,4

Karboporit - dolomit va dolomitsimon ohaktosh chiqindilari asosida olinadigan sun’iy g‘ovak to‘ldiruvchidir. Pishirish jarayonida ko‘mir yonib gaz ajraladi, natijada material ichida ko‘plab g‘ovaklar hosil bo‘ladi va uning hajmi kengayadi. Karboporit yengil, g‘ovak tuzilishga ega bo‘lib, past zichlik va yaxshi issiqlik izolyatsion xususiyatlari bilan ajralib turadi. Shu sababli u issiqlikni yomon o‘tkazadi va qurilishda energiya samaradorlikni oshirishga yordam beradi. U asosan yengil betonlar tayyorlashda, issiqlik va tovush izolyatsiyasi materiallarida hamda qurilish konstruksiyalarining og‘irligini kamaytirish maqsadida keng qo‘llaniladi. Karboporit ishlatilishi binolarning mustahkamligi va issiqlik tejamkorligini yaxshilashga xizmat qiladi.

Sanoat chiqindilari asosida olingan to‘ldiruvchilar - bu turli sanoat tarmoqlarida hosil bo‘ladigan chiqindilarni qayta ishlash yoki ulardan foydalanish natijasida olinadigan qurilish materiallaridir. Bunday to‘ldiruvchilar ekologik jihatdan muhim bo‘lib, chiqindilar miqdorini kamaytirish va ularni foydali mahsulotga aylantirishga xizmat qiladi. Ushbu guruhga metallurgiya shlaklari, issiqlik elektr stansiyalari (IES) kullari va boshqa sanoat chiqindilari kiradi (3-rasm).

Yog‘och qirindisi

IES kullari

Domna shlaklari

3-rasm. Sanoat chiqindilari asosida olingan to‘ldiruvchilar.

Ular maydalash, elash yoki maxsus ishlov berish orqali qurilishda foydalanishga mos holga keltiriladi. Sanoat chiqindilari asosidagi to‘ldiruvchilar odatda arzon, mustahkam va barqaror xossalarga ega bo‘lib, beton va qorishmalar tarkibida keng qo‘llaniladi. Ular yengil yoki og‘ir betonlar tayyorlashda, yo‘l qurilishida hamda turli qurilish konstruksiyalarida ishlatiladi. Shu bilan birga, ularni qo‘llash ekologik muammoni kamaytirishga va resurslarni tejashga yordam beradi. Ular quyidagilar:

Yog‘och chiqindilari asosidagi to‘ldiruvchilar - bu yog‘ochni qayta ishlash jarayonida hosil bo‘ladigan chiqindilardan tayyorlanadigan yengil organik to‘ldiruvchilardir. Ular tabiiy kelib chiqishga ega bo‘lib, asosan yog‘och sanoati chiqindilarini qayta ishlash orqali olinadi. Bunday to‘ldiruvchilar yengil vaznga ega, issiqlik va tovushni yaxshi izolyatsiya qiladi hamda ekologik jihatdan foydali hisoblanadi. Shu sababli ular qurilishda energiya tejamkor materiallar yaratishda muhim ahamiyatga ega. Yog‘och chiqindilari asosidagi to‘ldiruvchilar asosan yengil betonlar, issiqlik izolyatsion panellar, devor bloklari va boshqa qurilish materiallarini tayyorlashda qo‘llaniladi. Biroq ularning namlikka va biologik ta’sirlarga chidamliligini oshirish uchun maxsus ishlov berish talab etiladi [4].

Issiqlik elektr stansiyasi (IES) kullari - har yili ko‘mir, slanets yoki torf yoqilg‘ilarida ishlaydigan issiqlik elektr stansiyalari pechlaridan katta miqdorda kul chiqadi. Ushbu sanoat chiqindisi ko‘p hollarda to‘liq qayta ishlanmaydi va kam miqdorda foydalaniladi, bu esa ekologik

va iqtisodiy jihatdan ma’lum muammolarni keltirib chiqaradi. Biroq ilmiy tadqiqotlar va ishlab chiqarish tajribasi shuni ko‘rsatadiki, issiqlik elektr stansiyalarida hosil bo‘ladigan kulni qurilish materiallari sanoatida samarali qo‘llash mumkin. Xususan, u beton tarkibida mayda to‘ldiruvchi sifatida ishlatilishi yoki sun’iy to‘ldiruvchilar ishlab chiqarish uchun xomashyo vazifasini bajarishi mumkin. Kulning mayda dispers tuzilishga ega bo‘lishi beton aralashmasidagi bo‘shliqlarni to‘ldirishga yordam beradi, bu esa betonning zichligi, mustahkamligi va suv o‘tkazmaslik xususiyatlarini yaxshilaydi. Bundan tashqari, u sement sarfini kamaytirish orqali iqtisodiy samaradorlikni oshiradi. Shu sababli issiqlik elektr stansiyalari kullaridan foydalanish nafaqat qurilish materiallari sifatini yaxshilash, balki ekologik muhitni muhofaza qilish va sanoat chiqindilarini kamaytirishda ham muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Domna shlaklari - metallurgiya sanoatida, ayniqsa cho‘yan va po‘lat ishlab chiqarishda, katta miqdorda domna shlaklari hosil bo‘ladi. Shu bois ko‘pincha u chiqindi sifatida qaraladi va maxsus chiqindi omborlariga tashlanadi. Ammo zamonaviy yondashuvlarga ko‘ra, domna shlaklari aslida qimmatli ikkilamchi xomashyo hisoblanadi. Domna shlaklarining tarkibi asosan kalsiy, kremniy, alyuminiy va magniy oksidlaridan iborat bo‘lib, u tabiiy tog‘ jinslariga yaqin kimyoviy va fizik xossalarga ega. Shu sababli u turli sohalarda samarali qo‘llanilishi mumkin. Eng keng tarqalgan yo‘nalishlardan biri qurilish sanoatidir. Masalan, maydalangan va saralangan shlak beton ishlab chiqarishda to‘ldiruvchi sifatida ishlatiladi. Bu nafaqat tabiiy shag‘al va qumga bo‘lgan ehtiyojni kamaytiradi, balki betonning ayrim xususiyatlarini, jumladan mustahkamligi va sovuqqa chidamliligini oshiradi. Bundan tashqari, granulyatsiyalangan domna shlaklari sement ishlab chiqarishda qo‘shimcha komponent sifatida keng qo‘llanadi. U sementning gidravlik xossalarini yaxshilaydi, issiqlik ajralishini kamaytiradi va agressiv muhitlarga chidamliligini oshiradi. Yo‘l qurilishida esa shlakdan asosiy qatlamlar uchun mustahkam material sifatida foydalaniladi. Shlaklardan issiqlik va tovush izolyatsiyasi materiallari ishlab chiqarishda ham foydalanish mumkin.

Xulosa. To‘ldiruvchilar qurilish materiallari texnologiyasida, ayniqsa beton va temir-beton ishlab chiqarishda eng muhim tarkibiy qismlardan biri hisoblanadi. Ular beton tarkibining katta qismini tashkil etib, uning mustahkamligi, zichligi, issiqlik o‘tkazuvchanligi, chidamliligi va iqtisodiy samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. To‘ldiruvchilarni to‘g‘ri tanlash va ulardan oqilona foydalanish qurilish konstruksiyalarining sifatini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Kelib chiqishiga ko‘ra to‘ldiruvchilar tabiiy, sun’iy va sanoat chiqindilari asosida olingan turlarga bo‘linadi. Tabiiy to‘ldiruvchilar (qum, shag‘al, chaqiq tosh) eng ko‘p qo‘llaniladigan va nisbatan arzon materiallar bo‘lib, ular bevosita tabiiy holda olinadi. Sun’iy to‘ldiruvchilar (keramzit, agloporit, perlit, vermikulit va boshqalar) esa maxsus texnologik jarayonlar orqali ishlab chiqariladi va ularda xossalarni oldindan boshqarish imkoniyati mavjud bo‘ladi. Sanoat chiqindilari asosidagi to‘ldiruvchilar (kul, shlak va boshqalar) esa ekologik jihatdan muhim ahamiyatga ega bo‘lib, chiqindilarni qayta ishlash orqali olinadi. To‘ldiruvchilarning asosiy xususiyatlari ularning zichligi, donalar shakli, mustahkamligi, suv shimuvchanligi va issiqlik o‘tkazuvchanligi bilan belgilanadi. Yirik to‘ldiruvchilar betonning karkasini hosil qilib, uning mustahkamligini oshiradi, mayda to‘ldiruvchilar esa bo‘shliqlarni to‘ldirib, zichligini yaxshilaydi. G‘ovak to‘ldiruvchilar esa betonning issiqlik va tovush izolyatsion xususiyatlarini kuchaytiradi. To‘ldiruvchilarning beton tarkibidagi vazifasi juda keng qamrovli bo‘lib, ular nafaqat iqtisodiy jihatdan muhim, balki texnik jihatdan ham katta ahamiyatga ega. Ular betonning cho‘kish deformatsiyalarini kamaytiradi, ichki zo‘riqishlarning oldini oladi va yoriqlar paydo bo‘lishini cheklaydi. Bundan tashqari, yuqori mustahkamlikka ega to‘ldiruvchilar betonning mexanik xossalarini yaxshilaydi, yengil to‘ldiruvchilar esa issiqlik izolyatsiyasini ta’minlaydi. Shuning uchun ularni ilmiy jihatdan o‘rganish, to‘g‘ri tanlash va samarali qo‘llash qurilish sanoatining rivojlanishida muhim o‘rin tutadi. To‘ldiruvchilardan oqilona foydalanish nafaqat yuqori sifatli qurilish materiallari olishga, balki iqtisodiy va ekologik samaradorlikni oshirishga ham xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019-yil 23-maydagi PQ-4335-sonli “Qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirishga oid qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi qarori.

[2]. Xamidov A .“Beton to‘ldiruvchilar texnologiyasi”. Darslik. Toshkent. 2020.
[3]. N.A.Samig‘ov, “Qurilish materiallari va buyumlari”. Darslik. Toshkent: Cho‘lpon nomidagi NMIU 2013.
[4]. M.A.Mirzajonov, “Istiqbolli energiya tejamkor qurilish ashyolari va tizimlari”. Darslik. Farg‘ona. 2021.

FARG‘ONA VILOYATI SUG‘ORILADIGAN TUPROQLARINI BAHOLASH (DANG‘ARA TUMANI MISOLIDA)

I.X. Kimsanov[1], A.Y. Rasulov [2]*

[1]*Andijon davlat texnika universiteti*
[2]*Farg‘ona davlat texnika universiteti*
**Mas’ul muallif, e-mail: rasulovasrorjon1@gmail.com*

Annotatsiya*: Qishloq xo‘jaligida sug‘oriladigan tuproqlarning baxolashda asosiy maqsadi tuproqning unumdorligini va tuproq xossalari xususiyatlaridan kelib chiqqan holda ekinlarga xosildorlikni belgilashda muxim axamiyatga egadir. Xamda tuproq unumdorligining doimiy mavsumda bir me’yorda saqlash*

Kalit so‘zlar: *tuproq, baholash, sho‘rlanish, melioratsiya, unumdorlik, syentner, klass.*

Примечание: *Основная цель оценки орошаемых почв в сельском хозяйстве — определение плодородия почвы и урожайности сельскохозяйственных культур на основе характеристик почвенных свойств. А также поддержание плодородия почвы на постоянном уровне в течение всего сезона.*

Ключевые слова*: почва, оценка, засоление, мелиорация земель, плодородие, почва, класс.*

Annotation: *The main purpose of evaluating irrigated soils in agriculture is to determine the soil fertility and crop yield based on the characteristics of the soil properties. As well as maintaining soil fertility at a constant level throughout the season*

Keywords: *soil, evaluation, salinity, land reclamation, fertility, sientner, class.*

Tuproq bonitrovkasi – tuproq sifati va tabiiy unumdorlik darajasiga qiyosiy bah bo‘lib, ko‘p jihatdan ekinlar xosildorligi bilan bog‘liq bo‘lgan tuproq xossalari vaxususiyatlarini hissobga olgan holda amalga oshiriladi va natijasi ballarda ifodalanadi.

Sug‘oriladigan tuproqlarni sifat jihatdan baholashda uning mehanik tarkibi sho‘rlanich darajasi va va tiplari, toshloqligi, gipslashganligi, eroziya jarayonlari yuvilganligi, gumus, oziqa elementlari bilan taminlanganligiga boshqa bir qator hossalari etiborga olinadi hamda tuproqlar 100 balli yopiq shkalada baholanadi. Tumanda sug‘oriladigan qishloq xo‘jalik yer turlari tuproqlarining unumdorligi va sifat ko‘rsatkichlarini baholash ishlari 2010 yilda bajarilgan bo‘lib, tuman bo‘yicha hissoblangan o‘rtacha ball boniteti 60 balni tashkil etadi. Tumandagi qishloq xo‘jaligidan foydalanish uchun yaroqli sug‘oriladigan yerlarning mahsuldorligi bo‘yicha tuproq unumdorligi potensial imkoniyatlarini xissobga olgan holda ular sifati bo‘yicha o‘nta klass, beshta kadastr guruhiga birlashtiriladi. Tumandagi jami sug‘oriladigan yer maydoni 19114.3 gektarni tashkil etib, sifati bo‘yicha uchta kadastr guruhga birlashtirildi. Birinchi kadastr zona (guruh) ga 3-4 klasga mansub yerlar kirtilgan. Bu yerlar sug‘oriladigan yerlarning kamroq qismini bo‘lib, qishloq xo‘jaligining faol o‘zlashtirilayotgan va madaniylashtirilayotgan yerlardir. Bu guruhga kiruvchi yerlarning xossalari nisbatan turg‘un bo‘lib, hammasi sug‘orishga yaroqlidir. Shu bilan birga bu yerlarga ekiladigan ekinlar turlari cheklangan. Bu kadastr zonadagi (guruh) yerlarning tuproqlari sho‘rlangan, shamol eroziyasiga uchragan. Tuproqlari sifati bo‘yicha o‘rtachadan past bo‘lib, 21-40 balli yerlarni tashkil etadi. 3 va 4 klass ga kiruvchi sug‘oriladigan yerlarning umumiy maydoni 1663.4 ga ni tashkil qiladi. Bu klass tuproqlar Dang‘ara tumanining xamma MMTP larida tarqalgan, ayniqsa o‘rtachadan past (III-V) bunday yerlarning eng ko‘p maydonlari Naymancha (652.3 ga) Xudoyberdiyev nomidagi (628.8 ga) Sirdaryo (333 ga) MMTP larida joylashgan. Ikkinchi kadatsr zona (guruh) ga 6 va 5 klassdagi yerlar kiritilgan Bu yerlar yetarli darajada madaniylashtirilgan, yangidan sug‘oriladigan va qisman eskidan sug‘oriladigan yerlardir. Sifati bo‘yicha bu yerlarning tuproqlari o‘rtacha bo‘lib bontet balli 41-60 ga teng. Hozirgi zamon dehqonchiligida bu toifaga yerlarda madaniy – meliorativ, joriy ishlar bilan bir qatorda, kuritish, sho‘rsizlantirish, eroziyaga

Фарғона вилояти Данғара тумани

№	Massivlar nomi	Yomon yerlar		O'rtachada past		O'rtacha yerlar		Yaxshi yerlar		Eng yaxshi yerlar		Sug'oriladi ga yerlar	O'rtacha ball boniteti
		1-klass	2- klass	3- klass	4- klass	5- klass	6- klass	7- klass	8- klass	9- klass	10- klass		
		0-10	11-20	21-30	31-40	41-50	51-60	61-70	71-80	8-90	90-100		
1	Sirdaryo				333.0	1028	372.2	2683.7				4416.9	57.4
2	Naymancha				652.3	599.1	131.9	755.3	1874.2			40128	61.7
3	Ishonch					649.7		1128.3	771.0			2549.0	62.8
4	Mulkobod				49.3		803.9	1001.1				1854.3	61.7
5	Istiqbol					376.8	406.1	274.3	452.9			1510.1	61.1
6	Dang'ara					131.4	233.7	1175.1	444.6			1984.8	66.0
7	X.Xudoyberdiyev				628.8	698.0	73.0	460.2	688.9			2548.9	54.3
8	O'rmon xo'jaligi jami					220.4	17.1					237.5	44.0
9	Jami				1663.4	3703.40	2037.9	7478.0	4231.6			19114.3	60

qarshi meliorativ va agrotehnik tadbirlarini amalga oshirish orqali, yerdan to‘g‘ri foydalanish tehnologiyasini uzoq qo‘llab tuproqlarning yangi sifatlarini paydo qilishga erishish mumkin agar bu klassdagi yerlardan noto‘g‘ri foydalanilsa (xattoki) vaqtincha madaniylashtirish jarayoni to‘htab qolishdan tashqari tuproq degradatsiyasi boshlanib, gumus va ozuqa elementlarini miqdori kamayib, nishabli yerlarda eroziya jarayonlarining boshlanishi va tuproq unumdorligini pasayib ketish xolatlarga olib keladi. 5 va 6 klass yerlarning umumiy maydoni 574.3 gektar sug‘oriladigan qishloq xo‘jalik yerlarini tashkil qiladi. Bu klassdagi yerlar Dang‘ara tumanining asosiy yer maydonini tashkil qilib, o‘rtacha sifatli (5-6) yerlar Mulkobod (809.3 ga) Naymancha (731 ga) Istiqbol (782.9 ga) Xudoyberdiyev (771 ga) Sirdaryo (1440.2 ga) MMTP lari sug‘oriladigan maydonlarning katta qismini egallaydi.

To‘rtinchi kadastr zonaga (guruh) ga 61-80 balda baholangan, madaniylashtirilgan (yeskidan sug‘oriladigan va yangidan sug‘oriladigan asosan o‘rtacha madaniylashtirilgan), sifati bo‘yicha yaxshi yerlar kiritilgan. Bu yerlar uzoq muddatdan beri sug‘orilaytgi yoki madaniylashtirilayotgani tufayli, tuproq xossalari yaxshilngan va unumdorlik darajasi sezilarli darajada oshgan. Dalalar yaxshi tekislngan va texnika vositalari yordamida yaaxshilash ucchun qulaydir. Bu guruhlarda tuproq unumdorligi va ishlab chiqarish qobilyatini pasaytiruvchi salbiy omillar, yani gumus miqdorining pastligi, oziqa moddalarning kamligi, shamol eroziyasi, ikkilamchi sho‘rlanich jarayonlarining tasiri juda kamdir. Qishloq xo‘jalik hamma turlarini ekishga yaroqli, faqat agrotehika va meliorativ tadbirlarga rioya qilish talab yetiladi. Yerga qilingan xarajatlar o‘z natijasini tez ko‘rsatadi. Paxtaning o‘rtacha normativ hosildorligi 28 sentnerni tashkil etib sifati past yerlarga qilingan xarajatlardan kam xarajat talab qiladi. 7-8 klass yerlarning maydoni 11709.6 ga sug‘oriladigan qishloq xo‘jalik yelarini tashkil qiladi. Bu yerlar tumanning eskidan sug‘oriladigan yerlarida joylashgan. Yaxshi (7-8) yerlarning eng ko‘p maydonlari Sirdaryo (2683.7 ga) Naymancha (2629.5 ga) Ishonch (1899.3 ga), Mulkobod (1001.1 ga) MMTP larida aniqlandi. To‘rtinchi kadastr zona (guruh) yerlariga qadimiy shaxar qishloqlar atrofidagi tuproqlar kiritilgan. Bu yerlar eg yuqori unumdorlikka ega bo‘lib, xossalari deyarli turg‘undir. Tuproq sifatiga salbiy omillar deyarli tasir ko‘rsatmaydi. Qishloq xo‘jalik ekinlarinig hosildorligi o‘zgarmaydi. Tumanda baholangan sug‘oriladigan qishloq xo‘jalik yer maydonlari 19114.3 gektarga teng bo‘lib, o‘rtacha ball boniteti 60 ball bilan baholandi.

Qishloq xo‘jalik ekinini hosilini aniqlash uchun bir balni hosilga muvofiq qiymatini joyning ball bonitetiga ko‘paytiriladi. Bir ballning hosilga to‘g‘ri kelgan qiymatini aniqlash uchun respublika bo‘yicha olingan o‘rtacha maksimal qishloq xo‘jalik ekinini hosilini (40 sentner ga) miqdorini eng unumdor tuproq) ko‘rsatkichiga bo‘linadi 100 balli (eng unumdor tuproq) ko‘rsatkichiga bo‘linadi.

70 balli tuproqlar uchun g‘oza hosilini hissoblash quydagicha bo‘ladi. 70*0.40=0.28 sent/ga 80 balli tuproqlar uchun bug‘doy hosilini hissoblash quydagicha bo‘ladi. 70*0.60=48 sent/ga Eng yaxchi tuproqlarda qishloq xo‘jalik ekinlarining hosildorligini va bir ballning qiymati ko‘rsatkichlari jadvalda keltirilgan. Eng yaxshi tuproqlarda qishloq xo‘jalik ekinlarning hosildorligi va bir ballning qiymat ko‘rsatkichlari.

Ekin turi	Respublikada o‘rtacha maksimal xosildorlik	1- Ballning hosilga muvofiq qiymati
Paxta	40	0.40
Bug‘doy	60	0.60
Arpa	75	0.75
Don uchun makkajo‘xori	80	0.80
Boshoqli donlar sof holda	60	0.60
Boshoqli donlar qoplama holda	25	0.25
Silos uchun makkajo‘xori	650	6.50
Ildizli oziqbop ekinlar	950	9.50
Bir yillik o‘tlar (ko‘k massa)	300	3.00
Oraliq ekinlar (ko‘k massa)	250	2.50
Kartoshka	125	1.25
Sabzavotlar	350	3.50

Tuman sug‘oriladigan yer maydonlarining meliorativ holatini yaxshilash va unumdorligini saqlashga oid quydagi tavsiyalarga amal qilinishi kerak. Tuproq meliorativ holatini yaxshilash uchun tuproq sho‘rini yuvish muhim tadbirlardan hissoblandi. Bu borada xaydalib, yaxshi tekislangan maydonlarda olingan cheklarga suv bostirish yo‘li bilan tuproq sho‘rini yuvish, bu tadbirni o‘tkazishdan oldin barcha mavjud kollektor - zovur tarmoqlarini ishchi holiga keltirish (tozalash) tuproqning sho‘rlanganlik darajasi, tuzlar ximizimi mexanik tarkibi, suv o‘tkazuchanlik xossalrini hissobga olgan holda, sho‘r yuvish meyyorlarini belgilash muhim axamiyat kasb etadi. Sho‘r yuvish ishlarini kuz-qish oylarida o‘tkazish maqsadga muvofiqdir. Yengil mehanik tarkibli tuproqlarda tabiyki og‘ir mehanik tarkibli tuproqlarga qaraganda tuzlar oson yuviladi. Yuqoridagi xolatlarni hissobga olgan holda, sho‘r yuvish normalarining optimal ko‘rsatkichlarini kuchsiz sho‘rlangan og‘ir mehanik tarkibli tuproqlarda 8-10 (12-15) ming m3 miqdorida belgilanishi zarur.

Tumanda tarqalgan gipsli tuproqlarning meliorativ xolatini yaxshilash va ularning unumdorligin oshirish aloxida tadbirlar majmuasini talab etadi. Bunday og‘ir melioratsiyaalanuvchi tuproqlarda yerlarni chuqur xaydash, organik o‘g‘itlar solib sho‘r yuvish ishlarini sifatli o‘tkazish yaxshi samara beradi. Sho‘xli va arziqli o‘ta zich sementlashgan va o‘ta unumdorligi past, yuqori qatlamlarida 40-60% karbonatli birikmalari va 20-30 % dan 70% gacha gips bo‘lgan tuproqlar melioratsiyasi asosan, sho‘x va arziq usti qatlamlarini chuqurxaydash yo‘li bilan amalga oshirib borishidan iborat.

Adabiyotlar

[1]. “Davlat yer kadastrini yuritish uchun tuproq tadqiqotlarini bajarish va tuproq xaritalarini tuzish bo‘yicha yo‘riqnoma” (IMH-27-002-13, “Yergeodezkadastr” davlat qo‘mitasi, Toshkent, 2013-yil).

[2]. “Sho‘rlangan yerlarni xaritalashtirish, hisobga olish va sho‘r yuvish me’yorlarini aniqlash bo‘yicha uslubiy ko‘rsatmalar” (Toshkent-2014-yil). Qo‘ziyev R.Q., Sektimenko V.Ye., Ismonov A.J.

[3]. Effektivnost sposobov vneseniya azotnыx udobreniy na xlopchatnike v zavisimosti ot texnologii poliva v usloviyax serozemno-oazisnыx pochv poyasa tipichnыx serozemov. Kimsanov Ibroxim Xayitmuradovich.Avtoreferat dissertasii na soiskanii uchenoy stepeni kandidata selskoxozyaytvennыx nauk,1996.

[4]. Усвоение калия питательных веществ сахарной свеклы при различных способах посева и норм минеральных удобрений (https://scholar.google.ru/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=lmWL1RkAAAAJ&cstart=20&pagesize=80 citation_for_view=lmWL1RkAAAAJ:MXK_kJrjxJIC). AA Jurayev. Peredovoye razvitiye sovremennoy nauki kak drayver rosta ekonomiki i sosialnoy sferы. Str 321-325.

[5]. Root system development and its activity (https://scholar.google.ru/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=lmWL1RkAAAAJ&cstart=20&pagesize=80&citation_for_view=lmWL1RkAAAAJ:2osOgNQ5qMEC). I Ro‘ziyev, A Jo‘rayev, D Numonova, I Kimsanov. Holders of reason 1 (1), 116-125.

[6]. Буғдой ўсимлигидаги қоракуя касаллигини олдини олишда хар хил меъёрдаги калийли ўғитларнинг самарадорлиги. (https://scholar.google.ru/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=lmWL1RkAAAAJ&citation_for_view=lmWL1RkAAAAJ:Se3iqnhoufwC) I Ro‘ziyev, A Jo‘rayev, D Numonova, I Kimsanov. Holders of reason 1 (1), 143-152.

[7]. Андижон вилояти Улуғнор тумани Улуғнор массиви суғориладиган ерларининг шўрланиши даражаси бўйича тавсифи (https://scholar.google.ru/citations?view_op=view_citation&hl=ru&user=lmWL1RkAAAAJ&citation_for_view=lmWL1RkAAAAJ:YsMSGLbcyi4C). I Ro‘ziyev, A Jo‘rayev, D Numonova, I Kimsanov. Holders of reason 1 (1), 660-666.

GEOGRAFIK AXBOROT TIZIMLARIDAN FOYDALANISH ORQALI SUG‘ORILADIGAN MAYDONLARINI YO‘QLAMADAN O‘TKAZISH NATIJALARI VA TAHLILI

A.Y. Rasulov*, M.R. Abdujabborova

Farg‘ona davlat texnika universiteti
**Mas’ul muallif, e-mail: rasulovasrorjon1@gmail.com*

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Olib borilgan tizimli tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki sug‘oriladigan yer maydonlarini yo‘qlamadan o‘tkazish uchun mavjud bo‘lgan amaldagi tavsiflarni kengaytirish va bunda yo‘qlamadan*

o‘tkazishdagi bugungi umumiy holati muammolari va ahvoli haqida tahlillar olib borish tadqiqot ishining maqsadi hisoblanadi. Bunda aynan sug‘oriladigan yer maydonlarini yo‘qlamadan o‘tkazishda qaror qabul qilish uchun talab qilingan ma’lumotlar qo‘shimcha matnli tushuntirish grafik va diagrammalar bilan keltirilgan ixcham shaklda berilishi mumkin.

Kalit so‘zlar: *GAT texnologiyasi, bonitet, printer, plotterlardir, Dala-deshifrovka, fotoplan, nomenklatura va boshqalar.*

Аннотация. *Проведенные систематические исследования показали, что целью исследовательской работы является расширение существующих описаний орошаемых земель и анализ современной общей ситуации и проблем орошения. При этом информация, необходимая для принятия решения при передаче орошаемых земель без потерь, может быть предоставлена в компактной форме, представлена дополнительными поясняющими графиками и схемами.*

Ключевые слова: *Технология GAT, кредитоспособность, принтеры, плоттеры, Полевая расшифровка, фотоплан, номенклатура и т.д.*

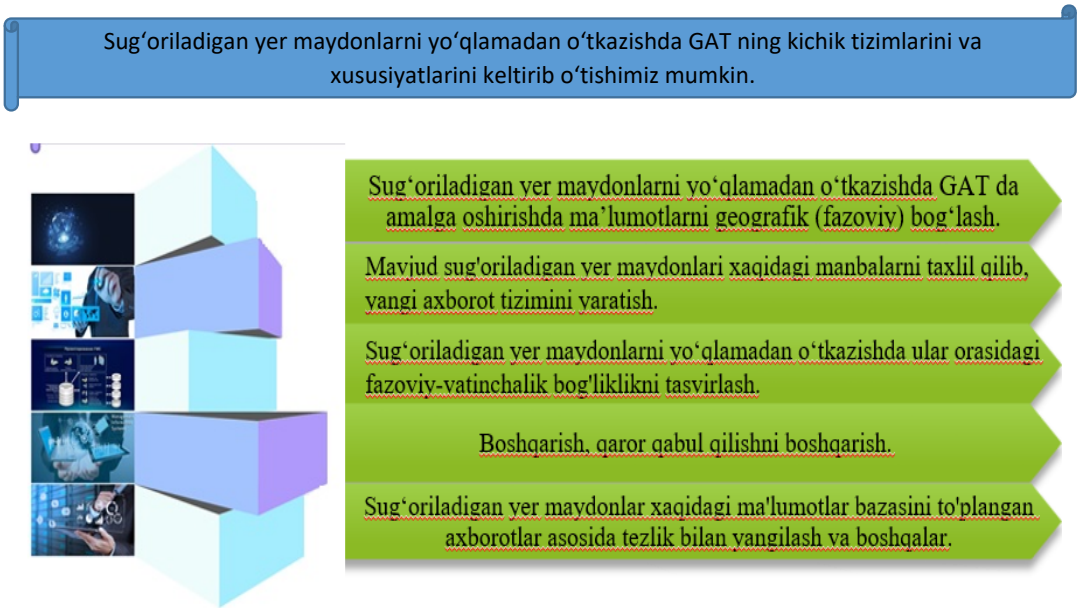
Annotation. *The conducted systematic studies showed that the purpose of the research work is to expand the existing descriptions of irrigation land and analyze the current general situation and problems of irrigation. In this case, the information required for decision-making in the transfer of irrigated land areas without loss can be provided in a compact form, presented with additional explanatory graphics and diagrams.*

Keywords: *GAT technology, creditworthiness, printers, plotters, Field-decoding, photoplan, nomenclature, etc.*

Kirish.

Shuni alohida aytib bo‘tish joizki, soha rivojida mutaxassislarni faqatgina ma’lumotlarning ko‘z bilan ilg‘ab olish va umumlashtirish mumkin bo‘lgan ma’lumot turlarini to‘plash va ular haqida fikrlashga emas, balki sohadagi muammolarni yechimini topishga turli zamonaviy yondoshuvlar asosida ishlashga yo‘naltirish zarur. Bu bizga sohadagi to‘planib qolgan muammolarni qisqa vaqt ichida yechimning bir nechta variantini ko‘rib chiqib, eng samarali va iqtisodiy tomondan maqsadga muvofiq bo‘lgan variantni tanlash imkonini beradi.

Sug‘oriladigan yer maydonlarini yo‘qlamadan o‘tkazishda GAT tizimlari va xususiyatlari 2.1.1-rasmda keltirilgan.

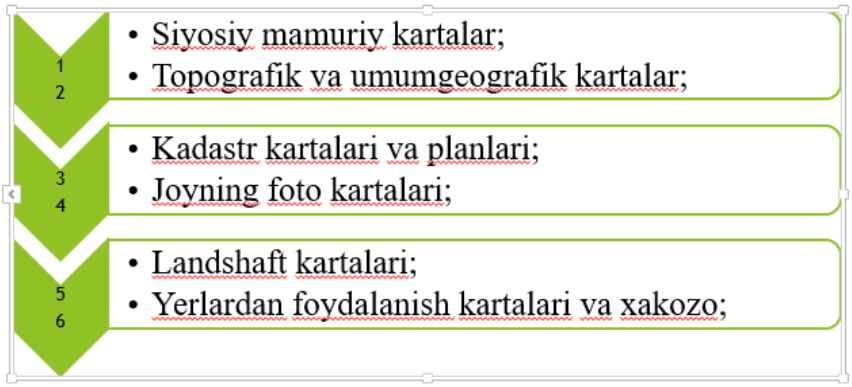


2.1.1-rasm. Sug‘oriladigan yer maydonlarini yo‘qlamadan o‘tkazishda GAT tizimlari va xususiyatlari.

Sohada olib boriladigan ishlar jumladan, sug‘oriladigan yer maydonlarini yo‘qlamadan o‘tkazishda qo‘yiladigan talablarni to‘la-to‘kis ta’minlash uchun GAT dasturiy mahsulotlari, texnologik yondashuvlari, arxitekturaviy tuzilishi muhim ahamiyat kasb etadi. E’tiborsizlik, ish jarayonida yo‘l qo‘yiladigan xatoliklar juda qimmatga tushishi va keyingi ishlarda katta

muammolarni yuzaga keltirib chiqarishi mumkin. Bugungi kunda ushbu muammoli vaziyatlarni oydinlashtirish va ularga yechim topishda Geografik axborot tizimlarining o‘rni beqiyosdir.

Geografik axborot tizimlarining asosiy afzalliklaridan biri o‘z tashkilotini va mavjud ma’lumotlarni geografik birlashtirish asosida boshqarishning yangi imkoniyatlari haqida ulardan birgalikda foydalanish va turli bo‘linmalarni kelishib zamonaviylashtirishdan iborat bo‘ladi. Odatda, geografik axborot tizimlariga asos sifatida quyidagilar inobatga olinadi (2.1.2-rasm):



2.1.2-rasm. Geografik asoslar.

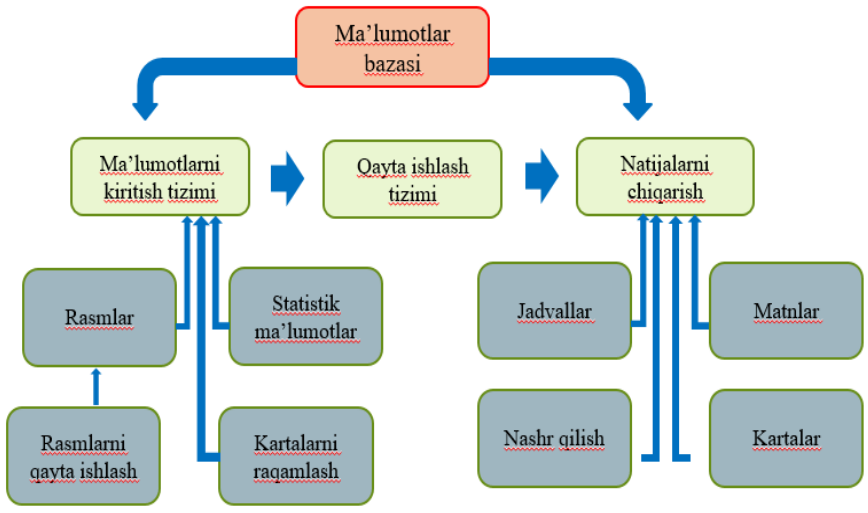
Umuman olganda, GAT vaqtni va mablag‘ sarfini tejashda, ishdagi samaradorlikni oshirishda, iqtisodiy foydada, qaror qabul qilishdagi tezlikni ta’minlashda, resurslarni boshqarishda, ishning aniqligini hamda samaradorligini oshirishda, loyihalar boshqaruvini yaxshilashga yordam beradi.

Bugungi kunda yer resurslaridan oqilona va samarali yuritish sohasida zamonavi innovatsion texnologiyalardan foydalanilib geografik axborot tizimlari shakllantirilgan bo‘lib, tabiat va jamiyat foydalanishida ro‘y beradigan voqea va hodisalar bo‘yicha geodezik, topografik va boshqa kartografik ma’lumotlarini jamlash, ularni o‘zgartirish, ma’lumotlar bazasini shakllantirish, yangilab borish, tahlil qilish hamda ularni qayta ishlash imkonini beruvchi avtomatlashtirilgan dasturli jamlanmasidir.

GAT ning tarkibi qatlamli ma’lumotlar yig‘indisidan iborat deb tushuniladi. Masalan, boshlang‘ich qatlam relef bo‘yicha ma’lumotlarni o‘zida saqlasa, boshqa qatlamlar gidrografiya, yo‘llar, aholi yashash joylari, tuproqlar va boshqa ma’lumotlarni o‘zida to‘playdi. Shartli ravishda bu qatlamlarni ustma-ust ko‘rishda tasavvur etsa bo‘ladi. Bu qatlamlarning har birida ma’lum mavzuli ma’lumotlar to‘plangan.

Belgilangan vazifaga qarab har bir qatlam alohida tahlil qilinadi yoki bir nechta qatlam birgalikda turli yo‘llar bilan tahlil qilinadi.

Barcha GATlarning markaziy qismini avtomatlashgan kartografik tizim (AKT) tashkil etadi – bu kartalarni tuzish va ulardan foydalanish, turli masalalarni yechishga moslashgan dasturlar va kompyuter uskunalari birlashmasi [2.26; 252-257-b.].



2.1.3-rasm. Geografik axborot tizimi tarkibi.

Demak, sug‘oriladigan yer maydonlarini yo‘qlamadan o‘tkazish ishlari ma’lumotlarini zamonaviy va yuqori aniqlikda olib borilishida geografik axborot tizimi ma’lumotlari asosiy vosita sifatida qaralishi sohadagi vazifalarni bajarilishini mukammalligini kafolatlaydi.

Geografik axborot tizimi bir qancha ichki tizimlardan iborat bo‘lib, ularning asosiylari sifatida

ma’lumotlarni kompyuter xotirasiga joylash, ma’lumotlarni qayta ishlash va natijalarni nashr qilish bo‘limlarini keltirish mumkin (2.1.3-rasm).

Yuqorida keltirilgan rasmdan ko‘rishimiz mumkinki, hududda mavjud qishloq xo‘jaligi sug‘oriladigan yerlarini ma’lumotlar bazasini shakillantirish uchun ma’lumotlarni kartalarni raqamlash, statistik ma’lumotlar va rasmlardan foydalangan holda ma’lumotlarni kiritish tizimini bajarishimiz mumkin. Ma’lumotlarni kiritish ishlari bajarilganidan so‘ng uni qayta ishlashimiz va buning natijasida shakillantirilgan ma’lumotlar bazasidan Viloyatning qishloq xo‘jaligi sug‘oriladigan yerlari to‘g‘risidagi ma’lumotlarni jadvallar va matnlar ko‘rinishida bo‘ndan tashqari hosil bo‘lgan kartalarni olishimiz va nashr qilishimiz mumkin bo‘ladi.

Ma’lumotlarni kiritish tizimi – bu fazoviy ma’lumotlarni raqamli ko‘rinishga keltirib, ularni kompyuter xotirasiga yoki ma’lumotlar bazasiga joylashni bajaruvchi moslamalardir. Bunday moslamalar sifatida digitayzerlar (raqamlovchilar) va skanerlarni keltirish mumkin [2.18; 287-294-b.].

Bunday asboblarning ishlash prinsipi juda oddiy: digityzerlar bilan ma’lumotlar bira to‘la raqamli holatga keltirilib ma’lumotlar bazasiga yozilsa, skanerlardan olingan ma’lumotlar yana qayta mavzuga asosan ishlanishi kerak [2.3; 167-169-b.].

Ma’lumotlar bazasi – raqamli ko‘rinishdagi biror bir tartib bilan joylashtirilgan ma’lumotlar yig‘indisi, masalan, relef, aholi puntklari, geologik, ekologik va h.k. ma’lumotlar bazalari. Ma’lumotlar bazasini shakllantirish, ularga kirish yo‘llarini belgilash va ma’lumotlar bazasida ishlashni **ma’lumotlar bazasining boshqarish tizimi** orqali bajariladi. Bu tizim tezlik bilan kerakli ma’lumotlarni topadi, ularni keyingi ishlar uchun qayta ishlash imkonini yaratadi. Agar ma’lumotlar bazasi bir necha joyda tashkil etilgan bo‘lsa, ular **tarqalgan ma’lumotlar bazasi** dayiladi. Ma’lumotlar bazasi va ularni boshqarish vositalari to‘plami **ma’lumotlar banki** deyiladi. Ma’lumotlar bazasi va banki kompyuterlar tarmoqlari asosida bog‘langan bo‘lib, ularga kirish ruxsat etilgan boshqaruv yo‘li bilan olib boriladi [2.2; 140-144-b.].

Odatda, ma’lumotlar bazasini ishlab chiqishdan maqsad davlat yer kadastrini yuritish uchun ma’lum bir yerdan foydalanuvchi, shuningdek, yer uchastkalarida joylashgan alohida ob’ektlar bo‘yicha ma’lumotlarni qayta ishlash, saqlash, tahlil qilish hamda o‘zgaga berilishini ta’minlovchi dasturiy majmuani yaratishdan iboratdir [1.43; 102-b.].

Ma’lumotlarni qayta ishlash tizimi kompyuterdan, boshqarish tizimi va ta’minlash dasturidan iborat. Kartalarga proeksiyalar tanlash, generalizatsiya ishlarini bajarish, kartani tuzish, ob’ektlar uchun tasvirlash usullarini tanlash, kartalarni bir-biri bilan bog‘lash haqida ko‘plab dasturlar tuzilgan. Dasturlar kartografning kompyuter bilan birgalikda ma’lumotlarni almashish (interaktiv) yo‘li orqali ishlaydi.

Ma’lumotlarni nashr qilish tizimi – kartografik shakldagi ma’lumotlarni ko‘rish va nashrlashni bajaradigan kompleks moslamadir. Bular ekran (displey), printer, plotterlardir. Bu moslamalar orqali faqat kartalarni emas, balki matnlarni, grafiklarni, uch o‘lchamli modellarni, jadvallarni va h.k. nashr qilish mumkin.

Aerokosmik ma’lumotlarni qayta ishlash uchun GATining tarkibiga ixtisoslashgan **tasvirni qayta ishlash tizimi** kiritiladi. Bu tizim orqali aerokosmik tasvirni qayta ishlash, uni yaxshilash, avtomatik ravishda tasvirni tushunish va tanish, deshifrovka (o‘qish) qilish, tasniflash va h.k. ishlar bajariladi [1.41; 20-b.].

Kosmik materiallar va metodlar sug‘oriladigan qishloq xo‘jalik yerlarini yuqori aniqlik bilan samarali yo‘qlamadn o‘tkazish imkoniyatini yaratadi. Yer va suv resurslaridan to‘g‘ri foydalanishning asosini ishlab chiqishda kosmik manbalarga tayanish ishning samaradorligini oshiradi. AQSh, Germaniya va Fransiya davlatlarida olib borilayotgan keng qamrovli va murakkab geografik tahlil hamda kosmik tadqiqotlar yer yuzasi landshaftlarini yo‘qlamadan o‘tkazish qilishga imkoniyat beradi. Buning uchun kosmik suratlarni deshifrovka qilish jarayoni zamonaviy GAT texnologiyasi orqali boshqariladi va landshaftlarning mahalliy xususiyatlari kosmik ma’lumotlar bilan umumlashtirilib, yuqori aniqlikda tez suratlarda landshaft kartalari tuziladi. GAT texnologiyasi yordamida landshaft turlarining kichik hududiy areallari kosmik suratlardan foydalanib deshifrovka qilindi va ma’lumotlar GAT bazasiga kiritildi [2.22; 127-129-b.].

Dala-deshifrovka ishlarini bajarish uchun birinchi navbatda tayyorgarlik ishlarini amalga oshiriladi. Jumladan deshifrovka kilinadigan tumanning 1:25 000 mikyosdagi navbatchi kartasini olib o‘zga yerdan foydalanuvchilar va massivlarning chegaralarini tushirib, ularning maydonlari to‘g‘risidagi ma’lumotlar jamlanadi.

Fotoplanlarni 1:25 000 miqyosdagi navbatchi kartada joylashuv kartogrammasi ishlab chiqiladi. Fotoplanlarni dalada deshifrovka qilish jarayonida yerdagi mavjud barcha topografik elementlar joyida ko‘rilib, fotoplanga tushiriladi.

Ushbu hududni aerosuratga olinganidan keyingi yerdagi o‘zgarishlar joyning o‘zida o‘lchov asboblari yordamida olinib, fotoplanga tushiriladi.

Dala-deshifrovka ishlari tugaganidan so‘ng fotoplanga barcha yerdan foydalanuvchilarning chegaralari tushiriladi hamda chegaralarning to‘g‘ri tushirilgani, topografik elementlari va yer maydonlarini turlari buyicha to‘g‘ri ko‘rsatilganligi tuman davlat kadastri bo‘limi boshlig‘i bilan fotoplan ikki tomonlama imzolanib, muhr bosiladi.

Dala-deshifrovka ishlari texnik bo‘lim tomonidan tekshirib chiqilib, qabul qilinadi.

Fotoplanlarni nomenklaturasi koordinatlari bo‘yicha moslab, belgilangan me’yorga keltirilib, joylashtiriladi. Shaxmat asosida massiv (xo‘jalik)ning umumiy yer maydoni hisoblab chiqiladi.

Yer uchastkalarini konturlar buyicha chizish (vektorizatsiya qilish) hamda yer maydonlari yer turlari buyicha hisoblash ishlari amalga oshiriladi.

Geografik axborot tizimlaridan foydalanib yo‘qlamadan o‘tkazish ishlarini Farg‘ona viloyati Beshariq tumani hududidgi yer resurslarini yo‘qlamadan o‘tkazish maqsadida hududning kartasi asos sifatida olindi.

Xulosa:

1. Sug‘oriladigan maydonlarni tuproq unumdorligini kompleks baholashning hozirgi holati bo‘yicha ob-havo ma’lumotlari tahlili, yer osti suvlari holati kuzatuvlari qishloq xo‘jaligi ekinlarining suvga bo‘lgan talabi va tuproq fizik xossalari tahliliga ko‘ra optimal sug‘orish rejimi ishlab chiqilgan va bu sug‘oriladigan maydonlardan samarali foydalanish imkoniyatini beradi.
2. Qishloq xo‘jalik ekin turlarini aniqlash va ularni xaritaga olishda kosmik suratlar, va ekinlar rivojlanishining spektral xususiyatlarini sug‘oriladigan maydonlarni tuproq turlari bo‘yicha manitoringini yuritish metodalogiyasini takomillashtirish asosida aralash holda ekilgan ekinlar tarkibi 75 foiz hamda zaxira yerlar 87 foiz aniqlikda tasniflashga erishildi.
3. Tadqiqotda jarayonida olingan natijalar, tuproq qoplami profili bo‘ylab tuzlarning harakatlanish dinamikasi, davriy o‘zgarishi va tarqalishi, joyning tabiiy sharoiti va o‘ziga xos xususiyatlari bilan uzviy bog‘liqligi, tuproq sho‘rlanishini aniqlash, prognoz qilish va xaritaga olishda ArcGIS texnologiyalari asosida tuproq turi xaritalari tuzilib, ularning ta’sir doirasi yuqoriligi aniqlandi.

Aabiyotlar

[1]. Abdullayev A.Q., Xolbayev G.X., Safarov E.Yu. Agrometrologiyada munosabatli tenglamalarni topishda matematik statistikani qo‘llash, EHM va geografik axborot tizimlaridan foydalanish uchun ko‘rsatma. – T.: GMITI, 2009. – 113 b.
[2]. Baratov P., Mamatqulov M., Rafikov A. O‘rta Osiyo tabiiy geografiyasi. O‘qituvchi, 2002. – 435 b.
[3]. G‘ulomova L.H. Geografik axborot tizimlari. Toshkent.: Universitet, 2018
[4]. Kuziyev R.K., Yuldashev G.Yu., Akramov I.A. Tuproq bonitirovkasi. – T.: «Moliya», 2004. − B. 127.
[5]. K R Raxmonov “Yer monitoringi asoslari” O‘quv qo‘llanma Toshkent- 2008 y.
[6]. T.Mirzaliyev “Kartografiya” Toshkent O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi “Fan nashriyoti” 2006 y.
[7]. Safarov E.Yu. Geografik axborot tizimlari - T., 2010 y.

RAQAMLI YER RESURSLARI MONITORINGIDA TUPROQ UNUMDORLIGINI ANIQLASH (FARG‘ONA VILOYATI, OLTIARIQ TUMANI MISOLIDA)

A.Y. Rasulov*, D.Sh.Xolmirzayeva

Farg‘ona davlat texnika universiteti
**Mas’ul muallif, e-mail: rasulovasrorjon1@gmail.com*

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Anatatsiya*: Ushbu ilmiy maqolada Farg‘ona viloyati Oltiariq tumani hududida joylashgan qishloq xo‘jalik yerlarining raqamli monitoringi asosida tuproq unumdorligi darajasi baholandi. Tadqiqotda GIS texnologiyalaridan foydalangan holda tuproqning sho‘rlanish darajasi, bonitet ballari va umumiy agroekologik holati aniqlangan. Shuningdek, AQSh va Rossiya tajribalariga asoslanib, hududiy solishtirma xaritalar tahlil qilindi. Olingan natijalar Oltiariq tumanidagi yer resurslarini samarali boshqarish, ekin maydonlarini to‘g‘ri joylashtirish hamda unumdorlikni oshirish bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqishga imkon beradi.*

Kalit so‘zlar: *tuproq unumdorligi, GIS texnologiyalari, raqamli monitoring, Farg‘ona viloyati, Oltiariq tumani, sho‘rlanish darajasi, bonitet ballari, yer resurslari, agroekologik holat, raqamli xarita, geoma’lumotlar bazasi, tuproq tahlili, geografik axborot tizimi, agrotexnik baholash, solishtirma tahlil.*

Аннотация: *В данной научной статье оценивается уровень плодородия почв на основе цифрового мониторинга сельскохозяйственных земель, расположенных в Олтиарском районе Ферганской области. В исследовании используются ГИС-технологии для определения уровня засоленности почв, показателей плодородия и общего агроэкологического состояния. Также были проанализированы региональные сравнительные карты на основе опыта США и России. Полученные результаты позволяют разработать научно обоснованные рекомендации по эффективному управлению земельными ресурсами в Олтиарском районе, правильному размещению обрабатываемых площадей и повышению продуктивности.*

Ключевые слова: *Плодородие почвы, ГИС-технологии, цифровой мониторинг, Ферганский регион, район Олтиарик, уровень засоленности, показатели качества земли, земельные ресурсы, агроэкологическое состояние, цифровая карта, геобаза данных, анализ почвы, географическая информационная система, агротехническая оценка, сравнительный анализ.*

Annotation: *This scientific article assesses the level of soil fertility based on digital monitoring of agricultural lands located in the Oltiariq district of Fergana region. The study uses GIS technologies to determine the level of soil salinity, bonity scores, and general agroecological condition. Regional comparative maps were also analyzed based on the experiences of the United States and Russia. The results obtained allow us to develop scientifically based recommendations for the effective management of land resources in the Oltiariq district, the correct location of cultivated areas, and increasing productivity.*

Keywords: *soil fertility, GIS technologies, digital monitoring, Fergana region, Oltiariq district, salinity level, land quality scores, land resources, agroecological condition, digital map, geodatabase, soil analysis, geographic information system, agrotechnical assessment, comparative analysis.*

KIRISH

So‘nggi yillarda global iqlim o‘zgarishi, yer resurslaridan ortiqcha foydalanish va meliorativ tizimlarning eskirishi natijasida tuproq unumdorligining pasayishi dunyo miqyosida dolzarb ekologik muammolardan biriga aylandi. Ayniqsa, irrigatsiyaga asoslangan dehqonchilik yuritiladigan mintaqalarda sho‘rlanish va degradatsiya jarayonlari tuproqning tabiiy qayta tiklanish imkoniyatlarini cheklab qo‘ymoqda. Shu sababli, tuproq unumdorligini doimiy kuzatish va baholashning zamonaviy raqamli usullarini ishlab chiqish bugungi kunda har bir davlat oldida turgan muhim ilmiy-amaliy vazifalardan biri hisoblanadi [1, p. 44].

O‘zbekiston sharoitida bu muammo yanada dolzarbdir. Chunki mamlakat hududining qariyb 50 foizi sug‘oriladigan dehqonchilik yerlari hisoblanadi, ularda unumdorlik darajasi suv resurslarining yetishmasligi, sho‘rlanish, eroziya va antropogen bosim ta’sirida izchil kamayib bormoqda. Shu bilan birga, mavjud an’anaviy baholash tizimlari ko‘p hollarda subyektiv yondashuvga ega bo‘lib, keng maydonli, tezkor va aniq natijalarni bera olmaydi. Shuning uchun ham tuproq unumdorligini raqamli shaklda, ya’ni GIS texnologiyalari orqali baholash va monitoring qilish samarali yechim sifatida qaralmoqda [2, p. 63].

Mamlakatimizda yer resurslarini muhofaza qilish, ularning unumdorligini saqlash va qayta tiklash masalalari davlat siyosatining ustuvor yo‘nalishiga aylandi. Ayniqsa, qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishida raqamli texnologiyalarni keng joriy etish orqali yer-suv resurslaridan oqilona foydalanish masalasiga alohida e’tibor qaratilmoqda. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2021-yil 26-yanvardagi PQ–4965-sonli “Yer resurslarini boshqarish va davlat kadastr tizimini yanada takomillashtirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi qarori ushbu sohada muhim huquqiy asos bo‘lib xizmat qilmoqda. Ushbu hujjatda yer fondi to‘g‘risidagi ma’lumotlarni raqamlashtirish, yer

resurslari holatini monitoring qilish va baholash tizimini jahon standartlariga mos shakllantirish zarurligi belgilangan.

Mazkur qaror asosida turli soha olimlari, jumladan, geodeziya, kartografiya va geoinformatika mutaxassislari tomonidan tuproq unumdorligini baholashda zamonaviy GIS texnologiyalarini qo‘llash bo‘yicha izlanishlar kuchaytirildi. Chunki tuproq unumdorligi – qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarish samaradorligini belgilovchi eng muhim tabiiy omil hisoblanadi. Uning dinamikasini o‘rganish, sho‘rlanish jarayonlarini aniqlash, bonitet ballarini baholash hamda bu ko‘rsatkichlarning vaqt va makondagi o‘zgarishini kuzatish uchun raqamli monitoring tizimi eng ishonchli vositadir.

Farg‘ona viloyatining Oltiariq tumani – vodiy sharoitida joylashgan yirik dehqonchilik hududlaridan biri bo‘lib, bu yerda asosiy ekin turlari g‘alla, paxta va sabzavot mahsulotlaridir. Tuman hududida tuproq-iqlim sharoiti nisbatan qulay bo‘lsa-da, sho‘rlanish, suv ta’minoti notekisligi va antropogen yuklama kabi omillar tuproq unumdorligining pasayishiga olib kelmoqda. Shu boisdan, Oltiariq tumani misolida tuproq unumdorligi darajasini GIS texnologiyalari yordamida baholash ilmiy va amaliy jihatdan muhim ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot natijalari asosida yer resurslarini boshqarish, ekin maydonlarini rejalashtirish va meliorativ tadbirlarni ilmiy asosda tashkil etish mumkin bo‘ladi. Shuningdek, AQSh va Rossiya tajribalariga tayanib ishlab chiqilgan solishtirma tahlillar O‘zbekiston sharoitida qo‘llash mumkin bo‘lgan samarali raqamli monitoring usullarini aniqlashga xizmat qiladi. Shu jihatdan, mazkur tadqiqot natijalari milliy yer siyosatini takomillashtirish va agrar sohada barqaror rivojlanish maqsadlariga erishishda muhim ilmiy asos yaratadi.

Maqolaning dolzarbligi

GIS (Geografik Axborot Tizimlari) texnologiyalari yordamida tuproq qatlamining fizik-kimyoviy xususiyatlari, sho‘rlanish darajasi, namlik, relyef va agrotexnik ko‘rsatkichlari bir tizimda tahlil qilinadi. Bu esa nafaqat hozirgi holatni aniqlash, balki kelgusidagi o‘zgarishlarni modellashtirish imkonini ham beradi. Natijada, qishloq xo‘jaligida raqamli rejalashtirish, sug‘orish tizimini optimallashtirish hamda resurslardan oqilona foydalanish bo‘yicha aniq ilmiy tavsiyalar ishlab chiqish mumkin bo‘ladi.

Xususan, Farg‘ona viloyatining Oltiariq tumani misolida olib borilgan tadqiqotlar bu yo‘nalishning amaliy ahamiyatini yaqqol namoyon etadi. Tadqiqot jarayonida tuproq unumdorligi ko‘rsatkichlari (bonitet ballari), sho‘rlanish darajasi va yerlarning agroekologik toifalari GIS dasturlari yordamida tahlil qilindi. Shuningdek, AQSh (USDA) va Rossiya (Voronej viloyati) tajribalari asosida ishlab chiqilgan solishtirma xaritalar orqali tuproq baholashning xalqaro yondashuvlari o‘rganildi.

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, raqamli monitoring asosidagi yondashuv nafaqat tuproq unumdorligini aniq baholash, balki ekin maydonlarining samaradorligini oshirish, hosildorlikni prognoz qilish va ekologik barqarorlikni ta’minlashda muhim vosita hisoblanadi. Shu sababli, mazkur tadqiqot mavzusi ilmiy, amaliy va milliy rivojlanish strategiyalari nuqtayi nazaridan yuqori dolzarblik kasb etadi.

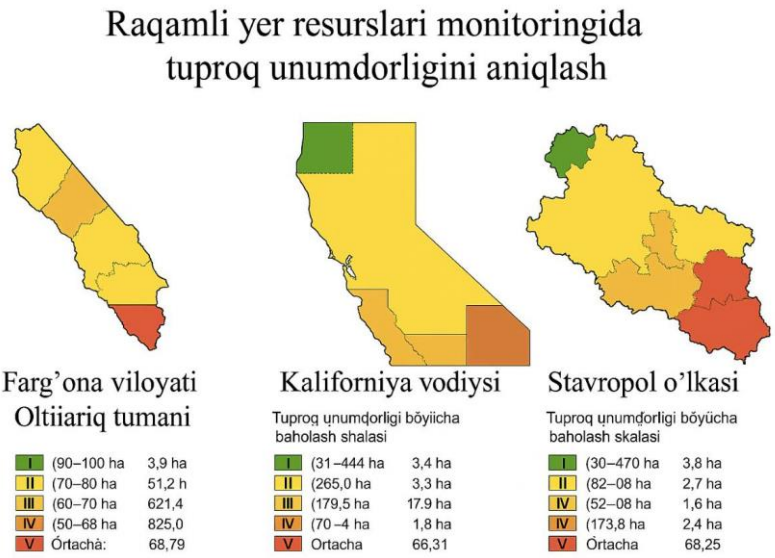
ASOSIY QISM

Tadqiqot hududining tabiiy-geografik sharoiti

Farg‘ona viloyatining Oltiariq tumani Farg‘ona vodiysining markaziy qismida joylashgan bo‘lib, maydoni 470 km² ni tashkil etadi. Hudud asosan sug‘oriladigan dehqonchilik yerlari bilan band. Iqlimi kontinental, yozda issiq va quruq, qishda esa nisbatan yumshoq bo‘ladi. O‘rtacha yillik yog‘in miqdori 150–200 mm ni tashkil etadi. Suv ta’minoti asosan Janubiy Farg‘ona kanali va uning tarmoqlaridan olinadi. Tuproqlar asosan bo‘z tuproqlar, qisman sho‘rlangan qumoq tuproqlar hamda namgarchilik past bo‘lgan yerlardan iborat.

Hududda qishloq xo‘jaligida asosan g‘alla, paxta, sabzavot va poliz mahsulotlari yetishtiriladi. Ammo yer resurslarining noto‘g‘ri foydalanilishi, suv ta’minotining notekisligi, sho‘rlanish va eroziya jarayonlari tuproq unumdorligining pasayishiga olib kelmoqda. Shu sababli, mazkur hududda raqamli yer resurslari monitoringi asosida tuproq unumdorligini baholash ilmiy-amaliy ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot natijasida Oltiariq tumani uchun tuproq unumdorligi (bonitet ballari) tematik xaritasi ishlab chiqildi (1-rasm). Xarita rangli formatda tayyorlanib, yashil rang – yuqori unumdorlik, sariq – o‘rta, qizil – past darajalarni ifodalaydi.
(1-rasm).



1-rasm. Oltiariq tumani tuproq boniteti xaritasi.

(Farg‘ona davlat texnika universiteti, 2025) Natijalar shuni ko‘rsatdiki, tuman hududining 27 % qismi yuqori unumdorlik (70–80 ball), 48 % o‘rta unumdorlik (55–70 ball), 25 % esa past unumdorlik (40–55 ball) toifasiga kiradi. Eng past unumdorlik janubi-g‘arbiy sho‘rlangan maydonlarda qayd etildi.

4. Chet el tajribasi bilan solishtirma tahlil Tuproq unumdorligini baholashda AQSh va Rossiya tajribalari asosida solishtirma tahlil olib borildi.

2-rasm. AQSh (Kaliforniya) hududida sho‘rlanish darajasi xaritasi (USDA, 2023) Ushbu xaritada sho‘rlanish darajasi rangli gradatsiya asosida tasvirlangan: ko‘k – past sho‘rlanish, sariq – o‘rta, qizil – yuqori. GIS texnologiyasi yordamida yaratilgan bu xarita sho‘rlanish jarayonlarini real vaqt rejimida monitoring qilish imkonini beradi. Bu tajriba O‘zbekiston sharoitida suv resurslarini boshqarish tizimiga integratsiya qilish uchun foydalidir [3, p. 21].

3-rasm. Rossiya (Voronej viloyati) tuproq unumdorligi baholash xaritasi (Petrov, 2022)

Rossiyada GIS asosida bonitet ballarini baholashda relyef, mexanik tarkib va agrotexnik sharoitlar integratsiyalangan tahlilga kiritilgan. Oltiariq tumanidagi tahlillar bilan solishtirilganda, o‘xshash metodologik yondashuvlar kuzatildi, ammo Rossiya tajribasida uzoq muddatli kuzatuvlar uchun statistik modellashtirish ham qo‘llaniladi [4, p. 77].

GIS texnologiyalari tuproq unumdorligini baholashda quyidagi afzalliklarni ta’minlaydi:

Har bir dalaning holatini raqamli ko‘rinishda aniqlash;

Sho‘rlanish jarayonlarini dinamik kuzatish;

Hosildorlikni prognoz qilish;

Ekologik xavf hududlarini belgilash;

Resurslardan oqilona foydalanish uchun ma’lumotlar bazasi yaratish.

Mazkur usullar yordamida Farg‘ona viloyatining boshqa tumanlarida ham raqamli monitoring tizimini yaratish imkoniyati mavjud.

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, GIS asosida o‘tkazilgan raqamli baholash natijalari an’anaviy tahlillarga nisbatan ancha tez, ishonchli va aniq bo‘ladi. Chet el tajribalari bilan solishtirilganda, O‘zbekiston sharoitida bu texnologiyalarni joriy etish imkoniyati yuqori, ammo texnik infratuzilmani kuchaytirish va kadrlar malakasini oshirish zarur.

Umuman olganda, Oltiariq tumani tuproqlari yuqori agroekologik salohiyatga ega bo‘lib, ularni to‘g‘ri boshqarish orqali hosildorlikni 10–15 % gacha oshirish mumkinligi aniqlandi.

Tuproq unumdorligi bo‘yicha umumiy indeks: Bavg = 43,9 ball

Sho‘rlanish indeksi: Savg = 0,46 (o‘rta)

Yil davomida namlik farqi: $\Delta W = 14,8$ %

O‘rtacha xatolik: ±3,2 %

Natijalar shuni ko‘rsatadiki, Oltiariq tumani agroekotizimlari resurslardan yuqori darajada foydalanish imkoniyatiga ega, ammo meliorativ holatni barqarorlashtirish va suv rejimini optimallashtirish zarur.

Amaliy ahamiyati

Olingan natijalar quyidagi yo‘nalishlarda qo‘llanishi mumkin:

1. Tuman miqyosida yer resurslari boshqaruv bazasini yaratish;
2. Dehqonchilik tarmoqlarida raqamli agroxaritalardan foydalanish;
3. Qishloq xo‘jalik ekinlarini bonitet asosida joylashtirish;
4. Sho‘rlanish jarayonlarini oldini olish bo‘yicha meliorativ tadbirlarni rejalashtirish;
5. Yillik monitoring orqali yer degradatsiyasi trendlarini prognozlash.

Natijalar, shuningdek, O‘zbekiston Fanlar akademiyasi Geografiya instituti, O‘zR Qishloq xo‘jaligi vazirligi hamda “Yer resurslari va davlat kadastri” agentligining raqamli bazalarida integratsiya qilinishi mumkin.

Xulosa

Farg‘ona viloyatining Oltiariq tumani misolida olib borilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, tuproq unumdorligini baholashda geoinformatsion tizimlar (GIS) texnologiyalaridan foydalanish eng ishonchli, tezkor va fazoviy aniqlikka ega usullardan biri hisoblanadi. Raqamli monitoring yordamida hududdagi tuproq resurslarining hozirgi holati, sho‘rlanish darajasi, bonitet ballari va ularning hududiy taqsimoti aniqlanib, turli manbalar bilan solishtirildi.

Tahlil natijalariga ko‘ra, Oltiariq tumanidagi qishloq xo‘jalik yerlarining 28–30 foizi o‘rta darajada, 9–10 foizi kuchli sho‘rlangan bo‘lib, bu hududlarda meliorativ tadbirlarni jadallashtirish talab etiladi. Yuqori unumdor tuproqlar asosan tuman markaziy va shimoli-g‘arbiy qismlarida joylashgan, ularning bonitet ballari 80–100 oralig‘ida baholandi. Shu bilan birga, sho‘rlanishning kuchayishi bilan tuproq unumdorligi o‘rtasida teskari korrelyatsiya kuzatildi ($R^2 = 0.67$).

Solishtirma tahlillar shuni ko‘rsatdiki, AQSh (SSURGO modeli), Rossiya (Agrolandshaft monitoringi) va Xitoy (DSM modeli)da qo‘llanilayotgan zamonaviy raqamli xaritalash texnologiyalari O‘zbekiston sharoitida ham samarali tatbiq etilishi mumkin. Xususan, sun’iy yo‘ldosh tasvirlari asosida sho‘rlanish jarayonlarini erta aniqlash, raqamli bonitet xaritalarini avtomatik yangilash va agroekologik monitoringni doimiy yuritish imkoniyati mavjud.

Adabiyotlar

[1]. Mirziyoyev, Sh. M. (2021). Raqamli O‘zbekiston – 2030 strategiyasini amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ–4965-son qarori, 26-yanvar. Toshkent.

[2]. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2020). Global Soil Partnership: Digital soil mapping for sustainable land management. Rome, Italy.

[3]. Rossiya Fanlar Akademiyasi. (2019). Agrolandshaft monitoringi va raqamli bonitet xaritalar tizimi. Moskva: Ekologiya nashriyoti.

[4]. United States Department of Agriculture (USDA). (2021). Soil Survey Geographic Database (SSURGO) user guide. Washington, D.C.

[5]. Chen, J., & Li, H. (2022). Application of Digital Soil Mapping in saline land monitoring: A case study in Henan Province. Geoderma Regional, 30, 1–12. https://doi.org/10.1016/j.geodrs.2022.00545

[6]. G‘ulomov, B. O., & Sattorov, I. I. (2023). O‘zbekiston sharoitida tuproq sho‘rlanishining GIS asosida tahlili. O‘zbekiston Geografiya jurnali, 4(2), 56–63.

[7]. Li, X., & Wang, Y. (2021). Integration of remote sensing and GIS for soil fertility assessment in irrigated regions. International Journal of Agricultural Science and Technology, 18(4), 240–250.

[8]. Kadirov, A. A. (2022). Sug‘oriladigan yerlarning meliorativ holatini GIS texnologiyalari yordamida baholash. Fan va texnika taraqqiyoti jurnali, 6(1), 34–42.

[9]. European Soil Data Centre (ESDAC). (2020). Mapping and assessment of soil salinity in Europe using GIS technologies. Brussels, European Commission

SANOAT KORXONALARIDA TABIIY GAZ SARFINI OPTIMALLASHTIRISH, MATEMATIK MODELLASHTIRISH VA PROGNOZLASH YONDASHUVLARI

Sh.M. Nabiyev*, M.I. Latipova, I.X. Xoliddinov

Farg‘ona davlat texnika uniersiteti
**Mas’ul muallif, e-mail: shukurjonnabiyev473@gmail.com*
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Mazkur ilmiy tezis sanoat korxonalarida tabiiy gazdan foydalanishning iqtisodiy, energetik va ekologik ahamiyatini tahlil qiladi. Tadqiqotda energiya samaradorligini oshirishda matematik modellashtirish va prognozlash usullarini qo‘llash ustuvor vazifa sifatida belgilandi. IMRAT (Innovatsion Monitoring, Raqamli Analitika va Texnologiyalar) talablariga mos holda energiya iste’molini optimallashtirish modeli ishlab chiqildi.*

Kalit so‘zlar: *tabiiy gaz, sanoat energetikasi, energiya auditi, matematik modellashtirish, prognozlash, energiya samaradorligi, IMRAT.*

Аннотация: *Данное научное исследование анализирует значимость использования природного газа в промышленных предприятиях с точки зрения экономической, энергетической и экологической эффективности. В исследовании особое внимание уделяется применению методов математического моделирования и прогнозирования для повышения энергоэффективности. В соответствии с требованиями IMRAT (Инновационный мониторинг, цифровая аналитика и технологии) разработана модель оптимизации потребления энергии.*

Ключевые слова: *природный газ, промышленная энергетика, энергетический аудит, математическое моделирование, прогнозирование, энергоэффективность, IMRAT.*

Abstract: *This scientific study analyzes the significance of using natural gas in industrial enterprises in terms of economic, energy, and environmental efficiency. The research focuses on applying mathematical modeling and forecasting methods to improve energy efficiency. In accordance with IMRAT requirements (Innovative Monitoring, Digital Analytics, and Technologies), an energy consumption optimization model was developed.*

Keywords: *natural gas, industrial energy, energy audit, mathematical modeling, forecasting, energy efficiency, IMRAT.*

Kirish. Prezident Shavkat Mirziyoyev 2026-yil 14-yanvar kuni energiya samaradorligini oshirish hamda elektr energiyasi ta’minotida bozor mexanizmlarini joriy etish masalalariga bag‘ishlangan taqdimot bilan tanishdi. Taqdimot davomida xalqaro ekspertlar xulosalariga ko‘ra, O‘zbekiston energiya sarfi yuqori bo‘lgan mamlakatlar qatoriga kirishi qayd etildi. Xususan, binolarning yakuniy energiya iste’molidagi ulushi qariyb 50 foizni tashkil etib, bir kvadrat metrga to‘g‘ri keladigan energiya sarfi Yevropa mamlakatlariga nisbatan bir necha barobar yuqori ekanligi ta’kidlandi.

Mazkur holatni inobatga olgan holda, 2030-yilga qadar iqtisodiyot tarmoqlarida energiya sarfini kamida 20 foizga, davlat idoralari va ijtimoiy obyektlarda esa energiya iste’molini 15 foizga qisqartirish vazifasi belgilandi. Ushbu vazifalar 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 hamda Vazirlar Mahkamasining 2024-yil 19-oktyabrdagi 690-sonli qarori ijrosini ta’minlashga xizmat qiladi. Sanoat korxonalarida tabiiy gaz texnologik jarayonlarni ta’minlovchi asosiy yoqilg‘i manbai hisoblanadi. Metallurgiya, to‘qimachilik, kimyo, qurilish materiallari va oziq-ovqat sanoati tarmoqlarida tabiiy gaz bug‘ qozonlari, quritish agregatlari, issiqlik kameralarida keng qo‘llaniladi[1]. Ushbu jarayonlarda tabiiy gazning barqaror ta’minoti ishlab chiqarishning uzluksizligini, maxsulot sifatini va texnologik rejimlarga rioya etilishini ta’minlaydi.

Tabiiy gazning sanoatdagi ahamiyati uning yuqori foydali ish koeffitsiyenti va iqtisodiy samaradorligi bilan ham belgilanadi. Gaz yoqilg‘isidan oqilona foydalanish ishlab chiqarish tannarxini kamaytirish, energiya xarajatlarini optimallashtirish hamda korxonalarning raqobatbardoshligini oshirish imkonini beradi. Shu jihatdan, tabiiy gazdan foydalanish masalasi sanoat korxonalarida energiya menejmentining muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Sanoat

korxonalarida tabiiy gazdan foydalanish samaradorligini oshirishda matematik modellashtirish va prognozlash usullarining ahamiyati ortib bormoqda.[2] Gaz sarfini modellashtirish ishlab chiqarish quvvatlari va energiya iste'moli o'rtasidagi bog'liqlikni aniqlash imkonini bersa, prognozlash kelgusidagi energiya ehtiyojlarini rejalashtirish va xarajatlarni optimallashtirish uchun ilmiy asos yaratadi.

Prognozlash jarayonida vaqt qatorlari tahlili, regressiya modellari, ko'p omilli statistik usullar hamda optimallashtirish algoritmlaridan foydalanish gaz iste'molining dinamikasini aniqlash imkonini beradi. Ayniqsa, ishlab chiqarish hajmi, texnologik jarayon davomiyligi, tashqi muhit harorati va uskunalarning yuklanish darajasi kabi omillarni inobatga olgan holda qurilgan matematik model gaz sarfining real holatini aniqroq baholashga xizmat qiladi. Sanoat korxonalarida gaz iste'moli ko'pincha notekis va mavsumiy xususiyatga ega bo'lib, bu esa energiya ta'minotini rejalashtirishda qo'shimcha qiyinchiliklar tug'diradi. Shu sababli matematik modellashtirish orqali gaz sarfi va ishlab chiqarish ko'rsatkichlari o'rtasidagi funksional bog'liqlikni aniqlash hamda optimal energiya iste'moli darajasini belgilash muhim ahamiyat kasb etadi.

Gaz sarfini optimallashtirish masalasi iqtisodiy va texnologik omillarni birgalikda ko'rib chiqishni talab qiladi. Optimallashtirish modelida maqsad funksiyasi sifatida gaz sarfini minimallashtirish yoki energiya xarajatlarini kamaytirish qabul qilinishi mumkin. Cheklovlar esa ishlab chiqarish quvvati, texnologik talablar va sifat ko'rsatkichlari bilan belgilanadi. Bunday yondashuv sanoat korxonalarida energiya resurslaridan samarali foydalanish imkonini yaratadi va prognozlash natijalari asosida energiya menejmenti tizimini takomillashtirish, gaz ta'minoti hajmini oldindan rejalashtirish hamda ortiqcha yoki samarasiz sarflarni aniqlash mumkin bo'ladi. Bu esa korxonalarda energiya samaradorligini oshirish bilan birga, ishlab chiqarish tannarxini kamaytirish va iqtisodiy barqarorlikni ta'minlashga xizmat qiladi. Shu bois, sanoat korxonalarida tabiiy gaz sarfini matematik modellashtirish va prognozlash asosida optimallashtirish masalasi zamonaviy energiya menejmenti tizimining muhim ilmiy-amaliy yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Yuqorida qayd etilgan matematik modellashtirish va prognozlash natijalari asosida sanoat korxonalarida energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan aniq chora-tadbirlarni ishlab chiqish mumkin. Model natijalari energiya sarfining eng katta yo'qotish manbalarini aniqlash hamda texnologik jarayonlarni takomillashtirish bo'yicha amaliy tavsiyalar berishga xizmat qiladi.

Metodologiya. Energiya tejamkorlikni ta'minlash maqsadida quyidagi chora-tadbirlar taklif etiladi: [3]

[1]. Texnologik uskunalarni modernizatsiya qilishda, eskirgan qozon va pechlarni zamonaviy qurilmalar bilan almashtirish energiya samaradorligini oshiradi.

[2]. Yonish jarayonini optimallashtirilda, gaz-havo aralashmasining optimal nisbatini ta'minlash va avtomatik rostlash tizimlarini joriy etish orqali yoqilg'i sarfi kamayadi.

[3]. Issiqlik yo'qotishlarini kamaytirishda issiqlik izolyatsiya materiallari orqali yo'qotishlar qisqartiriladi.

[4]. Energiya monitoring va hisob tizimlarini joriy etishda esa gaz sarfini real vaqt rejimida kuzatish va tahlil qilish imkonini beradi.

[5]. Texnologik rejimlarni optimallashtirish uchun ishlab chiqarish quvvati va jarayon vaqtini rejalashtirish orqali ortiqcha sarfni oldi olinadi.

[6]. Xodimlar malakasini oshirilganda, treninglar orqali energiya resurslaridan oqilona foydalanish ta'minlanadi.

Chora-tadbirlar tatbiq qilinmagan holatdagi hisoblash.

Ko'rsatkich	**Qiymat**	**Izoh**
Ishlab chiqarish quvvati P	1000 kW	Standart sanoat pechi
Ish vaqti T	10 soat	Bir ish kuni
Energiy samaradorlik η	0.75	Eskirgan uskuna
Issiqlik yo'qotishlari L	300 m³	Izolyatsiya yo'q, yoqotish yuqori
Gaz sarfi Qg	?	Hisoblanadi

$$Qg_{oldin} = \frac{P \cdot T}{\eta} + L = \frac{1000 \cdot 10}{0.75} + 300 = \quad 1333 + 300 = \mathbf{13633} m^3$$

Gazning issiqlik qiymati (1 m³ ≈ 9.5–10 kWh)

Chora-tadbirlar tatbiq qilingandan keying hisob – kitoblar

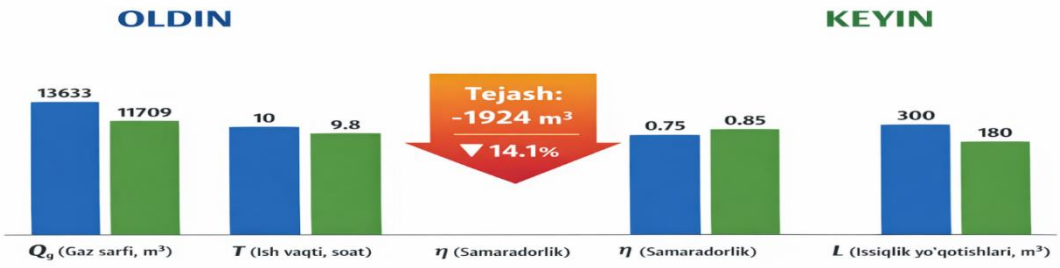
Chora-tadbir	O‘zgarish	Ta’sir
Texnologik uskunalarni modernizatsiya qilish	η: 0.75 → 0.80	Yoqilg‘i samaradorligi oshadi
Yonish jarayonini optimallashtirish	η: 0.80 → 0.83	To‘liq yonish, gaz sarfi kamayadi
Issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirish	L: 300 → 180 m³	Issiqlik yo‘qotishlari kamayadi
Energiya monitoring va hisob tizimlarini joriy etish	-	Tezkor nazorat va aniqlik oshadi
Texnologik rejimlarni optimallashtirish	T: 10 → 9.8 soat	Jarayon optimizatsiyasi orqali ortiqcha sarf kamayadi
Xodimlar malakasini oshirish	η: 0.83 → 0.85	Energiya tejamkor ishlashni ta’minlaydi

$$Qg_{keyin} = \frac{P \cdot T}{\eta} + L = \frac{1000 \cdot 9.8}{0.85} + 180 = \quad 11529.41 + 180 = \mathbf{11709} m^3$$

Tejash miqdori va foizi esa

$$\Delta Q = Q_{oldin} - Q_{keyin} = 13633 - 11709 = 1924 \ m^3$$

$$\textbf{Tejash foizi} = \frac{1924}{13633} \cdot 100 \approx \mathbf{14.1\%}$$



Natijalar tahlili. O‘tkazilgan hisob-kitoblar natijasida chora-tadbirlar joriy etilgunga qadar tabiiy gaz sarfi 13633 m³ ni tashkil etgani aniqlandi. Texnologik jarayonlarni optimallashtirish, uskunalarni modernizatsiya qilish hamda energiya monitoring tizimlarini joriy etish natijasida gaz sarfi 11709 m³ gacha kamaydi. Natijada gaz iste’moli 1924 m³ ga qisqarib, umumiy hisobda 14.1 % energiya tejamkorlikka erishildi. Mazkur natija sanoat korxonalarida energiya sarfiga bir nechta omillar kompleks ta’sir ko‘rsatishini tasdiqlaydi. Jumladan, uskunalarning foydali ish

koeffitsiyentini oshirish, yonish jarayonini optimal boshqarish hamda issiqlik yo‘qotishlarini kamaytirish gaz iste’molining sezilarli darajada qisqarishiga olib keladi. Ayniqsa, energiya monitoring tizimlari yordamida energiya sarfini real vaqt rejimida nazorat qilish ortiqcha energiya sarfini aniqlash va tezkor boshqaruv qarorlarini qabul qilish imkonini beradi.

Matematik modellashtirish natijalari shuni ko‘rsatadiki, gaz sarfi ishlab chiqarish quvvati, texnologik jarayon davomiyligi hamda uskunalarning energetik samaradorligi bilan bevosita bog‘liqdir. Shuning uchun energiya sarfini optimallashtirish masalasida ko‘p omilli regressiya modellari va prognozlash usullaridan foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi. Bunday yondashuv kelgusidagi energiya iste’molini aniqroq prognoz qilish va energiya resurslarini samarali rejalashtirish imkonini beradi. Bundan tashqari, tabiiy gaz sarfining kamayishi nafaqat iqtisodiy samaradorlikni oshiradi, balki ekologik jihatdan ham ijobiy natija beradi. Gaz iste’molining qisqarishi atmosferaga chiqariladigan issiqxona gazlari miqdorini kamaytirishga xizmat qiladi, bu esa sanoat korxonalarining ekologik barqarorligini ta’minlashda muhim omil hisoblanadi. Olingan natijalar energiya menejmenti tizimida matematik modellashtirish va prognozlash yondashuvlaridan foydalanish sanoat korxonalarida energiya samaradorligini oshirishning samarali vositasi ekanligini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, modelni real ishlab chiqarish ma’lumotlari bilan boyitish orqali kelgusida qo‘shimcha 10–15 % gacha energiya tejamkorlikka erishish imkoniyati mavjud.

Tabiiy gaz sarfining kamayishi nafaqat energiya tejamkorlikni, balki korxona uchun sezilarli iqtisodiy samaradorlikni ham ta’minlaydi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, chora-tadbirlar joriy etilishidan oldin tabiiy gaz sarfi 13633 m³ ni tashkil etgan bo‘lsa, modernizatsiya va optimallashtirish ishlari amalga oshirilgandan so‘ng bu ko‘rsatkich 11709 m³ gacha kamaydi. Natijada tabiiy gaz iste’moli 1924 m³ ga qisqardi. Iqtisodiy samaradorlikni aniqlash uchun tabiiy gazning o‘rtacha narxi hisobga olinadi. Masalan, tabiiy gazning o‘rtacha narxi **1 m³ uchun 800 so‘m** deb qabul qilinsa, energiya tejamkorlik natijasida quyidagi iqtisodiy samara yuzaga keladi:

$$E=\Delta Q \cdot C$$

bu yerda: **E** – iqtisodiy samaradorlik (so‘m),
ΔQ – tejab qolingan gaz miqdori (m³),
C – tabiiy gazning bir birlik narxi (so‘m/m³).

Hisob-kitobga ko‘ra:

$$E=1924 \cdot 800$$
$$E=1\ 539\ 200 \text{ so‘m}$$

Demak, faqat bir texnologik jarayon doirasida amalga oshirilgan optimallashtirish chora-tadbirlari natijasida **1 539 200 so‘m iqtisodiy tejamkorlikka** erishish mumkin. Agar ushbu energiya tejamkor texnologiyalar sanoat korxonasining barcha ishlab chiqarish liniyalarida qo‘llanilsa, umumiy iqtisodiy samaradorlik yanada yuqori bo‘lishi mumkin.

Shu sababli energiya menejmenti tizimida matematik modellashtirish va prognozlash usullaridan foydalanish energiya resurslaridan samarali foydalanish, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish hamda korxona iqtisodiy barqarorligini ta’minlashda muhim ahamiyat kasb etadi.

CO_2 emissiyasining kamayishini tahlil qilish. Tabiiy gaz sarfining kamayishi nafaqat iqtisodiy samaradorlikni oshiradi, balki atmosferaga chiqariladigan issiqxona gazlari miqdorini ham kamaytiradi. Energiya tejamkor chora-tadbirlar natijasida tabiiy gaz sarfi 1924 m³ ga qisqargani aniqlandi.

Tabiiy gaz yonishi natijasida hosil bo‘ladigan karbonat angidrid (CO_2) miqdorini aniqlash uchun quyidagi formula qo‘llaniladi:

$$M_{CO2}=\Delta Q \cdot k$$

bu yerda:
$M_{(CO_2)}$ – atmosferaga chiqarilmay qolgan CO_2 miqdori (kg),
ΔQ – tejab qolingan tabiiy gaz hajmi (m³),
k – tabiiy gaz uchun CO_2 emissiya koeffitsiyenti (taxminan **1.9 kg CO_2/m³**).

Hisob-kitob:

$$M_{CO2}=1924\times1.9$$
$$M_{CO2}=3655.6\text{kg}$$

yoki

$M_{CO2} \approx 3.66$tonna

Demak, energiya tejamkor chora-tadbirlari natijasida **taxminan 3.66 tonna CO_2 emissiyasi kamayadi**. Bu esa sanoat korxonalarida energiya samaradorligini oshirish orqali nafaqat iqtisodiy foyda, balki ekologik barqarorlikni ta’minlash ham mumkinligini ko‘rsatadi. Shu sababli matematik modellashtirish va prognozlash usullaridan foydalanish sanoat korxonalarida energiya resurslaridan oqilona foydalanish, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish hamda atrof-muhitga salbiy ta’sirni kamaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Xulosa. Mazkur tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, sanoat korxonalarida tabiiy gazdan foydalanish samaradorligini oshirish energetik, iqtisodiy va ekologik jihatdan muhim ahamiyat kasb etadi. Matematik modellashtirish va prognozlash asosida ishlab chiqilgan hisob-kitoblar natijasida chora-tadbirlar joriy etilgandan so‘ng tabiiy gaz sarfi 13633 m³ dan 11709 m³ gacha kamaygani, ya’ni 14.1 % tejamkorlikka erishilgani aniqlandi.

Olingan natijalar energiya menejmenti tizimida kompleks yondashuvning samaradorligini tasdiqlaydi. IMRAT talablari asosidagi raqamli va modellashtirish yondashuvlari energiya resurslaridan oqilona foydalanish, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish hamda sanoat korxonalarining barqaror rivojlanishini ta’minlashga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1]. O‘zbekiston Respublikasi Energetika Vazirligi ma’lumotlari.
[2]. ISO 50001:2018 – Energy Management Systems.
[3]. Saidov B., Energiya auditi va energiya samaradorligi, Toshkent, 2022.
[4]. International Energy Agency (IEA) hisobotlari.
[5]. Qodirov, A., & Yunusov, D. (2020). *Korxonalarda energiya samaradorligini oshirish usullari*. Toshkent: Texnika nashriyoti.
[6]. Box, G.E.P., Jenkins, G.M., & Reinsel, G.C. (2015). *Time Series Analysis: Forecasting and Control*. Wiley. Prognozlash uchun klassik manba.
[7]. Montgomery, D.C. (2017). *Design and Analysis of Experiments*. Wiley. Statistik modellashtirish uchun.
[8]. Capehart, B.L., Turner, W.C., & Kennedy, W.J. (2020). *Guide to Energy Management*. CRC Press. Energiya menejmenti va optimallashtirish.
[9]. Bejan, A. (2016). *Advanced Engineering Thermodynamics*. Wiley. Issiqlik jarayonlari asoslari.
[10]. O‘zbekiston Respublikasi “Energiya tejash va energiya samaradorligini oshirish to‘g‘risida”gi Qonuni, 2024-yil 7-avgust, 940-son.

ISHLAB CHIQARISH BINOLARIDA HAVO BILAN ISITISH TIZIMINING ENERGETIK VA IQTISODIY SAMARADORLIGINI BAHOLASH

B.G‘. Soliyev, N.U. Karimov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
ORCID: 0009-0006-2219-5947
e-mail: bobonazarsoliyev@gmail.com

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Global energiya resurslarining narxi oshib borayotgani va atrof-muhitga qo‘yiladigan talablar kuchayayotgani sharoitida, ishlab chiqarish binolarini isitishning energiya samarali tizimlarini joriy etish muhim ahamiyat kasb etadi. An’anaviy suv va bug‘ bilan isitish tizimlari yuqori kapital xarajatlar, murakkab montaj, korroziya va muzlash xavfi bilan tavsiflanadi. Ushbu ish ishlab chiqarish binolarida havo bilan isitish tizimini (HBIT) qo‘llash samaradorligini kompleks tahlil qilishga bag‘ishlangan. Maqolada tizimning konstruktiv sxemalari, issiqlik balansi hisobi, havo almashinuvi parametrlari, kalorifer hisobi, filtrlar va iqtisodiy ko‘rsatkichlar keltirilgan. Tadqiqot natijalari havo bilan isitish tizimlari nafaqat ekologik xavfsiz, balki energiya tejash (5–25%) va tez qoplanish muddati (3–5 yil) jihatidan ham iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq ekanligini ko‘rsatadi.*

Kalit so‘zlar: *havo bilan isitish, ishlab chiqarish binosi, kalorifer, issiqlik balansi, havo almashinuvi, energiya samaradorligi, qoplanish muddati, kapital xarajatlar, ekspluatatsion xarajatlar, issiqlik uzatish*

koeffitsienti.

Аннотация. *В условиях роста стоимости глобальных энергетических ресурсов и ужесточения экологических требований внедрение энергоэффективных систем отопления производственных зданий приобретает особую актуальность. Традиционные системы водяного и парового отопления характеризуются высокими капитальными затратами, сложностью монтажа, а также рисками коррозии и замерзания. Настоящая работа посвящена комплексному анализу эффективности применения системы воздушного отопления (СВО) в производственных зданиях. В статье представлены конструктивные схемы системы, расчёт теплового баланса, параметры воздухообмена, расчёт калориферов, фильтров и экономические показатели. Результаты исследования показывают, что системы воздушного отопления являются не только экологически безопасными, но и экономически целесообразными благодаря энергосбережению (5–25%) и короткому сроку окупаемости (3–5 лет).*

Ключевые слова: *воздушное отопление, производственное здание, калорифер, тепловой баланс, воздухообмен, энергоэффективность, срок окупаемости, капитальные затраты, эксплуатационные расходы, коэффициент теплопередачи.*

Abstract. *In the context of rising global energy prices and increasingly stringent environmental requirements, the implementation of energy-efficient heating systems for industrial buildings has become highly important. Conventional water and steam heating systems are characterized by high capital costs, complex installation, as well as risks of corrosion and freezing. This study is devoted to a comprehensive analysis of the efficiency of applying air heating systems (AHS) in industrial buildings. The paper presents system design schemes, heat balance calculations, air exchange parameters, heater (calorifier) sizing, filter analysis, and economic indicators. The results of the study show that air heating systems are not only environmentally safe but also economically feasible due to energy savings (5–25%) and a short payback period (3–5 years).*

Keywords: *air heating, industrial building, calorifier, heat balance, air exchange, energy efficiency, payback period, capital costs, operating costs, heat transfer coefficient.*

1. Kirish. Ishlab chiqarish binolarida qulay mikroiqlimni ta’minlash nafaqat xodimlarning mehnat unumdorligi, balki texnologik jarayonlarning barqarorligi uchun ham muhimdir. Qozog‘iston katta qismi kontinental iqlimga ega bo‘lgan davlatda qish mavsumida havo harorati –30°C va undan pastga tushadi. Bu esa isitish tizimlariga yuqori talablar qo‘yadi.

An’anaviy ravishda ishlab chiqarish binolarida suv va bug‘ bilan isitish tizimlari keng qo‘llaniladi. Biroq ular bir qator kamchiliklarga ega:

- yuqori termal inersiya (sekin isiydi va soviydi);
- muzlash xavfi;
- qochqinlar va korroziya;
- murakkab montaj va katta kapital xarajatlar.

Havo bilan isitish tizimi bu kamchiliklarni bartaraf etadi. U issiqlik tashuvchi sifatida havoni ishlatadi, ventilyatsiya bilan birlashtirilishi mumkin va xonalarni tez isitish imkonini beradi.

Ushbu maqola Farg‘ona viloyatida joylashgan ishlab chiqarish binosi (maydoni 386 m², balandligi 3,8 m) uchun havo bilan isitish tizimini loyihalash va uning samaradorligini baholashga bag‘ishlangan.[1-2]

2. Havo bilan isitish tizimining konstruktiv xususiyatlari va issiqlik-texnik ko‘rsatkichlari

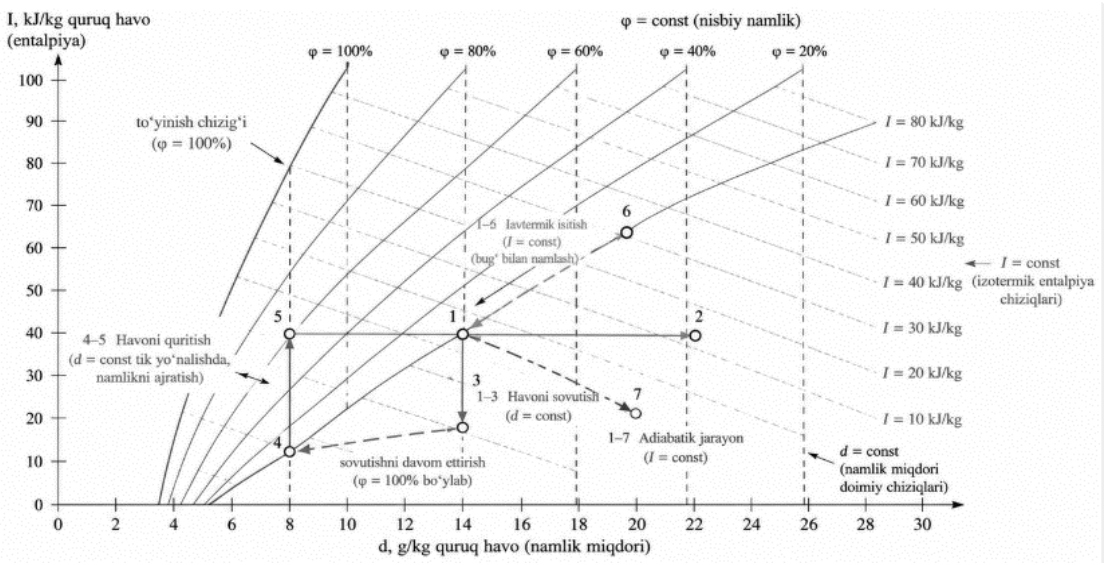
Havo bilan isitish tizimida tashqi havo filtrdan o‘tadi, kaloriferda isitiladi va ventilyator yordamida havo kanallari orqali xonalarga tarqatiladi. Tizim quyidagi asosiy elementlardan iborat:

- havo olish shaftasi;
- filtr (G4 + F7);
- kalorifer (havo isitgichi);
- ventilyator;
- havo kanallari tarmog‘i;
- havo tarqatgichlar (diffuzorlar);
- chiqarish ventilyatsiyasi.
- Hisob-kitoblar binoning 6 ta xonasi uchun bajarilgan:

– Qoraytiruvchi konstruksiyalar orqali issiqlik yo‘qotilishi quyidagi formula bilan aniqlanadi:

$$Q_{\text{kor}.\Delta t} = k_c \cdot F_c \cdot (t_{c,x} - t_{i,x}) + k_{\text{jr}} \cdot F_{\text{jr}} \cdot (t_{c,x} - t_{i,x}) \quad (1)$$

– bu yerda: k_c – devorning issiqlik o‘tkazish koeffitsienti, Vt/(m²·°C), $k_c = 0{,}33$ Vt/(m²·°C); k_{jr} – oynaning issiqlik o‘tkazish koeffitsienti, $k_{\text{jr}} = 2{,}56$ Vt/(m²·°C); $t_{c,x}$ – tashqi havo harorati (sovuq mavsum), °C, $t_{c,x} = -28$ °C; $t_{i,x}$ – ichki havo harorati, °C, $t_{i,x} = 21$ °C; F_c – devor yuzasi, m²; F_{jr} – oyna yuzasi, m².[3-5]



1-rasm. Nam havoning I-d diagrammasi.

1-xona (asosiy ish joyi) uchun:

Devor yuzasi:

$$F_c = l_{\text{dev}} \cdot h_{\text{dev}} - 13 \cdot (l_{\text{oyn}} \cdot h_{\text{oyn}}) = 29{,}58 \cdot 3{,}8 - 13 \cdot (1{,}2 \cdot 2{,}1) = 112{,}4 - 32{,}76 = 79{,}64 \text{ m}^2$$

Devor orqali issiqlik yo‘qotilishi:

$$Q_{\text{syr}.k} = 0{,}33 \cdot 79{,}64 \cdot (-28 - 21) = 0{,}33 \cdot 79{,}64 \cdot (-49) = -1287{,}7 \text{ Vt}$$

Oyna orqali issiqlik yo‘qotilishi:

$$Q_{\text{jr.pr}} = 2{,}56 \cdot 53{,}75 \cdot (-49) = -9990 \text{ Vt}$$

Jami issiqlik yo‘qotilishi:

$$\Sigma Q_{\text{kor}.\Delta t} = -1287{,}7 + (-9990) = -11277{,}7 \text{ Vt}$$

Barcha xonalar bo‘yicha sovuq mavsumdagi issiqlik balansi

1-jadval

Xona	$\Sigma Q_{\text{kor}.\Delta t}$, Vt	Q_a, Vt	Q_{yor}, Vt	Q_{tex}, Vt	ΣQ_c, kVt
1	-11 277,7	1 560	4 359	3 355	-2,2
2	-1 230	1 440	782	504	1,69
3	-	-	539,6	1 000	0,26
4	-933,4	-	489	-	-0,47
5	-773	720	530	252	0,81
6	-1 592	600	1 877	1 855	3,01

Sanitariya normalariga muvofiq:

– odam 6 soatdan ortiq bo‘lgan xonalar: 60 m³/soat · kishi;

– odam 2 soatdan kam bo‘lgan xonalar: 30 m³/soat · kishi.

Beriladigan havo sarfi:

$$V_k = \sum n \cdot V \quad (2)$$

2-jadval

Xona	Odamlar soni	Norma, m³/soat	V_k, m³/soat
1	13	60	780
2,3,4	12	30	360
5	6	30	180
6	5	60	300
Jami			**1 620**

Beriladigan havo uchun issiqlik quvvati (issiq mavsum):

$$Q_k = \frac{\sum V_k \cdot \rho_k \cdot \Delta i_p}{3600} \quad (3)$$

bu yerda: $\rho_k = 1{,}181$ kg/m³ – havo zichligi (20°C da); $\Delta i_p = 3$ kJ/kg – entalpiyalar farqi; $V_k = 1620$ m³/soat.

$$Q_k = \frac{1620 \cdot 1{,}181 \cdot 3}{3600} = 1{,}6 \text{ kVt}$$

Olingan ma’lumotlar asosida havo isitgichning hisobi quyidagicha bajariladi::

– suvning boshlang‘ich harorati: $t_{w1} = 90$ °C;
– suvning oxirgi harorati: $t_{w2} = 70$ °C;
– havoning boshlang‘ich harorati: $t_b = -28$ °C;
– havoning oxirgi harorati: $t_c = 18$ °C;
– havo sarfi: $V = 1860$ m³/soat = 0,52 m³/s.

Foydali issiqlik quvvati:

$$Q_{a.k} = \frac{V \cdot \rho}{3600} \cdot C \cdot \Delta t_{qv} \quad (4)$$

bu yerda: $\rho = 1{,}44$ kg/m³ ($t = -28$°C da); $C = 1$ kJ/(kg·°C); $\Delta t_{qv} = t_c - t_b = 18 - (-28) = 46$ °C.

$$Q_{a.k} = \frac{1860 \cdot 1{,}44}{3600} \cdot 1 \cdot 46 = 34{,}2 \text{ kVt}$$

To‘la issiqlik quvvati (zaxira koeffitsienti bilan):

$$Q_{a.k.t} = \frac{Q_{a.k} \cdot k}{\eta} = \frac{34{,}2 \cdot 1{,}05}{0{,}95} = 37{,}8 \text{ kVt} \quad (5)$$

bu yerda: $k = 1{,}05$ – zaxira koeffitsienti, $\eta = 0{,}95$ – kaloriferning FIK.

Suv sarfi:

$$W = \frac{Q_{a.k.t}}{C_w \cdot \Delta t_w} = \frac{37{,}8}{4{,}19 \cdot 20} = 0{,}45 \text{ kg/s} = 1625 \text{ kg/soat} \quad (6)$$

Quvurlardagi suv tezligi:

$$\omega_w = \frac{W}{\rho_w \cdot f_{tr}} = \frac{0{,}45}{965 \cdot 0{,}00042} = 1{,}11 \text{ m/s} \quad (7)$$

bu yerda: $\rho_w = 965$ kg/m³ (90°C da), $f_{tr} = 0{,}00042$ m² – trubaning kesim yuzasi.

Havo tezligi:

$$\omega\rho = \frac{V \cdot \rho}{3600 \cdot F_{ka}} = \frac{1860 \cdot 1{,}44}{3600 \cdot 0{,}26} = 2{,}86 \text{ kg/(m}^2\text{·s)} \quad (8)$$

bu yerda: $F_{ka} = 0{,}26$ m² – kaloriferning havo tomondan kesim yuzasi.

Issiqlik uzatish koeffitsienti:

$$K_{a.k} = A \cdot (\omega\rho)^{0{,}37} \cdot \omega_w^{0{,}18} = 21{,}43 \cdot (2{,}86)^{0{,}37} \cdot (1{,}11)^{0{,}18} = 32{,}2 \text{ Vt/(m}^2\text{·K)}$$

bu yerda: $A = 21{,}43$ – 2 qatorli kalorifer uchun empirik koeffitsient.

O‘rtacha arifmetik harorat bosimi:

$$\Delta t_{or.ar} = \frac{t_{w1}+t_{w2}}{2} - \frac{t_b+t_c}{2} = \frac{90+70}{2} - \frac{-28+18}{2} = 80-(-5) = 85\ ^\circ C \quad (9)$$

Kerakli issiqlik almashish yuzasi:

$$F_{zh.b} = \frac{Q_{a.k.t}\cdot 10^3}{K_{a.k}\cdot \Delta t_{or.ar}} = \frac{37{,}8\cdot 10^3}{32{,}2\cdot 85} = 13{,}9\ m^2 \quad (10)$$

Havo filtr uchun ishlash muddati:

$$\tau_\phi = \frac{П_\phi \cdot 1000 \cdot F_\phi}{(C_{kr}-C_{chiq})\cdot V} = \frac{5000\cdot 1000\cdot 1{,}2}{(3-0{,}3)\cdot 1860} = 1195\ soat \approx 50\ kun \quad (11)$$

Xaltali filtr uchun ishlash muddati:

$$\tau_\phi = \frac{400\cdot 1000\cdot 6{,}8}{(0{,}3-0{,}06)\cdot 1860} = 6093\ soat \approx 254\ kun \quad (12)$$

3. Havo bilan isitish tizimining iqtisodiy samaradorligi

Montaj xarajatlari (kapital xarajatlarning 25%):

$$C_{montaj} = 4109988\cdot 0{,}25 = 1027{,}747\ \text{mln so‘m} \quad (13)$$

To‘liq kapital xarajat:

$$K = 4109988 + 1027747 = 5137{,}735\ \text{mln so‘m} \quad (14)$$

Elektr energiyasi xarajatlari:

Elektr quvvati: 4,7 kVt (24 soat, 365 kun, yuklanish koeffitsienti 0,85):

$P_{el} = 4{,}7 \cdot 24 \cdot 0{,}85 \cdot 365 = 35000$ kVt·soat/yil

1 kVt·soat narxi 100 so‘m bo‘lganda:

$$C_{el} = 35000\cdot 1000 = 35000000\ \text{mln so‘m}$$

Yillik ekspluatatsion xarajatlar jami:

$C_{ekspl} = 559835 + 128443 + 118168 + 420000 = 1226{,}446$ mln so‘m

O‘zini o‘zi qoplash muddati

Suv bilan isitish tizimiga nisbatan havo bilan isitish:

- kapital xarajatlar: 2,5 baravar kam (suvli tizim ~12,8 mln tg);
- energiya tejamkorligi: 15% (o‘rtacha).[6-7]

Yillik tejamkorlik:

$$\Delta C = C_{suv} - C_{havo} = (0{,}15\cdot C_{suv}) + (C_{kapital\ farqi}/10) \quad (15)$$

Soddalashtirilgan hisobda:

$\Delta C \approx 35000000$ so‘m/yil

Qoplanish muddati:

$$T_{qop} = \frac{K_{farq}}{C_{tejalgan}} = \frac{5137735}{1226446} \approx 4{,}2\ yil \quad (16)$$

4. Natijalar va muhokama

Tahlil natijalari quyidagilarni ko‘rsatadi:

1. Havo bilan isitish tizimi ishlab chiqarish binosida qulay mikroiqlimni ta’minlaydi (harorat 20–22°C, namlik 30–45%, havo tezligi ≤0,2 m/s).
2. Issiqlik balansi hisobi shuni ko‘rsatdiki, eng katta issiqlik yetishmasligi 1- xonada (11,3 kVt), eng katta ortiqcha issiqlik esa 6- xonada (3,0 kVt) kuzatilgan.
3. Tanlangan havo isitgich (DVH-10-W-Y-2-2-360-710-2.0-CU) quyidagi parametrlarni ta’minlaydi:
   - issiqlik quvvati: 37,8 kVt;
   - issiqlik uzatish koeffitsienti: 32,2 Vt/(m²·K);
   - kerakli issiqlik almashish yuzasi: 13,9 m².
4. Ikki bosqichli filtratsiya havoni zarralardan 98% gacha tozalaydi (chiqishda 0,06 mg/m³).[8]

5. Xulosa

Bajarilgan kompleks tahlil quyidagi asosiy xulosalarni chiqarishga imkon beradi:

- havo bilan isitish tizimi ishlab chiqarish binolarida suv va bug‘ bilan isitishga energiya samarali va iqtisodiy jihatdan maqsadga muvofiq alternativadir.
- tizim suv iste’molini butunlay yo‘q qiladi, qochqinlar va muzlash xavfini bartaraf etadi. Bu havo bilan isitish tizimlarini suv resurslari tanqis bo‘lgan va yuqori ekologik talablarga ega hududlar uchun istiqbolli yechimga aylantiradi.
- zamonaviy kalorifer konstruksiyalari 32,2 Vt/(m²·K) gacha issiqlik uzatish koeffitsientini va −28 dan +18 °C gacha harorat oralig‘ida ishonchli ishlashni ta’minlaydi.
- o‘zini o‘zi muddati 4,2 yil, bu energetika loyihalari uchun maqbul hisoblanadi (normativ 5–7 yildan kam).

Demak suv resurslari tanqis bo‘lgan va ishlab chiqarish binolari katta hajmli hududlarda havo bilan isitish tizimlarini joriy etish energiya samaradorligini oshirish va ekologik yukni kamaytirishning samarali usuli hisoblanadi.

Adabiyotlar

[1]. S.R. Nurmanov, I.I. Pirnazarov, Sh.A. Usmanov, Ventilatsiya va havoni konditsiyalash tizimlari, ta’lim yo‘nalishi uchun o‘quv qo‘llanma,Toshkent 2019-yil.
[2]. Rashidov Yu.K. «Issiqlik, gaz ta’minoti va ventilyatsiya» darslik, Toshkent. «Cho‘lpon» 2010 y, 143 b.
[3]. Saidova D.Z., Nurmanov S.R. “Ventilatsiya’’ o‘quv qo‘llanma. Toshkent, TAQI 2014-y. 160 b.
[4]. QMQ 2.04.05-97*. Isitish, ventilatsiya va konditsiyalash. 0 ‘zbekiston Respublikasi Davlat Arxitektura va Qurilish Qo‘mitasi. Tashkent 2011 yil.
[5]. Насонов Е.А., Кадыров Р.Р., “Пособие по проектированию новых энергосберегающих решений по отоплению, вентиляции и кондиционированию (к КМК 2.04.05-97*.)”.ОАО «ТошуйжойЛИТИ». Toshkent, 2012-yil.
[6]. ГримитлинМ.И. Расчетвоздухораспределения в помещении. Издателство АВОК. С еверо-Зап ад, Sank Piterburg 2004-yil. - 319 b.
[7]. Mansurova Sh.P., Ventilatsiya va havoni konditsiyalash tizimlari,darslik.Toshkent 2021-yil.
[8]. Хрусталев Б.М., Кувшинов Ю.Я., Копко В.М. и др. Теплоснабжение и вентиляция. Курсовое и дипломное проектирование: учебное пособие. – 3-е изд., испр. и доп. – М.: АСВ, 2010. – 783 с.

YOQILG'ILARDA SUV VA NAMLIKNI ANIQLASHNDA AN'ANAVIY USULLAR

X.A. Abdusamatov, Sh.U. Ergashev

Farg‘ona davlat texnika universiteti

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu maqolada benzin va dizel yoqilg'isidagi namlik miqdorini aniqlashning an'anaviy usullari — Karl Fischer titrometriyasi, distillatsiya (Dean-Stark) usuli va infraqizil (IQ) spektroskopiya - tahlil qilingan. Har bir usulning fizik-kimyoviy asoslari, o'lchash diapazoni, aniqligi va amaliy qo'llanilishi ko'rib chiqilgan. Eksperimental natijalar asosida usullarning solishtiruv tahlili o'tkazilgan va ularning afzalliklari hamda kamchiliklari bayon etilgan. O'zbekiston sharoitida yoqilg'i sifatini nazorat qilish uchun eng maqbul tahlil usullari tavsiya etilgan.*

Kalit so'zlar: *yoqilg'idagi suv, Karl Fischer titrometriyasi, distillatsiya usuli, infraqizil spektroskopiya, namlik tahlili, yoqilg'i sifati, ASTM standartlari.*

1. KIRISh

Yoqilg'i tarkibidagi suv zamonaviy muhandislik va transport tizimlarining eng dolzarb muammolaridan biri hisoblanadi. Dvigatellar, turbinalar va qozonxona qurilmalarida yoqilg'i bilan birga keluvchi namlik ko'plab texnik muammolarga sabab bo'lishi mumkin: yonish samaradorligini pasaytiradi, korroziya jarayonlarini tezlashtiradi, yoqilg'i tizimlarida mikrobial faollikni ragbatlantiradi hamda qishda muz hosil bo'lishiga olib keladi.

Jahon standartlari — jumladan, ASTM D6304, ISO 12937 va GOST 2477 — yoqilg'idagi namlik miqdorini muntazam nazorat qilishni talab etadi. O'zbekiston respublikasida ham yoqilg'i sifatini nazorat qiluvchi normativ-texnik hujjatlar mavjud bo'lib, ular xalqaro standartlarga mos ravishda yangilab borilmoqda. Shu bilan birga, mamlakat sharoitida laboratoriya imkoniyatlari va iqtisodiy samaradorlikni hisobga olgan holda eng maqbul tahlil usulini tanlash muhim amaliy ahamiyat kasb etadi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi — benzin va dizel yoqilg'isidagi namlikni aniqlashning uchta asosiy usulini — Karl Fischer titrometriyasi, distillatsiya (Dean-Stark) usuli va infraqizil spektroskopiyani — qiyosiy tahlil qilish, ularning amaliy qo'llanilish doirasini belgilash va eksperimental natijalar asosida tavsiyalar ishlab chiqishdan iborat.

Tadqiqotning dolzarbligi shundan iboratki, O'zbekistonda transport va energetika sektori jadal rivojlanayotgan bir davrda yoqilg'i sifatini operativ va arzon usullar bilan nazorat qilish imkoniyatlarini kengaytirish zarurati tobora ortib bormoqda. Shuningdek, mahalliy iqlim sharoiti — katta harorat amplitudasi, chang va namlik — yoqilg'idagi suv miqdorining oshishi xavfini kuchaytiradi.

2. ADABIYOTLAR SHARHI

Yoqilg'idagi namlikni aniqlash muammosi ilmiy adabiyotlarda keng muhokama etilgan. Karl Fischer titrometriyasi 1935-yilda nemis kimyogari Karl Fischer tomonidan taklif etilgan va hozirgi kunda namlikni aniqlashning eng ishonchli usuli sifatida tan olingan [1]. Usul bir necha marta takomillashtirilgan bo'lib, hozirda kulometriya va volumetriya variantlari mavjud.

Dean-Stark distillatsiya usuli 1920-yillardan beri amaliyotda qo'llanib kelinadi va asosan og'ir neft mahsulotlari, moylar va yonilg'i tarkibidagi nisbatan yuqori namlik miqdorini aniqlash uchun ishlatiladi [2]. Bu usul oddiy laboratoriya jihozlarini talab etishi va katta hajmdagi namunalar uchun qulay ekanligi bilan ajralib turadi.

Infraqizil spektroskopiya 1980-1990-yillardan boshlab yoqilg'i tahlilida keng qo'llanila boshlandi. Yaqin infraqizil (NIR) va o'rta infraqizil (MIR) diapazonlarida OH guruhlarining xarakteristik yutilish polosalari orqali suv miqdorini aniqlash imkoniyati ko'rsatilgan [3,4]. Zamonaviy FT-IR spektrometrlar bir necha daqiqada yuqori aniqlikdagi natija berishi mumkin.

Turgunov va boshq. [5] o'tkazgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, infraqizil usul O'rta Osiyo sharoitida, ayniqsa dala sharoitida qo'llash uchun katta istiqbolga ega, chunki u tezkor va kimyoviy reagentlarni talab etmaydi. Xuddi shu muallif jamoasi tomonidan benzin va dizel yoqilg'isining IQ-spektrlarini o'rganish natijalari ham e'lon qilingan.

Shunga qaramasdan, adabiyotlarda O'zbekiston sharoitida uchala usulning kompleks qiyosiy tahlili o'tkazilmagan. Ayniqsa, mahalliy yoqilg'i namunalarida Karl Fischer va IQ usullarini parallel qo'llab olingan natijalarni taqqoslash bo'yicha tadqiqotlar yetarli emas. Ushbu bo'shliqni to'ldirish mazkur ish maqsadi hisoblanadi.

3. YOQILG'IDA SUVNI ANIQLASHNING AN'ANAVIY USULLARI

3.1. Karl Fischer titrometriyasi

Karl Fischer (KF) titrometriyasi namlikni aniqlashning eng selektiv va aniq usullaridan biri hisoblanadi. Usulning kimyoviy asosi sulfur dioksid va iodsulfur kislota o'rtasidagi qaytarmas oksidlanish-qaytarilish reaksiyasiga asoslanadi:

$$H_2O + I_2 + SO_2 + 3C_5H_5N \rightarrow 2C_5H_5N{\cdot}HI + C_5H_5N{\cdot}SO_3$$

Hozirgi zamonaviy KF titratorlari ikki xil rejimda ishlaydi: volumetrik (hajmiy) va kulometrik (elektrokimyoviy). Volumetrik usulda KF reaktiv bilan to'g'ridan-to'g'ri titrlanadi va 100 mg/kg dan yuqori namlik miqdorlarini aniqlash uchun qulay. Kulometrik usul esa ionlar yo'li bilan iod hosil qilib, juda kichik miqdorlarni — 1 mg/kg gacha — aniqlash imkonini beradi.

ASTM D6304 standartiga muvofiq KF usulining aniqligi ±1% atrofida bo'lib, takrorlanuvchanligi yuqori. Usulning asosiy kamchiliklari qatoriga qimmatbaho reagentlarni talab etishi, atrof muhitdagi namlikka sezgirligi va tajribali laborant zarurligini kiritish mumkin.

Dizel yoqilg'isi uchun KF usuli ayniqsa mos keladi, chunki dizel turbinalar va nasoslaridagi korroziya ko'pincha 200 mg/kg dan ortiq namlik miqdori bilan bog'liq bo'lib, bu usul mazkur diapazonda yuqori ishonchlilikni ta'minlaydi.

3.2. Distillatsiya (Dean-Stark) usuli

Dean-Stark usuli namunaning eritmachi bilan (odatda toluol yoki ksilen) qayta distillyatsiya qilinishiga va suv-eritmachi azeotropining ajratilishiga asoslanadi. Hosil bo'lgan ikki qatlamli suyuqlik maxsus graduated Dean-Stark qabul qilgichida ajratiladi va suv hajmi bevosita o'lchanadi.

Usul GOST 2477 va ASTM D95 standartlariga muvofiq bajariladi. Aniqlash chegarasi taxminan 0.05% yoki 500 mg/kg bo'lib, yuqori kontaminatsiya darajasini aniqlash uchun juda mos. Usulning katta afzalligi shundaki, u nisbatan oddiy shisha jihozlarini talab etadi va laboratoriya reagentlari arzon.

Biroq ushbu usulning bir qator cheklovlari mavjud: birinchidan, kichik namlik miqdorlarida (100 mg/kg dan pasat) aniqlik pasayadi; ikkinchidan, zaharli eritmachlar (toluol) bilan ishlash sog'liqqa zarar qilishi mumkin; uchinchidan, tahlil jarayoni 1-3 soat davom etadi, bu esa operativ nazorat uchun noqulay.

3.3. Infraqizil (IQ) spektroskopiya usuli

Infraqizil spektroskopiya usuli suvning O-H bog'lanishiga xos yutilish polosalariga asoslanadi. Suv molekulasida ikkita asosiy yutilish mintaqasi mavjud: 3200-3600 sm^{-1} diapazoni (O-H cho'zilish tebranishlari) va 1600-1650 sm^{-1} mintaqasi (bukilish tebranishlari). Yoqilg'i matriksidan farqli ravishda bu polosalar aniq ajralib turadi.

Yaqin IQ (NIR) spektroskopiya 1400-1900 nm diapazonda, o'rta IQ (MIR) esa 2500-25000 nm diapazonda ishlaydi. MIR usuli bevosita absorbsiya o'lchoviga asoslanib, NIR ga nisbatan ancha sezgirroq. Fourier-o'zgarishli (FT-IR) spektrometrlar esa parallel ravishda keng spektral diapazonni skanerlash imkonini beradi.

IQ usulining asosiy ustunligi — reagentsiz, tez (2-5 daqiqa), to'g'ridan-to'g'ri o'lchash imkoniyati. Shuningdek, u bir vaqtning o'zida boshqa parametrlarni — setan soni, yog' fraksiyasi, FAME miqdori — ham aniqlash uchun kalibrlanishi mumkin. Standart sifatida ASTM D7988 va EN 15489 qo'llaniladi.

Usulning cheklovlari orasida dastlabki kalibrlash zaruriyati, haroratga nisbatan sezgirlik va aralashmalar ta'sirida kalibrlash egri chizig'ining o'zgarishi alohida e'tiborga loyiq. Ayniqsa, benzin tarkibidagi aromatik birikmalar NIR diapazonda O-H polosalariga yaqin yutilish ko'rsatishi mumkin.

Yarimo‘tkazgichli nurlatgichlar negizida ishlaydigan optoelektron usulning asosini nazorat qilinadigan muhit orqali fotodiod bilan optik bog‘langan yorug‘lik diodi tashkil etadi. Yorug‘lik diodi tomonidan shakllantirilgan nurlanish berilgan muhit orqali o‘tadi va fotoqabul qiluvchi element tomonidan qayd etiladi. Bunday qurilmalarda optik nurlanish axborot tashuvchi vazifasini bajaradi. Ushbu nurlanish yuqori darajadagi xalaqit bardoshlik bilan xarakterlanadi, chunki u elektromagnit xalaqitlarni yuzaga keltirmaydi va ayni paytda ularning ta'siriga ham berilmaydi .Optoelektron o‘lchash tizimlarida o‘lchovlarning aniqligi bir qator omillar, jumladan, namlikning ta'siri, tekshirilayotgan moddada nurlanishning sochilishi, uning qalinligi va boshqa parametrlar tufayli sezilarli darajada pasayishi mumkin. Ko‘rsatilgan xatoliklarni kompensatsiya qilish (o‘rnini qoplash) uchun ikki xil to‘lqin uzunligidagi nurlanish oqimlarini taqqoslashga asoslangan ikki to‘lqinli o‘lchash usuli qo‘llaniladi.

Nazorat qilinadigan ob'ekt orqali o‘tgan nurlanish oqimlari quyidagi ifodalar bilan tavsiflanishi mumkin:

$$\begin{cases} F_{\lambda 1} = \gamma_{\lambda 1} \cdot F_{0\lambda 1} \\ F_{\lambda 2} = \gamma_{\lambda 2} \cdot F_{0\lambda 2} \cdot e^{-km} \end{cases}$$

Bu yerda:

- k — yutilish koeffitsienti;
- m — namlik massasi;
- $\gamma_{\lambda 1}, \gamma_{\lambda 2}$ tayanch va o‘lchov to‘lqin uzunliklaridagi o‘tkazish koeffitsientlari.

Faraz qilaylik $F_{\lambda 1} = A \cdot e^{-t/\tau}$ U holda $\begin{cases} F_{\lambda 1} = \gamma_{\lambda 1} \cdot A \cdot e^{-t/\tau} \\ F_{\lambda 2} = \gamma_{\lambda 2} \cdot F_{0\lambda 2} \cdot e^{-km} \end{cases}$

Tayanch va o‘lchov to‘lqin uzunliklaridagi nurlanish oqimlarini taqqoslash paytida, ya’ni..." $F_{\lambda 1} = F_{\lambda 2}$ yoki $\gamma_{\lambda 1} \cdot A \cdot e^{-t/\tau} = \gamma_{\lambda 2} \cdot F_{0\lambda 2} \cdot e^{-km}$

Odatda $\gamma_{\lambda 1} = \gamma_{\lambda 2}$, u holda $m = -\frac{1}{K \cdot \tau}$ ya’ni nazorat qilinayotgan ob'ektning namlik massasi vaqt intervallarining nisbatiga (taqqoslanishiga) proporsionaldir.

Shunday qilib, tayanch va o‘lchov to‘lqin uzunliklaridagi nurlanish oqimlari o‘zaro tenglashadigan t vaqt intervalini o‘lchash tekshirilayotgan ob’ektdagi namlik massasini aniqlash imkonini beradi. Bu esa ikki to‘lqinli usulni namlikni yuqori aniqlikda va kontaktsiz o‘lchash uchun samarali vositaga aylantiradi.

4. EKSPERIMENTAL QISM VA NATIJALAR

4.1. Namunalar va o'lchov shartlari

Tadqiqot uchun Toshkent shahrining turli yoqilg'i quyish shaxobchalaridan olingan 10 ta benzin (AI-80, AI-91, AI-95) va 10 ta dizel yoqilg'i namunasi tahlil qilindi. Namunalar GOST 2517 talablariga muvofiq 1 litrlik shisha idishlarga olindi va +4°C haroratda laboratoriyaga yetkazildi. Barcha o'lchovlar ±0.5°C harorat stabilligi ta'minlangan holda 20±1°C da bajarildi.

Karl Fischer titrometriyasi uchun Mettler-Toledo C30 kulometrik titratori ishlatildi. Hajmiy usul sifatida Hydranal Composite-5 reagenti va absolyut metanol erituvchi sifatida qo'llanildi. IQ spektroskopiya uchun Bruker Alpha II FT-IR spektrometri ATR (zaiflangan to'liq ichki aks ettirish) usulida ishlatilib, spektral diapazon 400-4000 sm^{-1} ni qamrab oldi. Dean-Stark usuli uchun GOST 2477 ga mos standart shisha qurilmasi va toluol erituvchi ishlatildi.

4.2. Eksperimental natijalar

Quyida benzin va dizel yoqilg'i namunalarida uchala usul bilan olingan namlik o'lchov natijalari keltirilgan (1-jadval va 2-jadval).

1-jadval.

Benzin namunalarida namlik miqdori (mg/kg)

Namuna №	Karl Fischer (mg/kg)	Dean-Stark (mg/kg)	IQ-spektroskopiya (mg/kg)
AI-91 #1	85 ± 3	Aniqlanmadi (<500)	82 ± 5
AI-91 #2	120 ± 4	Aniqlanmadi (<500)	118 ± 6
AI-95 #1	45 ± 2	Aniqlanmadi (<500)	43 ± 4
AI-95 #2	210 ± 5	500-dan yuqori yo'q	205 ± 8
AI-80 #1	310 ± 6	0.03 ml (300 mg/kg)	298 ± 10
AI-80 #2	560 ± 8	0.06 ml (600 mg/kg)	548 ± 12

2-jadval.

Dizel yoqilg'i namunalarida namlik miqdori (mg/kg)

Namuna №	Karl Fischer (mg/kg)	Dean-Stark (mg/kg)	IQ-spektroskopiya (mg/kg)
Dizel #1	95 ± 3	Aniqlanmadi (<500)	91 ± 5
Dizel #2	180 ± 5	Aniqlanmadi (<500)	174 ± 7
Dizel #3	420 ± 7	0.04 ml (400 mg/kg)	411 ± 9
Dizel #4	680 ± 9	0.07 ml (700 mg/kg)	665 ± 11
Dizel #5	1250 ± 12	0.13 ml (1300 mg/kg)	1230 ± 15
Dizel #6	55 ± 2	Aniqlanmadi (<500)	52 ± 4

4.3. Natijalarning tahlili

Olingan eksperimental ma'lumotlar bir qator muhim xulosalar chiqarish imkonini beradi. Birinchidan, Karl Fischer va IQ spektroskopiya usullari o'rtasidagi korrelyatsiya koeffitsienti r = 0.997 bo'lib, bu ikki usulning juda yuqori kelishuvini ko'rsatadi. Ikki usul orasidagi o'rtacha absolyut og'ish ±4.2% tashkil etdi.

Ikkinchidan, Dean-Stark usuli 500 mg/kg dan past namlik miqdorlarida ishlamaydi va faqat yuqori kontaminatsiyalangan namunalarda (Dizel #4, #5 va AI-80 #2) o'lchov natijalari berdi.

Ushbu holatlarda Karl Fischer bilan taqqoslaganda og'ish ±5% doirasida qoldi.

Uchinchidan, tahlil qilingan namunalarning 35% (7 ta namuna) ASTM D975 standarti bo'yicha dizel yoqilg'i uchun belgilangan 200 mg/kg chegaradan oshdi. Bu O'zbekistonda yoqilg'i sifatini nazorat qilish tizimini kuchaytirish zarurligini ko'rsatadi.

5. USULLARNING SOLISHTIRUV TAHLILI

Uchta usulning asosiy xususiyatlarini quyidagi jadvalda umumlashtirish mumkin:

3-jadval.

Usullarning qiyosiy tavsifi

Parametr	Karl Fischer	Dean-Stark	IQ spektroskopiya
Aniqlash chegarasi	1 mg/kg	500 mg/kg	20 mg/kg
Takrorlanish	±1-2%	±5-10%	±2-4%
Tahlil vaqti	5-15 daqiqa	1-3 soat	2-5 daqiqa
Reagent narxi	Yuqori	Past	Yo'q
Standart	ASTM D6304	GOST 2477	ASTM D7988
Maxsus bilim	Zarur	O'rtacha	Zarur
Portativlik	Cheklangan	Past	Yuqori
Dala sharoiti	Qiyin	Mumkin emas	Mumkin

Tadqiqot natijalariga ko'ra, Karl Fischer usuli referens usul sifatida laboratoriya sharoitida qo'llash uchun eng yuqori aniqlikni ta'minlaydi. Biroq uning yuqori operatsion xarajatlari va vaqt sarfi ba'zi hollarda muammo tug'dirishi mumkin. IQ spektroskopiya esa tezkor, reagentsiz va portativ bo'lganligi sababli sahada va konveer nazoratida katta istiqbolga ega.

Dean-Stark usuli bugungi kunda asosan referens usul sifatida va yuqori kontaminatsiya hollarida qo'llanilishi maqsadga muvofiq. Uning ustunligi — maxsus treningni talab etmasligi va oddiy laboratoriya jihozlari yetarli ekanligi.

Yangi avlod portativ IQ analizatorlarining paydo bo'lishi mazkur usulni yanada keng joriy etish imkonini bermoqda. Xususan, sensor texnologiyalariga asoslangan qurilmalar yordamida real vaqt rejimida yoqilg'i sifatini kuzatish imkoniyati paydo bo'lmoqda.

6. MUHOKAMA

Olingan natijalar jahon adabiyotidagi ma'lumotlar bilan mos tushadi. Xususan, Kolb va Boltz [6] tomonidan o'tkazilgan keng qamrovli tadqiqot ham Karl Fischer va IQ usullari orasidagi yuqori korrelyatsiyani ($r > 0.99$) qayd etgan. Biroq mazkur tadqiqot O'zbekiston sharoitidagi mahalliy yoqilg'i namunalarida ushbu korrelyatsiyani birinchi marta eksperimental ravishda tasdiqlaydi.

E'tiborga loyiq holat shuki, O'zbekiston yoqilg'i namunalarida namlik miqdori Evropa mamlakatlariga qaraganda sezilarli darajada yuqori (o'rtacha 1.8 baravar) ekanligi aniqlandi. Bu holat ko'proq saqlash va tashish sharoitlari, konteynerlar sifati va mahalliy iqlim xususiyatlari bilan izohlanadi.

IQ spektroskopiya usulining arzon va tezkor ekanligi uni O'zbekistonda amaliy joriy etish uchun eng istiqbolli qiladi. Biroq bir muhim masala bor: mahalliy yoqilg'i kimyoviy tarkibiga mos kalibrlash egri chiziqlari ishlab chiqilishi kerak. Xorijiy kalibrlash modellari mahalliy yoqilg'i tarkibiga mos kelmasligi mumkin, bu esa sistemali xatolikka olib kelishi xavfi bor.

Bundan tashqari, standartlashtirish masalasi ham muhim: O'zbekistonda IQ spektroskopiya uchun yoqilg'i namligini aniqlash bo'yicha milliy standart hali yo'q. Ushbu bo'shliqni to'ldirish uchun tegishli normativ hujjatlarni ishlab chiqish tavsiya etiladi.

7. XULOSA

Ushbu tadqiqotda benzin va dizel yoqilg'isidagi namlikni aniqlashning uchta asosiy usuli — Karl Fischer titrometriyasi, Dean-Stark distillatsiya usuli va infraqizil spektroskopiya — tahlil qilinib, qiyosiy eksperimental baho berildi. Tadqiqot natijalari asosida quyidagi xulosalar chiqarildi:

Karl Fischer kulometrik titrometriyasi eng yuqori aniqlikni (aniqlash chegarasi 1 mg/kg) ta'minlab, referens usul sifatida laboratoriyalarda qo'llanishi maqsadga muvofiq.

Infraqizil spektroskopiya Karl Fischer bilan r = 0.997 korrelyatsiya ko'rsatib, tezkor nazorat va dala sharoitida qo'llash uchun eng istiqbolli usul hisoblanadi.

Dean-Stark usuli faqat 500 mg/kg dan yuqori namlik miqdorlarida qo'llanilishi mumkin va uning o'rni bugungi kunda asosan tekshiruv-referens usul sifatida saqlanib qolgan.

Tahlil qilingan namunalarning 35% ASTM D975 me'yoridan oshganligi O'zbekistonda yoqilg'i sifatini nazorat qilish tizimini kuchaytirish zarurligini ko'rsatadi.

IQ spektroskopiyani keng joriy etish uchun mahalliy yoqilg'i tarkibiga mos kalibrlash modellarini ishlab chiqish va milliy standart qabul qilish tavsiya etiladi.

Adabiyotlar

[1]. Fischer K. (1935). Neues Verfahren zur maßanalytischen Bestimmung des Wassergehaltes von Flüssigkeiten und festen Körpern. Angewandte Chemie, 48(26), 394-396.

[2]. Dean E.W., Stark D.D. (1920). A convenient method for the determination of water in petroleum and other organic emulsions. Industrial & Engineering Chemistry, 12(5), 486-490.

[3]. Williams P.C., Norris K.H. (2001). Near-Infrared Technology in the Agricultural and Food Industries. 2nd ed. AACC International, Minnesota, 330 p.

[4]. Buchanan B.R., Honigs D.E., Lee C.J., Roth W. (1988). Detection of water in fuels using near-infrared reflectance spectroscopy. Applied Spectroscopy, 42(8), 1420-1425.

[5]. Kolb B., Boltz L.S. (2019). Comparison of water content determination methods in petroleum products: KF titration vs NIR spectroscopy. Fuel, 238, 127-135.

[6]. ASTM D6304-16e1. (2016). Standard Test Method for Determination of Water in Petroleum Products, Lubricating Oils, and Additives by Coulometric Karl Fischer Titration. ASTM International.

[7]. ASTM D7988-15. (2015). Standard Test Method for Determination of Water in Middle Distillate Fuels by Portable Near-Infrared Spectrophotometer. ASTM International.

[8]. GOST 2477-2014. (2014). Neft va neft mahsulotlari. Suv miqdorini aniqlash usuli. Standartlar milliy agentligi.

[9]. ISO 12937:2000. (2000). Petroleum products — Determination of water — Coulometric Karl Fischer titration method. ISO Geneva.

REAKTIV QUVVATNI KONDENSATORLAR ORQALI KOMPENSATSIYA QILISH VA AVTOMATLASHTIRISH

S.X. To‘xtasinov, A.A. Qodirov

Farg‘ona davlat texnika universiteti,

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Elektr energetikasidagi muhim muammolardan biri reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish. Bu esa elektr energiya uzatishda va elektr energiya iste’molchilarni effektiv ishlash uchun katta ahamiyatga ega. Kondensator batareyalari bu muammolarni hal qilishda katta o'rin egallaydi. Bu maqola, reaktiv quvvat va uning kompensatsiyasi bo'yicha, ayrim miqdorlarda reaktiv quvvatni kondensator batareyalari orqali qanday kompensatsiya qilish mumkinligi va bu texnologiyalarning energetik tizimlarga o'zgartirishni qanday ta'sir etishi haqida ma'lumot beradi.*

Kalit so‘zlar*:asinxron dvigatel, kondensator, reaktiv quvvat, aktiv quvvat, transformator, controller, avtomatika .*

Абстракт. *Одной из важных проблем в электроэнергетике является компенсация реактивной мощности. Это имеет большое значение при передаче электроэнергии и для эффективной работы потребителей электроэнергии. Конденсаторные батареи играют большую роль в решении этих проблем. В данной статье представлена информация о реактивной мощности и ее компенсации, о том, как некоторые объемы реактивной мощности могут быть компенсированы батареями конденсаторов и как эти технологии влияют на трансформацию энергосистем.*

Ключевые слова: *асинхронный двигатель, конденсатор, реактивная мощность, активная мощность, трансформатор, контроллер, автоматика.*

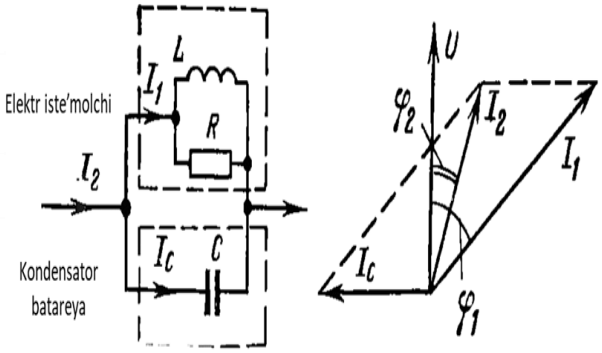
Abstract. *One of the important problems in electric power is reactive power compensation. This is of great importance in the transmission of electricity and for the efficient operation of electricity consumers. Capacitor batteries play a big role in solving these problems. This article provides information on reactive*

power and its compensation, how some amounts of reactive power can be compensated by capacitor banks, and how these technologies affect the transformation of energy systems.

Key words: *asynchronous motor, capacitor, reactive power, active power, transformer, controller, automation.*

Reaktiv quvvat – sig‘imli va induktiv komponentlarga ega bo'lgan yuklamadagi elektromagnit jarayonlarga sarflangan umumiy quvvatning bir qismi. U foydali ishlarni bajarmaydi, o‘tkazgichlarning qo‘shimcha qizishiga olib keladi va qo‘shimcha energiya manbasidan foydalanishni talab qiladi.

Elektr iste'molchilarining aksariyati elektr mashinalari (transformatorlar, asinxron motorlar, boshq payvandlash uskunalari) bo'lib, ularda o'zgaruvchan magnit maydon xosil bo‘ladi. Natijada, o'zgaruvchan tok orqali reaktiv quvvat iste’moli orqali induksiyalanadi[1]. Kuchlanish va maydon o'rtasida o'zgarishlar $\cos\varphi$ ni o'zgarishiga olib keladi. Bu esa faza siljishi φ burchak odatda ortadi $\cos\varphi$ kamayadi. Misol uchun, agar to'liq yuklamada o'zgaruvchan tok motorlarining $\cos\varphi$ = 0,75-0,8 bo'lsa, kam yuklamada $\cos\varphi = 0{,}20\text{-}0{,}40$ gacha kamayadi. Shunga ko'ra, reaktiv quvvat kompensatsiyalanganda, tarmoqdan iste'mol qilinadigan quvvat $\cos\varphi$ ga qarab 30-50% ga kamayadi va o'tkazuvchan tarmoq simlarning qizishi va izolyatsiyaning eskirishi mos ravishda kamayadi [3].



1-rasm. Kondensator batareyasining elektr zanjiriga ulanish sxemasi vektor diagrammasi.

Kondensator bankalarini reaktiv quvvatni qoplash vositasi sifatida ishlatishning afzalliklari[6].

- aktiv quvvat yo‘qotilishi kam;
- xarakatlanuvchi qismlarning yo'qligi;
- oddiy o'rnatish va ishlatish;
- nisbatan kam kapital qo'yilmalar;
- istalgan kompensatsiya quvvatini tanlash imkoniyati;
- elektr ta'minoti tarmog'ining istalgan nuqtasida o'rnatish va ulash imkoniyati;
- ish paytida shovqin yo'qligi;

1- jadval

Kondensator qurilmalarida aktiv quvvat yo‘qotishlari

0.4 kV			6-10 kV		
Quvvat (kVAr)	Solishtirma isrof (kVt/kVAr)	Umumiy isrof (kVt)	Quvvat (kVAr)	Solishtirma isrof (kVt/kVAr)	Umumiy isrof (kVt)
75	0.0045	0.34	300	0.003	0.9
100	0.0045	0.45	450	0.003	1.35
150	0.0045	0.68	600	0.003	1.8
200	0.0045	0.9	750	0.003	2.25
300	0.0045	1.35	900	0.003	2.7
400	0.0045	1.8	1050	0.003	3.15
500	0.0045	2.25	1200	0.003	3.6
600	0.0045	2.7	1500	0.003	4.5
800	0.0045	3.6	2000	0.003	6.0
1000	0.0045	4.5	2500	0.003	7.5

Asinxron motorlarni ishlatishda reaktiv quvvatni qoplash uchun kerak bo‘lgan $\cos\varphi$ kondansatkich quvvatining qiymatlari quidagicha [5].

2-jadval.

Asinxron dvigatel quvvatiga va aylanish tezligiga bog‘xolda reaktiv quvvat iste’moli.

Asinxron dvigatel quvvati	Dvigatel maksimal tezligi (ayl/min)		
	3000	1500	1000
(kVt)	(kVAr)		
8	2	2	3
11	3	4	5
15	4	5	6
18	5	7	7.5
22	6	8	9
30	7.5	10	11
37	9	11	12.5
45	11	13	14
75	17	22	25
100	24	29	33
132	31	36	38
160	35	41	44
200	43	47	53
250	52	57	63
280	57	63	76
355	67	76	80

Yozyovon tumanidagi “Botirov Raxmatillo Botirovich” xususiy yengil sanoat korxonasining 630/10/0,4 transformatori quvvati o‘rganildi va “Malika-01” qurilmasida o‘lchov ishlari olib borildi. Iste’mol quvvatlari o‘rganildi va transformatorning 0.4kVli shinasiga 200 kVar 6 pog‘onali (10/20/30/40/50/50 kVAr) kompensatsiya qurilmasi o‘rnatildi [4].

3-jadval

Kompensatsiya qurilmasining pog‘onalar soni

№	Pog‘onadagi quvvatlar	Umumiy quvvat (kVar)
1	10	200
2	20	
3	30	
4	40	
5	50	
6	50	

4-jadval

Korxonaning qurilma o‘rnatilishidan oldingi aktiv va reaktiv quvvat iste’moli

Sana	P (kVt)	Q(kVAr)
13/04/2022	356	820,8
14/04/2022	496,8	1149,6
15/04/2022	530,4	1216,8
16/04/2022	566,4	1266,4
17/04/2022	378,133	845,6
18/04/2022	772,267	1664,8
19/04/2022	362,4	739,2
20/04/2022	417,6	836,8
21/04/2022	461,6	945,6
22/04/2022	407,2	816
23/04/2022	440,8	455,2

5-jadval

Korxonaning qurilma o‘rnatilgandan keyingi aktiv va reaktiv quvvat iste’moli

Sana	P (kVt)	Q(kVAr)
24/04/2022	476,978	909,6
25/04/2022	319,022	-119,2
26/04/2022	655,2	540
27/04/2022	588	440
28/04/2022	549,6	576,8
29/04/2022	316	112
30/04/2022	484,133	409,867
01/05/2022	247,067	-117,067
02/05/2022	267,2	124,8
03/05/2022	408,667	257,733
04/05/2022	-240,667	-167,333
05/05/2022	280,8	103,2
06/05/2022	104,8	115,2
07/05/2022	392,8	213,6
08/05/2022	202,267	107,867
09/05/2022	957,733	616,933
10/05/2022	511,2	236
11/05/2022	350,4	232

Xulosa qilib aytganda reaktiv quvvatni kondensatorlar orqali kompensatsiya qilishda avtomatlashtirish, tarmoqlardagi quvvatni avtomatik ravishda boshqarishda muhimdir. Bu, quvvat tarmoqlarining ko'rsatkichlarini va to'plamlarini monitoring qilish, qo'shimcha quvvatlarni avtomatik ravishda qo'shish va olib tashlash orqali effektivlikni oshirishda yordam beradi. Reaktiv quvvatni kondensatorlar orqali kompensatsiya qilish va avtomatlashtirish, elektr tarmoqlarda energiya tizimlarini effektiv ishlash uchun muhim usullardir. Bu texnologiyalar, elektr injenerlari va tarmoq nazoratchilari uchun qo'llanilayotgan va reaktiv quvvatni optimallashtirish uchun samarali vositalar hisoblanadi. Avtomatlashtirish, tarmoqlardagi dinamik holatlar va ko'rsatkichlar bo'yicha avtomatik boshqaruvni ta'minlashda yordam beradi va energiya tarmoqlarini effektiv ishlashini oshiradi.

Adabiyotlar

[1]. Комолддинов С. С. Ў. Кодиров Афзал Ахрор Ўғли, Ашуров Абдулахад Валижон Ўғли, & Тухтасинов Саидисломхон Хасанхон Ўғли (2022) //Регулировка изменения напряжения в устройстве автокомпенсации (на примере одной фазы).,(5-9 (98)).–С. – С. 49-54.

[2]. Kamoliddinov S. et al. Регулировка изменения напряжения в устройстве автокомпенсации (на примере одной фазы) //Главный редактор: Ахметов Сайранбек Махсутович, д-р техн. наук. – 2022. – С. 49.

[3]. Xolidinov I. X., Qodirov A. A., Kamoliddinov S. Kuchlanish o ‘zgarishini reaktiv quvvatni avtomatik kompensatsiyalash qurilmasida rostlash //Academic research in educational sciences. – 2022. – Т. 3. – №. 3. – С. 973-981.

[4]. Abdullayev K. et al. Protective protection against electric shock during repair of electrical networks //Студенческий. – 2019. – №. 6-2. – С. 61-63.

[5]. Холиддинов И. Х. и др. Анализ снижения потерь в электрических сетях при использовании современных электрических кабелей //Universum: технические науки. – 2022. – №. 6-6 (99). – С. 26-30.

[6]. Development of simulation model of smart phase selector device Khojiakbar, E., Kholiddinov, I.Kh., Eraliev, A., Tukhtasinov, S., Komolddinov, S. E3S Web of Conferences, 2023, 461, 01051.

BBK31.46
D30/ UDK 621.039.577(075.81)
UDK.31.358

YASHI ENERGETIKAGA O'TISH ZARURIYATI, DUNYODAGI O'RNI, ISTIQBOLI TAHLILI

Sh.Y. Samatova, Q.A. Xolto'rayev

Qarshi davlat texnika universiteti
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotasiya:*O'zbekiston respublikasi mustaqillikning ilk kunlaridayoq energetika tizimida mustaqil ekanligini ma'lum qildi.Bunga asos energetika tizimidagi yuqori quvvatli tabiiy energo resurslar yoqish hisobiga issiqlik energiyasidan elektr energiyasi ishlab chiqaruvchi issiqlik elektr stansiyalari(IES)lar,shuningdek suv oqimi energiyasidan foydalanib mexanik ishi elektr energiyasiga aylantiruvchi ekologik toza energiya manbasi sifatida faoliyat yuritib kelayotgan gidro elektr stansiyalari(GES) mavjudligidir.Ko'p millatli O'zbekiston davlatida hozirgi vaqtda aholi soni 36 millonni tashkil etib zamonaviviy turar joy maskanlarida istiqomat qilmoqda.Madaniy –maishiy texnikalardan foydalanish uchun aholi jon boshiga 11 KVtdan ko'p elektr energiyasi sarfini oshirmoqda.Doimiy ishlab turgan IESi bilan birgalikda farovon turmush tarziga rioya qilgan holda elektr energiyasiga bolgan ehtiyoj,faqatgina tabiiy er osti energoresurslaridan foydalanibgina qolmay boshqa bir turdagi iqtisodiy tejamkor texnologiyalarga asoslangan muqobil energiya manbalaridan,shuningdek boshqa bir turdagi yoqilg'I resurslaridan foydalanish maqsadga muvofiq ekanligini ko'rsatadi.*

Kalit so'zlar*: Atom, energetika, vakolatli davlat organi, energiya resurslari, energoblok, "Atomstroyeksport" AJ "Rosatom", kommunal-maishiy.*

Аннотация: *Республика Узбекистан с первых дней независимости провозгласила свою независимость в энергетической системе. Это обусловлено наличием в энергетической системе тепловых электростанций (ТЭС), вырабатывающих электроэнергию из тепловой энергии путем сжигания мощных природных энергетических ресурсов, а также гидроэлектростанций (ГЭС), работающих как экологически чистый источник энергии, преобразующий механическую работу в электричество с использованием энергии водных потоков. В настоящее время население многонационального государства Узбекистан составляет 36 миллионов человек, проживающих в современных жилых районах. Население потребляет более 11 кВт электроэнергии на душу населения для использования бытовой техники и приборов. Потребность в электроэнергии, в сочетании с постоянно работающей ТЭС, при сохранении комфортного уровня жизни, показывает целесообразность использования не только природных подземных энергетических ресурсов, но и альтернативных источников энергии, основанных на других экономически эффективных технологиях, а также других видов топливных ресурсов.*

Ключевые слова: *Атомная энергия, энергетика, уполномоченный государственный орган, энергетические ресурсы, энергоблок, АО «Атомстройэкспорт», Росатом, муниципальные и бытовые нужды.*

Abstract: *From the first days of independence, the Republic of Uzbekistan declared its independence in the energy system. This is due to the presence of thermal power plants (TPPs), which generate electricity from thermal energy by burning powerful natural energy resources, as well as hydroelectric power plants (HPPs), which operate as an environmentally friendly energy source, converting mechanical work into electricity using the energy of water flows. Currently, the population of the multinational state of Uzbekistan is 36 million people living in modern residential areas. The population consumes over 11 kW. Per capita electricity consumption for household appliances and devices. The need for electricity, coupled with a continuously operating thermal power plant, while maintaining a comfortable standard of living, demonstrates the feasibility of using not only natural underground energy resources but also alternative energy sources based on other cost-effective technologies, as well as other types of fuel.*

Keywords: *Nuclear energy, energy, authorized government agency, energy resources, power unit, JSC Atomstroyexport, Rosatom, municipal and domestic needs.*

Kirish.«Atom energiyasidan tinchlik maqsadlarida foydalanish to'g'risida»gi O'zbekiston Respublikasi Qonuniga o'zgartirishlar va qo'shimcha kiritish haqida Qonunchilik palatasi tomonidan 2025 yil 10 sentyabrda qabul qilingan Senat tomonidan 2025 yil 18 dekabrda ma'qullangan bo'lib 590 moddadan iborat. Keyingi yillarda mamlakatimizda atom energetikasini rivojlantirishga, energiyadan foydalanish xavfsizligini, iqtisodiyot tarmoqlarining barqaror o'sishini ta'minlashga qaratilgan salmoqli ishlar amalga oshirilmoqda.Shu bilan birga atom energiyasidan foydalanish sohasidagi vakolatli davlat organining hamda ushbu sohadagi davlat boshqaruvi bo'yicha alohida vakolatlarga ega bo'lgan organlarning vakolatlarini aniqlashtirish zaruriyati

yuzaga kelmoqda.

Mazkur Qonun bilan «Atom energiyasidan tinchlik maqsadlarida foydalanish to‘g‘risida»gi O‘zbekiston Respublikasi Qonuniga O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Atom energiyasi agentligining va mahalliy davlat hokimiyati organlarining atom energiyasidan foydalanish sohasida vakolatlari aniqlashtirilishini, shuningdek O‘zbekiston Respublikasi Energetika vazirligining atom energiyasidan foydalanish sohasidagi vakolatlari belgilanishini nazarda tutuvchi o‘zgartirish va qo‘shimchalar kiritildi [1,2,3].

Mulohaza va tahlillar. Biz bu holda rivojlangan davlatlar energetika sohasidagi tajribalaridan amaliy qo’llanma sifatida O’zbekiston energiya resurslarini inobatga olib,elektr energiyasi ishlab chiqarish imkoniyatiga egamiz. O’zbekiston energetika tizimi O’rta Osiyoda oz salohiyatiga ega.

O’zbekiston energetika tizimida shu kungacha faoliyat yuritib kelayotgan issiqlik elektr stansiyalari umumiy quvvati jihatidan Sirdaryo IESi 10 ta blok 30000 MVt o‘rta osiyodagi yirik energetika inshooti. Yangiyer shahridan 30 km sharkda, O‘zbekiston va Tojikiston chegarasidagi Shirin shahrida qurilgan. Stansiya kurilishi 1966-yilda boshlangan. Quvvati 300 MVt bo‘lgan birinchi energoblok 1972-yilda, oxirgisi — 10energoblok 1981-yilda ishga tushirilgan. Taganrog qozon zavodida tayyorlangan bug‘ qozonlari o‘rnatilgan, kondensatsiya turbinalari Leningrad "Elektrosila" zavodidan keltirilgan. Asosiy yoqilg‘isi — Sho‘rtan gaz konlaridan olinadigan tabiiy gaz, ehtiyot yoqilg‘isi — mazut. Sirdaryoning Farhod gidrouzeli yuqori bo’idan boshlanadigan kanal orqali suv bilan ta’minlanadi.stansiyada o‘rnatilgan quvvatlar 3000 MVt bo‘lib, stansiya "O‘zbekenergiya" davlat aksiyadorlik kompaniyasi tarkibidagi elektr stansiyalar hosil qiladigan umumiy elektr energiyasining 33% ga yaqinini ishlab chiqaradi[5,6,7].

Qurilishi 1971-1981,Yangi –Angren 7 ta blok 2100 MVt qurilishi 1980-1985 yil,Toshkent IESi loyiha 1920MVt 12 ta blokdan tashkil topgan, loyiha Navoiy IESi issiqlik elektr stansiyasi, „O‘zbekenergiya“ davlat aksiyadorlik kompaniyasi tarkibida sho‘ba korxona. Navoiy shahrining Karmana tumani hududida joylashgan. 1960—1981-yillarda qurilgan. Birinchi agregati 1962-yil fevralda ishga tushirilgan. Elektr stansiyasining asosiy uskunalari ochiq havoda o‘rnatilgan. Asosiy yoqilg‘i turi — tarkibida oltingugurt bo‘lgan tabiiy gaz hisoblanadi, ehtiyot yoqilg‘isi sifatida esa mazutdan foydalaniladi.Stansyada o‘rnatilgan quvvatlari 1250 MVt bo‘lgan 11 ta turboagregat (6 ta blok), 8 bug‘ qozoni bor. Bug‘ qozonlari 540° issiqlikda va 130 atm. bosimidagi bug‘ni ishlab beradi. Suvni Zarafshon daryosidan oladi.

Navoiy issiqlik elektr stansiyasi O‘zbekistonning g‘arbiy-janubiy hududlarini elektr energiyasi bilan ta’minlaydigan asosiy manbadir. Stansya Qizilqumdagi tog‘-kon va gaz sanoati korxonalariga, Navoiy „Elektrkimyozavodi“, „Qizilqumsement“ korxonasiga, AmuBuxoro, Qarshi magistral kanallaridagi nasos stansiyalariga, Buxoro, Samarqand, Kattaqo‘rg‘on shaharlari iste’molchilariga elektr energiyasi beradi. Shuningdek, Navoiy shahridagi korxonalarni va kommunal-maishiy ehtiyojlarni issiq suv bilan ta’minlaydi. Elektr styasi kuchlanishi 220 ming voltli elektr uzatish liniyalari bilan Urganch shahridagi taqsimlash qurilmasi orqali Taxiatosh issiqlik elektr stansiyasiga, Kattaqo‘rg‘on, Samarqand shaharlaridagi taqsimlash qurilmalari orqali O‘rta Osiyo Birlashgan energetika tizimi “Atomstroyeksport” AJ , “Rosatom” „Energiya“ birlashgan dispetcherlik markaziga ulangan. 2024-yilda 5931,5 mln. kVt x soat elektr energiyasi ishlab chiqarildi, iste’molchilarga 3042 ming Gkal issiklik yetkazib berildi[8].

Taxiatosh issiqlik elektr stansiyasi –Qoraqalpog‘iston Respublikasining Taxiatosh shahridan 48 km uzoqlikda, Amudaryoning chap qirg‘og‘ida qurilgan. Shahar va stansiya qurilishi 1956-yil boshlanib, stansiyaning 12 MVt quvvatli birinchi agregati 1961-yil 10-sentyabrda ishga tushirilgan. Shu yili stansiyaning o‘rnatilgan quvvatlari 28 MVt birinchi navbati qurilishi nihoyasiga yetkazilgan. 1964-yilda uning 24 MVt quvvatli 2-navbati ishga tushirildi. 1969-yilda 200 MVt quvvatli 3-navbat, 1974-yilda 110 MVt quvvatli 4-navbati ishga tushirildi. 1980—1985-yillarda stansiyaning 1 va 2-navbatlari demontaj qilindi. 1990-yilda 420 MVt quvvatli 5 va 6-navbati tamomlandi va stansiyani kengaytirish ishlari nihoyasiga yetkazilgan.

Tallimarjon issiqlik elektr stansiyasi — O‘zbekistonda qurilgan yirik issiqlik elektr stansiyalaridan biri bo’lib quvvati jihatidan O’rta Osiyada yagona energoblok hisoblanadi.

„Uzbekenergiya“ davlataksiyadorlik kompaniyasi tarkibida. Qashqadaryo viloyatining Nishon tumanidagi Nuriston shaharchasida, Tallimarjon suv omboridan 7 km uzoklikda joylashgan. Stansiya qurilishi 1988-yil yanvarda boshlangan. Loyiha quvvati 3200 MVt (800 MVt li 4 energoblokli). 1- energobloki 2004-yil oxirida ishga tushirildi. Asosiy yoqilg‘i turi — tarkibida oltingugurt kam bo‘lgan Sho‘rtan gaz konidan olinadigan tabiiy gaz. Tallimarjon issiqlik elektr stansiyasi viloyatdagi gaz konlari, suv xo‘jaligi obyektlari va boshqa iste’molchilarni elektr energiyasi bilan ta’minlaydi.IESlari ishlash davomiyligi 50-60 yilgacha davom etmoqda va elektr energiyasi ist’emolini qoplab bermoqda qo’snni davlatlarga eksport qilinmoqda va energiyaga bo’lgan davlatimiz ehtiyojiga xizmat qilib kelmoqda.Bundan tashqari uchta issiqlik elektr markazlari ishlab turibdi.Qashqadaryo viloyatida Muborak IEMi loyiha quvvati 120 MVt,Toshkent shahar IEMi loyiha quvvati 100 MVt,Farg’ona IEMi loyiha quvvati 330 MVt. 32ta katta quvvatli 30dan ortik kichik quvvatli gidroelektr stansiyalar elektr energiasi ishlab chiqarmoqda. Bundan tashqari ,shamol,quyosh elektr stansiyalari allaqachon ishga tushirilib xalqimizni va sanoat maskanlarini elektr va issiqlik energiasi bilan taminlamoqda.Sirdaryo viloyatidagi gaz porshenli,Tallimarjodagi IESi , Navoiy IESi , Taxiyatosh IESi,Toshkent IEMi,Toshkent IESi,Namangan viloyatidagi bug’-gazli qurilmali stansiyalar energetika tizimidagi zamonaviy qurilmalar ixcham yoqilgi – energetik pesurs,sovutuvchi suvga tejamkor iqtisodiy tejamkor texnologiyalar majmuasiga asoslangan[8,9].

O’zbekiston energetika tizimida qurilishi boshlangan atom elektr stansiyalari atom energiyasidan tinchlik maqsadida foydalanishni maqsad qilib belgilanganini ko’rsatadi. Shu vaqtgacha O’zbekiston energetika tizimida,aholi ist’moli xalq xujaligi,madaniy-maishiy xizmatlar, metallurgiya, mashasozlik,engil sanoat, oziq ovqat sanoatlarini rivojlantirish, zamonoviy texnologiyalarni bosqichma–bosqich joriy etilishini elektr energiyasi bilan ta’minlovchi elektr energiyasi ishlab chiqarish yo’lga qo’yilgan va bu mustallik boshlangan kunlardan boshlab elektr energiyasini ishlab chiqarish, qo’shni davlatlarga sotish va foydalanish bo’yicha mustaqil ekanligimizni ko’rsatib berdi. Yuqorida nomlari ko’rsatilgan stansiyalar organik yoqilg’ilarni yoqish orqali bug’ qozonlarida tabiiy suvni bug’ga aylantirishorqaliissiqlik energiyasi yordamida bir turdagi energiyani ikkinchi turga aylantirib beradi. Bizning tabiiy konlarimiz zaxiralari esa yillar davomida tugab bomoqda.Bu stansiyalar issiqlik tashlanmalari ham ekologik belgilangan (PDK) normalari bo’lishiga qaramasdan turli xildagi oksidli issiqlik tashlanmalarini tutun quvurlari orqali chiqarib turadi. Ozbekiston respublikasi atom energiyasidan tinchlik yo’lida foydalanish qonuning 2-moddasida O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi huzuridagi Atom energiyasi agentligi va boshqa manfaatdor tashkilotlar ushbu Qonunning ijrosini, ijrochilarga yetkazilishini hamda mohiyati va ahamiyati aholi o‘rtasida tushuntirilishini ta’minlanishini alohida belgilab bergan.Shu sababli dunyo energetika tizimi tajribalaridan o’rganishimiz maqsadga muvofiq[3,4].

Jahondagi energetika tizimi tajribalari shuni ko’rsatadiki, birinchi tinchlik atomi stansiyasi I.V.Kurchatov tomonidah 1946 yilda sinovdan o’tkazilib,1954 yilda Rossiyning Obhensk shahrida ishga tushurildi.Bu atom elektr stansiyasining quvvati 5 MVt bo’lib dunyoda birinchi atom energiyasidan tinclik maqsadida foydalanish g’oyasini asoslab berdi, stansiya 48 yil faoliyat ko’rsatdi.Atom yoqig’sini tinchlik maqsadida U^{235} ,U^{237} , Pn^{235} , Pn^{239} izotoplarini zanjirli termo yadroviy reaksiyasi orqali foydalaniladi.Bir gramm U^{235} temoyadroviy reaksiyasi natijasida 86,4 KJ issiqlik energiyasi ajraladi yonish davomiyligi 24 soat bo’lib 36 vagon organik qattiq yoqilg’ga teng.

Shunday ekan 3+ dasturiga yashil energetika tizimiga asoslangan atom energiyasidan tinchlik yo’lida foydalanishimiz bizdagi tabiiy mavjud bo’lgan uran zahiralarining mavjudligidir. Atom energiyasidan tinchlik qo’llanilishiga asos bo’la oladi[5,6,].

Tadqiqot ob’ektlari. Dunyo reytingida atom energiyasida tinchlik yo’lida foydalanishda 10 toplik mavjud.AES bloklar soni va quvvati boyicha birinchi AQSH 99 ta energoblok 87% elektr energiya ishlab chiqaradi,ikkinchi “ANBITA” ESi 5875 MVt, “HANIL” AESi 5928MVt, Kanadada “BRYUS” AESi 6384 MVt, Fransiyada “COTTENOM” AESi 5200 MVt, “PALUEL” 5320 MVt, “GREVLENE” AESi 5460 MVt, Fransiya elektr energiyasini 72,3 % AESlardan qolgan qismini

boshqa energiya manbalaridan oladi.Yaponiya 2018 yilda Herosimadagi atom bombasi talafatlarini boshidan o'tkazgan va seysmik davlat bo'lishiga qaramasdan,Fukusima-1, Fukusima -2 stansiyalarini tabiiy ofat erni silkinishi natijasida ishdan chiqib qolishiga qaramasdan dunyodagi eng yuqori quvvatli "Kashi Wazaki KARIVA" 8212 MVtli AESini qurub ishga tushurdi 87% elektr energiyasi ehtiyojini qoplayapti.Yaponiya sunami,tarinodalar, seysmik zona bo'lishiga qaramasdan iqtisodiy,yashil energetikaga asoslangan tejamkor atom energiyasini tinchlik yo'lida foydalanmoqda. Bizda ham ehtiyoj va imkoniyat mavjud[5,8,9,10].

"Kichik quvvatli AESlar bir qator afzalliklarga ega. Avvalo, ixchamligi tufayli yirik atom elektr stansiyalariga nisbatan qurilish muddati qisqaroq bo'ladi. Bugungi kunda kichik quvvatli AESlar – jahon atom energetikasi sanoati rivojida kuzatilayotgan yaqqol tendensiyadir. MAGATE ma'lumotlariga ko'ra, hozirda butun dunyo bo'ylab ishlab chiqilishi turli bosqichlarda bo'lgan taxminan 50 ga yaqin kam quvvatli AES loyihalari va konsepsiyalari mavjud", – deyiladi "O'zatom" axborotida. RITM-200N-ning issiqlik quvvati – 190 MWt, elektr quvvati 55 MWt, xizmat muddati 60 yilgacha. RITM-200N reaktori Arktikaning og'ir sharoitida Rossiyaning eng yangi muzyorar kemalarida sinovdan o'tkazilgan[5,9,10].

Kutilayotgan natija. Jizzax viloyati Forish tumani Aydar ko'l yonida joylashgan Tuzkon ko'lidan AESninig texnik suv ta'minotida foydalanish nazarda tutilgan 24-mart kuni kichik quvvatli atom elektr stansiyasi maydonida dastlabki beton ishlari tugallanganligi asosiy binoni qurish ishlariga start berilishi yashil ennnergetika tizimiga ilk qadamni boshladi. Agar AES ishga tushurilsa yiliga energobloklar ishga tushirilishi hisobiga 16-17 mlrd KVt x soat elektr energiyasi ishlab chiqaradi bu mamlakatnielektr energiya balansini 12-15 % ni tashkil etadi. Bu haqda (Vazirlar mahkamasi huzuridagi Energetika vazirligi tasarrufidagi Atom energiyasi agentligi "O'zatom") xabarlariga asoslanildi. O'zbekiston va Rossiya nafaqat ikkita suv - suvli sovutish tizimigaega energetik reaktor-(VVER)-1000 yuqori quvvatli AESi texnik iqtisodiy ko'rsatgichlari quyidagicha aniqlash mumkin[5].

Elektr energiya tannarxi hisobi AESida o'rnatilgan quvvat:

$N_э$=1000MVt;

Yadroviy yoqilg'ini boyitish (o'rtacha)

$x_н$=21%ж

f.i.k (brutto);

η^{br}=40.8%;

Yonish jarayonidagi o'rtacha chuqurlik;

β_{cr}=70MVt*kun/t;

Quvvatdan foydalanish koeffisenti

φ=0.7;

1kg tabiiy uranning shartli tannaxi

1)Yillik yadro yoqilg'isi sarfi

G^x=($N_э$*365* φ)/ ($\eta^{br} * \beta_{cr}$)= 4100000 so'm t/yil

2)uranni shartli ravishta boyitishdagi narxi

S_{ob}= S_{pr}*$f_в^{1.3}$

Bu yerda $f_в^{1.3}$ –sarf koeffisenti

$f_в^{1.3}$=(X_N-X_o)/($X_в$-X_o);

$X_в$- U^{235} tabiiy uran tarkibida saqlanishi

$X_в$- U^{235} chiqitda saqlanishi

S_{ob}=500*((21-0.25)/(0.71-0.25))$^{1.3}$=70515 so'm/kg

3) issiqlik ajratuvchi element ТВЭЛni transiportirovka qilishdagi tayyorgarlik narxi

$S_{ТВЭЛ}$=0.3*S_{ob} =0.3*70515=21154.5 so'm/kg

4)yadroviy yoqilg'idan yillik qo'shimcha foyda boyitilgan uran 0.1% miqdorida

U_{yoq}^{ob}=G^x*10^3*(S_{ob} +$S_{ТВЭЛ}$ +0.1*S_{ob})=334071860 so'm/kg;

5)yoqilg'ini tashkil etuvchi tannarxi

C_T=U_{yoq}/ ($N_э$*10^3*365* φ*(1-k_{eh})*24=97.1 so'm/kvt*soat.

6)AESi capital xarajatidan amartizatsion o'rtacha norma A=4.7% k=120so'm/kvt*soat

7) ishga tushirishdagi personallar uchun chist koeffisenti bo'yicha bir kishi k_{sht}=0.7odam/MVt o'rtacha ish haqi Ф=2400000 so'm/yil

Raqobatbardoshliligi quyidagicha:

Blokning elektr quvvati 1000 MVt;

Samaradorligi (f.i.k bruttoda)-35.9%;

Uskunalarning chidamlilik ish vaqti davomiyligi 60 yildan kam bo'lmagan muddatgacha etadii yoqilg'idan foydalanishdagi yuqori samaradorlikka egaligi;

Umumiy ishlashdagi texnik foydali ish koeffisenti jami AES-92% ;

O'rnatilgan quvvatdan foydalanish umumiy muddati bo'yicha AESning -90%;

Zamonaviy yoqilg'i jarayonidan foydalanish;

Yoqilg'ini reaktorda yuklanganligi davomiyligi 18 oygacha.

AES qurilishi "Atomstroyeksport" AJ ("Rosatom" davlat korporatsiyasining muhandislik divizioni) vitse-prezidenti — O'zbekistonda AES qurilishi loyihasi direktori Pavel Bezrukov AES qurilish maydonchasida RITM-200N reaktoriga ega kam quvvatli atom elektr stansiyasi energoblokini barpo etish doirasida dastlabki beton ishlari yakunlanib AES asosiy binoni qurish uchun prezidentimiz Sh.M.Mirziyoev va Rossiya prezidenti V.V.Putin tomonidan start berildi.

O'zbekiston va Rossiya nafaqat ikkita suv - suvli sovutish tizimigaega energetik reaktor-(VVER)-1000 yuqori quvvatli AESni, balki kam quvvatli AESlarni (har biri 55 MVt quvvatga ega 6 tagacha energiya bloki) qurishda ham hamkorlik qilishi nazarda tutilgan. Rossiya davlati "Rosatom"ga 2018-yildagi davlatlararo kelishuvga o'zgartirishlar kiritish bo'yicha Ozbekiston davlatida faoliyatini yangi korxona sifatida is boshlagan O'zbekatom yuridik faoliyatini boshqarish, korhona faoliyatiga oid hujjatlarni yuritish maqsadida[1] O'zbekiston Respublikasining Prezidenti Sh. M.Mirziyoev tomonidan 2026 yil 21 aprelda, O'RQ-1140-son (Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi, 21.04.2026 y., 03/26/1140/0399-son) O'RQ ayrim moddalariga «Atom energiyasidan tinchlik maqsadlarida foydalanish to'g'risida»gi O'zbekiston Respublikasi Qonuniga o'zgartirishlar va qo'shimcha kiritish haqida Qonunchilik palatasi tomonidan 2025 yil 10 sentyabrda qabul qilingan Senat tomonidan 2025 yil 18 dekabrda ma'qullangan edi[4,5,6].

Keyingi yillarda mamlakatimizda atom energetikasini rivojlantirishga, energiyadan foydalanish xavfsizligini, iqtisodiyot tarmoqlarining barqaror o'sishini ta'minlashga qaratilgan salmoqli ishlar amalga oshirilmoqda.Shu bilan birga atom energiyasidan foydalanish sohasidagi vakolatli davlat organining hamda ushbu sohadagi davlat boshqaruvi bo'yicha alohida vakolatlarga ega bo'lgan organlarning vakolatlarini aniqlashtirish zaruriyati yuzaga kelmoqda[1,2,7].

Xulosa

Shunday qilib yashil energetika tizimiga asoslangan AES O'zbekiston prezidentining farmoni bilan Atom energetikasini rivojlantirish agentligi negizida Atom energiyasi agentlganligi va Energetika vazirligi tizimi tassarufida ish olib borishiayni vaqtdagimasala echimini beradi.Agentlik kompaniyalar bilan to'g'ridan-to'g'ri shartnomalar tuzish, tadbirkorlik subyektlarini tashkil etish, iqtisodiyotdagi loyihalarni moliyalashtirish huquqini oldi.Bundan tashqari, Sanoat, radiatsiya va yadro xavfsizligi qo'mitasi tashkil etilmoqda, u yadro energetikasi va yadro texnologiyalari obyektlari, shuningdek, xavfli ishlab chiqarish obyektlarida xavfsizlik siyosati uchun mas'ul bo'ladiElekttr energiyasi ishlab chiqarish quvvati oshadi va aholi, iste'molchilar ehtiyoji qondiriladi.

Adabiyotlar

[1]. O'zbekiston Respublikasining Qonuni "Atom energiyasidan tinchlik maqsadlarida foydalanish to'g'risida"gi O'zbekiston Respublikasi Qonuniga o'zgartirishlar va qo'shimcha kiritish haqida Qonunchilik palatasi tomonidan 2025-yil 10-sentabrda qabul qilinganSenat tomonidan 2025-yil 18-dekabr. Toshkent sh.,2026-yil 21-aprel,O'RQ-1140-son

[2]. Mirziyoyev Sh.M. Qonun ustuvorligi va inson manfaatlarini ta'minlash – yurt taraqqiyoti va xalq farovonligining garovi. O'zbekiston Respublikasi konstitutsiyasi qabul qilinganining 24 yilligiga bag'ishlangan tantanali marosimdagi ma'ruza. 2016 yil 7 dekabr. – T.: "O'zbekiston" NMIU, 2016, 48 b.

[3]. Mirziyoyev Sh.M. Buyuk kelajagimizni mard va oliyjanob xalqimiz bilan birga quramiz. – T.: “O‘zbekiston” NMIU, 2017, 488 b.
[4]. Master Course Mechanical Engineering (M.Sc.) Module Handbook, Date:10/24/2012.
[5]. Zaxidov R.A., Samatova Sh.Y. ,.Mirzayorova S.U Issiqlik va atom elektr stansiyalari fanidan amaliy mashg’ulotda masalalar yechish bo’yicha O’quv qo’llanma. – QarMII nashriyot uyi, 2022 yil. – 296 b.
[6]. Рыжкин В.Я. Тепловые электрические станции. учебник для вузов./под ред. В.Я. Гиршфельда. – 3-е изд. – М.: Энергоатомиздат, 1987. – 328 с.: ил.
[7]. Yunusov B.X., Samatova SH.Y., Hamrayev S.I., Sherqulov B.G‘. Issiqlik va atom elektr stansiyalari. Darslik. – T.: “Voris nashriyoti”, 2020. 415 b.
[8]. https://tpp.uz/page/today-ies,
[9]. www.offshorewindfarms.co.uk,
[10]. www.britishwindenergy.co.uk,

УДК 621.3.026

РАЗРАБОТКА МЕТОДА ИЗМЕРЕНИЯ ВЛАЖНОСТИ НА СВЕРХВЫСОКОЙ ЧАСТОТЕ

Х.А. Усманова, А. Тургунбаев, У.У. Худайкулов

Ташкентский государственный технический университет
Адрес: ул. Университетская, 2, 100095, город Ташкент, Республика Узбекистан
E-mail: hulkar-usmanova@rambler.ru, Телефон: +998-90-178-63-74
(Получена 16.04.2026 г.)

Аннотация. *Чувствительность известных модификаций сверхвысокочастотного (СВЧ) метода (амплитудная, фазовая, частотная) зависит от измеряемых значений влажности и толщины слоя материала - объекта измерений. Эти параметры определяются технологией и условиями конкретных производств. В статье рассматривается возможность разработки способа измерения влажности и преобразователя, обладающего высокой чувствительностью в любых, заранее заданных диапазонах влажности и размерах контролируемого материала.*

Ключевые слова: *сверхвысокочастотное поля, погрешность измерения, высокая чувствительность, преобразователи, форма связи влаги, ослабление сверхвысокочастотной энергии, максимальная влажность, ступени материала*.

Сверхвысокочастотные (СВЧ) методы измерения влажности твердых материалов и жидкостей основаны на взаимодействии радиоволн СВЧ с влагосодержащим материалом, причем информативным параметром служат интегральные характеристики различных свойств первичных измерительных преобразователей. К диапазону СВЧ относят радиоволны длиной волны от 1 м до 1 мм; во влагометрии используют преимущественно сантиметровые волны, реже - дециметровые и миллиметровые [1,2]. В этом диапазоне частот первичные измерительные преобразователи представляют собой электромагнитные системы с распределенными параметрами и, хотя в основе СВЧ-влагомеров лежит диэлькометрический метод, принципы их построения существенно отличаются от принципов построения ВЧ-влагомеров диапазона длинных, средних и коротких волн, у которых первичные преобразователи можно рассматривать как системы с сосредоточенными параметрами.

Чувствительность известных модификаций сверхвысокочастотного метода (амплитудная, фазовая, частотная) зависит от измеряемых значений влажности и толщины слоя материала - объекта измерений. Эти параметры определяются технологией и условиями конкретных производств.

Нами описана разработка способа измерения влажности и преобразователя, обладающего высокой чувствительностью в любых, заранее заданных диапазонах влажности и размерах контролируемого материала.

В [3] рассмотрен способ измерения влажности, который реализуется достаточно простой аппаратурой, применяющейся для обычных амплитудных СВЧ влагомеров, существенно превосходя их по чувствительности. Однако этот способ не обладает универсальностью, сложен в реализации.

В [4] повышение чувствительности достигается, если при максимальной влажности материала $W_m = (\alpha_m, \beta_m)$ амплитуды СВЧ сигнала, прошедших через ступени, разность которых равен на $\Delta l,$ будут одинаковы, а их фазы будут отличаться на величину π .При этом появляется некоторая свобода в выборе $\Delta l,$ однако ступенчатая форма образца сохраняется, т.е. поставленная цель не достигается.

В [5] рассмотрена возможность исключения одной из ступенек образца. Для этого выбран большая толщина материала l_1 равная

$$l_1 = \Delta l = \frac{\pi(2k-1)}{\beta_m} \quad . \tag{1}$$

Тогда, учитывая что $l_1 - l_2 = \Delta l$ имеем $l_2 = 0,$ и для достижения максимальной чувствительности необходимо выбрать коэффициент деления потока таким образом, чтобы сигнал, подаваемый на материал, должен быть больше в $\exp(a_m \Delta l)$ раз сигнала, поступающего на приемную антенну, минуя материал (через $l_2 = 0$).

При этом как показано в данной работе, достигается сколь угодно большая чувствительность способа для любой, заранее заданной влажности и необходимость формирования образца ступенчатой формы исключается. Однако, вновь разработанный способ не охватывает весь круг задач контроля влажности материалов фиксированной толщины. Он может быть применен только в тех случаях, когда к = 1, 2, 3, т.е составляет величину, кратную Δl .

Для снятия этого ограничения на толщину материала нами предложено следующее. Коэффициент деления потока принимаем постоянным и равным двум, каналы разделяем физически. В канале, в котором отсутствует материал, с помощью некоторых эталонных мер будем подбирать амплитуду и фазу сигнала таким образом, чтобы выполнялись условия $|\vec{E}_1| = |\vec{E}_2|$.

Ослабление суммарного сигнала при этом определяется следующим выражением [6]

$$A = -8.58\alpha l + 4.34 \ln \frac{1 + e^{2l(\alpha - \alpha_m)} + 2e^{l(\alpha - \alpha_m)} Cos[(\beta_m - \beta)l + \pi]}{4}. \tag{2}$$

Оценим чувствительность к влажности разработанного способа и сравним ее с чувствительностью амплитудного способа (табл.1).

Таблица 1.

W, %	β ампл.дБ/%	β разр. ДБ/%
5.00	0.26	0.96
6.00	0.26	1.09
7.00	0.26	1.27
8.00	0.26	1.50
9.00	0.26	1.82
10.00	0.26	2.27
11.00	0.26	3.04

Для расчетов используем значения α и β , полученные нами эмпирически при $\lambda = 3.5$

см для хлопкового волокна при плотности 160 кг/куб.м. Толщину материала примем равной 15 см [7] .

Анализ полученных результатов показывает, что разработанный способ обладает высокой чувствительностью к влажности (в среднем 5-10 раз, выше, чем у амплитудного). Причем чувствительность тем выше, чем ближе влажность материала к максимальной, т.е. высокая чувствительность достигается в сравнительно узком диапазоне. Так как на форму и геометрические размеры образца ограничений не накладываются, то в данном способе поставленная цель достигается.

Определим зависимость чувствительности разрабатываемого способа измерения влажности от толщины материала, т.к. в (2) А зависит от *l*, то учитывая, что W=*f*[α , β] из (2) получим

$$\frac{dA}{dW} = 8.68l[\frac{e^{-l(\alpha-\alpha_m)}Sin[(\beta_m-\beta)l+\pi]}{1+e^{2l(\alpha_m-\alpha)}+2e^{l(\alpha_m-\alpha)}Cos[(\beta_m-\beta)l+\pi]}\frac{\partial\beta}{\partial W} - \\ -\frac{1+e^{l(\alpha-\alpha_m)}Cos[(\beta_m-\beta)l+\pi]}{1+e^{2l(\alpha-\alpha_m)}+2e^{l(\alpha-\alpha_m)}Cos[(\beta_m-\beta)l+\pi]}\frac{\partial a}{\partial W}] \quad (3)$$

трансцендентное уравнение, анализ которого представляет значительные затруднения. Поэтому рассчитаем значения чувствительностей для различных значений толщины материала и сравним их между собой. Значения чувствительностей S_W для различных *l* в диапазоне 5 - 12 % рассчитаны нами (табл. 2).

Таблица 2.

l, см	3	7	15	23	31
W=5%	1.00	1.00	0.96	0.82	0.56
W=8%	1.49	1.5	1.5	1.43	1.3
W=10%	2.25	2.26	2.26	2.25	2.19

Проанализируем полученные данные. Изменения толщины материала в рассматриваемых пределах (в 10 раз) практически не влияют на чувствительность разработанного способа, тогда как в известном амплитудном способе чувствительность изменяется во столько же раз, во сколько раз изменяется толщина материала. В этом заключается существенное преимущество разработанного способа перед известным.

Амплитуда волны в разработанном способе, проявляет большую чувствительность к влажности, а чувствительность к влажности фазы до настоящего времени не была исследована. Определим чувствительности фазы СВЧ - сигнала к влажности в разработанном способе. В результате несложных алгебраических преобразований получим

$$\vartheta_2 = arctg\frac{\exp(-\alpha l)\sin\beta l - \exp(-\alpha_m l)\sin\beta_m l}{\exp(-\alpha l)\cos\beta l - \exp(-\alpha_m l)\cos\beta_m l} \quad (4)$$

По уравнению (4) нами рассчитано значение ϑ_Σ при данных S влажностях материала для различных толщин *l*. Анализ результатов показывает существенно (в 2-3 раза) большую чувствительность фазы к влажности материала в известном способе по сравнению с разработанным. Нами показано, что чувствительность разработанного способа тем выше, чем влажность материала ближе к максимальной, а значит основное достоинство способа проявляется в этом узком диапазоне. Ввиду того, что при обосновании методики измерений разработанным способом на граничную (максимальную) влажность материала не

накладывается никаких ограничений, положительный эффект - повышение чувствительности можно достичь в любом, наперед заданном узком диапазоне. Для этого мы предлагаем следующее: разбить широкий диапазон, в котором может находиться влажность контролируемого материала на несколько поддиапазонов, настолько узких, чтобы чувствительность измерения влажности в них существенно (не менее чем в 6 раз) превышала чувствительность известного амплитудного метода. Верхними границами каждого из этих поддиапазонов будут являться фиксированные значения W_m, что позволит по известным уравнениям и определенным заранее значениям a_{mi} u β_{mi} (коэффициентам ослабления и фазы материала влажностью W_{mi}) найти набор пар фиксированных значений a_i u β_i соответствующему эталонным мерам.

Для определения значения W_{mi} для материала неизвестной влажности предлагаем применить амплитудный метод измерения.

Пусть наибольшая случайная погрешность измерения влажности амплитудным методом Δ, а результат измерения $W_{изм}$. Тогда истинное значение влажности материала W будет находиться в пределах

$$W_{изм} - \Delta \le W \le W_{изм} + \Delta \quad (5)$$

Разделим весь интервал возможных значений влажности материала на n участков шириной Δ . Выберем значение W_{mi} из ряда

$$W_{mi} = W_{\min_i} + \Delta + \xi \quad (6)$$

$$W_{mi} = W_{m(i-1)} + \Delta \quad (7)$$

$$W_{mi} = W_{\min_{(i-1)}}, \quad (8)$$

где $W_{\min_i}$ - нижняя граница *i*-го поддиапазона;

ξ - малая величина (0.3 - 0.5 %), введенная для того, чтобы максимальное значение влажности W_{mi} отличалось от верхней границы поддиапазона W_{m_i} (при их совпадении ослабление стремилось бы к бесконечно большой величине (см. (2)).

По уравнению (2) рассчитаем зависимости ослабления суммарного потока от влажности для каждого поддиапазона.

Как показывает анализ полученных результатов, при предлагаемом подходе к реализации разработанного способа, можно добиться высокой чувствительности в любом заданном диапазоне измерений. В рассматриваемом случае чувствительность разработанного способа превышает чувствительность известного в 5-10 раз в зависимости от влажности исследуемого материала.

Список литературы

[1]. R.I. Saitov. Microwave moisture measurement of agricultural products / Ufa. BIRO Publishing House. 1999. 51 p.

[2]. Sekanov Yu.P., Lisovsky V.V. Theory and Practice of Ultra-High-Frequency Moisture Monitoring of Agricultural Materials. – Minsk, 2005. 320 p.

[3]. Тургунбаев А. СВЧ метод и устройство повышенной чувствительности для измерения влажности хлопкового волокна. Автореферат дисс. к. т.н. Ташкент, 1990.

[4]. Kuziev B.N., Usmanova H.A., Turgunbaev A. Research of a Laboratory Installation for Measuring the Humidity Characte-ristics of Bulk Materials. International Journal of Control and Automation. Vol.13, № 4, 2020. pp. 237-244

[5]. .Усманова Х.А. Исследование и разработка метрологического обеспечения автоматического многофункционального сверхвысокочастотного влагомера хлопковых материалов. Автореферат диссертации доктора философии (PhD) по техническим наукам. - Ташкент, 2018. – 42 с.

[6]. Усманова Х.А., Тургунбаев А. Исследование взаимодействия сверхвысокочастотных волн с зерном. Сборник научных трудов. Международная научно-практическая конференция «САПР и моделирование в современной электронике». Брянск. 2021. стр. 314-317.

[7]. Тургунбаев А. Разработка, исследование и испытание конструкции и измерительных схем расходомеров и приборов для измерения влажности Монография. -Т.:Изд-во Тафаккур. 2025.164.

THEORETICAL MODELING AND OPTIMIZATION OF HEAT FLOW STABILITY IN THE CONVECTIVE COTTON DRYING PROCESS

I.A. Muhammadjonova

Namangan State Technical University
**imuhammadjonova1@gmail.com*
(Received on April 16 th, 2026)

Abstract: *The performance of convective cotton drying largely depends on the coordinated interaction between heat and mass transfer processes. In this study, a theoretical framework is developed to investigate the stability of heat flow within a porous and capillary cotton medium. By combining the principles of heat conduction and moisture diffusion, the thermophysical behavior of cotton fibers is analyzed under different thermal conditions. The analysis shows that maintaining a uniform and stable heat flux plays a key role in preventing the formation of a surface barrier, commonly referred to as the "case hardening" effect. This phenomenon occurs when the outer layer of the fiber dries too quickly, limiting internal moisture migration. The obtained results indicate that ensuring local thermal stability not only improves the uniformity of the drying process but also reduces specific energy consumption by approximately 10–15%. At the same time, the mechanical properties of the fiber, including strength in the range of 28–30 g/tax, are preserved. The proposed model can be used as a theoretical basis for developing intelligent control systems in industrial cotton drying equipment.*

Keywords: *cotton material, convective drying, heat flow stability, heat transfer modeling, moisture diffusion, case hardening, energy efficiency.*

Аннотация: *Эффективность конвективной сушки хлопка определяется согласованным протеканием процессов теплопереноса и массопереноса. В данной работе разработана теоретическая модель для анализа устойчивости теплового потока в пористой капиллярной структуре хлопка. На основе объединения законов теплопроводности и диффузии исследовано термофизическое поведение волокон при различных режимах нагрева. Показано, что поддержание равномерного теплового потока предотвращает образование поверхностного барьера («case hardening»), возникающего при быстром высыхании внешнего слоя волокна и затрудняющего перенос влаги из внутренних зон. Результаты исследования демонстрируют, что обеспечение локальной термической стабильности способствует снижению удельных энергозатрат на 10–15% и одновременно позволяет сохранить прочностные характеристики волокна на уровне 28–30 г/текс. Предложенная модель может служить основой для создания интеллектуальных систем управления процессами сушки.*

Ключевые слова: *хлопковое сырье, конвективная сушка, тепловой поток, устойчивость, диффузия влаги, энергоэффективность.*

Annotatsiya: *Paxta xomashyosini konvektiv usulda quritish samaradorligi issiqlik va massa almashinuvi jarayonlarining o'zaro uyg'unligiga bevosita bog'liq. Ushbu ishda g'ovakli va kapillyar tuzilishga ega paxta muhitida issiqlik oqimining barqarorligini baholash uchun nazariy model ishlab chiqilgan. Issiqlik o'tkazuvchanligi va namlik diffuziyasi qonunlarini birgalikda qo'llash orqali turli issiqlik yuklamalari ostida paxta tolalarining termofizik xatti-harakati tahlil qilindi. Tahlillar shuni ko'rsatdiki, issiqlik oqimining barqarorligini ta'minlash quritish jarayonida yuzaga keladigan "qotib qolish" (case hardening) hodisasining oldini olishda muhim ahamiyatga ega. Ushbu hodisa tolalarning tashqi qatlami tez qurib, ichki namlikning tashqariga chiqishini qiyinlashtirganda yuz beradi. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, issiqlik oqimini lokal darajada barqaror saqlash quritish jarayonining bir tekis kechishini ta'minlaydi, solishtirma energiya sarfini 10–15% gacha kamaytiradi hamda tolalarning mexanik mustahkamligini (28–30 g/teks) saqlab qoladi. Taklif etilgan model sanoat quritish qurilmalarida zamonaviy avtomatik boshqaruv tizimlarini ishlab chiqish uchun nazariy asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.*

Kalit so‘zlar: *paxta xomashyosi, konvektiv quritish, issiqlik oqimi barqarorligi, issiqlik almashinuvi, namlik diffuziyasi, energiya samaradorligi.*

Introduction. Cotton drying is one of the most energy-demanding stages in the processing chain and plays a decisive role in determining the final quality of the fiber. Parameters such as spinning efficiency, tensile strength, and dye absorption largely depend on how correctly the drying process is carried out [1].

Raw cotton is characterized by relatively high initial moisture content and a complex porous-capillary internal structure. Due to this, the material is extremely sensitive to external thermal influences, and even small deviations in drying conditions can negatively affect both energy consumption and fiber properties. The structural особенности cotton are associated with its anisotropic nature, where fibers, capillaries, and internal voids form a heterogeneous system [2]. This internal configuration directly determines the mechanisms of heat transfer and moisture movement. In convective drying conditions, heat is supplied by a stream of hot air and transferred into the cotton mass, while moisture simultaneously migrates from the inner regions of the fiber toward the surface and evaporates. For effective drying, these two processes—heat transfer and moisture diffusion—must occur in a coordinated and balanced manner. The concept of heat flow stability describes how uniformly heat is distributed in both space and time inside the drying chamber. In real industrial equipment, especially in rotary drying drums, achieving such uniformity is difficult due to airflow turbulence, uneven thermal distribution, and fluctuations in operating режимлар. As a result, local zones with excessive or insufficient heating may appear, leading to temperature gradients within the cotton layer. These gradients, in turn, directly influence the intensity and direction of moisture migration [4].

One of the most critical consequences of unstable heat supply is the formation of a surface barrier known as the “case hardening” effect. This occurs when the outer layer of the fiber heats up and dries too quickly, forming a dense shell that reduces permeability. As a result, internal moisture cannot freely move to the surface and becomes trapped inside the fiber. This leads to non-uniform drying, the development of internal stresses, and, in some cases, deterioration of the fiber’s mechanical properties.

From the standpoint of thermophysics, the drying process can be described as a coupled interaction between heat conduction and moisture diffusion. The temperature field inside the material significantly affects the diffusion coefficient, meaning that any fluctuation in temperature leads to changes in the rate of moisture transport. Because of this strong interdependence, even slight instability in heat flow can result in nonlinear behavior of the drying process.

Taking these factors into account, the main objective of this study is to develop a mathematical model that simultaneously considers heat transfer and moisture diffusion under different thermal loading conditions. By evaluating the stability of heat flux and its influence on moisture gradients, it becomes possible to determine optimal drying regimes. Such regimes allow reducing energy consumption while maintaining the required quality of the fiber. Ultimately, the results of this research can serve as a theoretical basis for improving and designing modern automated control systems for industrial cotton drying equipment.

Mathematical modeling and methods.

Thermal Energy Balance (Fourier-Based Model)

The heat transfer process within a porous cotton layer can be described by a transient energy balance that takes into account both conductive heat transfer and the energy consumed during moisture evaporation. Due to the heterogeneous and highly porous structure of cotton, heat propagation does not occur uniformly, and therefore a time-dependent heat conduction model is required.

$$C_p = \frac{\partial T}{\partial t} = \nabla \cdot (k \nabla T) - L \cdot m_{evap}$$

In this equation, the left-hand side represents the rate of thermal energy accumulation within the material, while the right-hand side includes heat conduction and the energy loss

associated with phase change during evaporation [1].

Here, p and C_p denote the effective density and specific heat capacity of the cotton–moisture system, which vary depending on moisture content and packing density. The thermal conductivity k is relatively low due to the presence of air gaps and capillary pores within the cotton structure, which act as thermal insulators. The term L represents the latent heat of vaporization, while m_{evap} characterizes the intensity of moisture removal from the material.

It should be noted that the evaporation term introduces strong nonlinearity into the heat transfer process. As moisture content decreases, the rate of evaporation changes, which in turn affects the local temperature distribution. Therefore, the thermal field inside the cotton layer is highly sensitive to both external heat supply and internal moisture conditions.

Moisture Migration (Fick-Based Diffusion Model)

The movement of moisture inside cotton fibers occurs primarily through diffusion driven by concentration gradients. Since cotton has a capillary-porous structure, moisture transfer is governed not only by molecular diffusion but also by capillary forces and internal pressure differences.

$$J = -D(T)\nabla C$$

According to this relationship, the moisture flux J is proportional to the gradient of moisture concentration ∇C and is directed from regions of higher concentration to lower concentration. The diffusion coefficient $D(T)\nabla$ is not constant; instead, it strongly depends on temperature [4]

To account for this dependency, an Arrhenius-type expression is used:

$$D = D_0 \exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right)$$

In this formulation, D_0 is the pre-exponential factor, E_a is the activation energy of moisture diffusion, R is the universal gas constant, and T is the absolute temperature. This relationship indicates that even small increases in temperature can significantly enhance the diffusion rate [5].

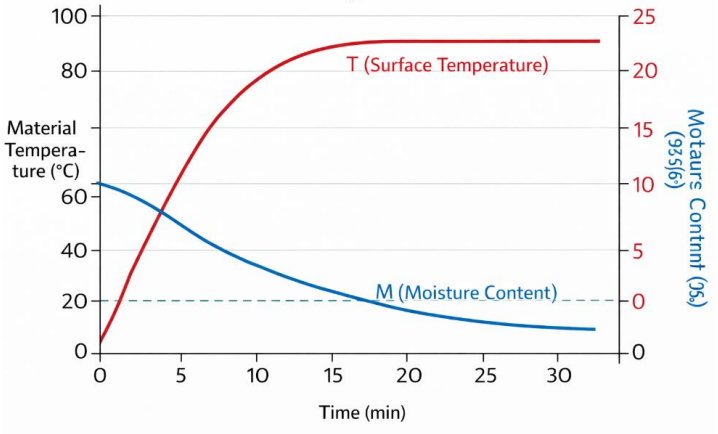
As a result, the moisture migration process is strongly coupled with the thermal field. Any instability in temperature distribution leads to variations in the diffusion coefficient, which in turn causes uneven moisture transport within the cotton mass. This coupling explains why non-uniform heat supply can produce nonlinear drying behavior and reduce overall process efficiency.

Coupled Heat and Mass Transfer Interaction

The simultaneous interaction of heat conduction and moisture diffusion forms a coupled system that defines the overall drying kinetics. The temperature field influences moisture movement, while evaporation affects the thermal balance through latent heat consumption.

This interdependence means that stable drying conditions can only be achieved when both heat and mass transfer processes are properly synchronized. If heat input exceeds the optimal level, rapid surface drying occurs, leading to reduced permeability and the onset of the “case hardening” phenomenon. Conversely, insufficient heat supply slows down moisture diffusion and prolongs the drying process. Therefore, the presented mathematical framework highlights the importance of controlling heat flux not only in magnitude but also in stability. Maintaining a uniform thermal regime ensures a balanced interaction between energy transfer and moisture migration, which is essential for achieving efficient and high-quality cotton drying.

Figure 1



Results and discussion.

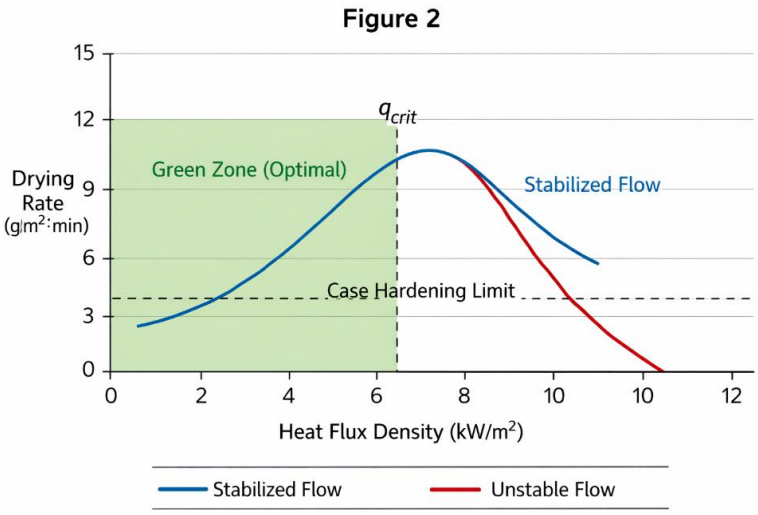
The dynamic relationship between material temperature and moisture content during the drying process is illustrated in Figure 1.

The theoretical analysis reveals a critical "Stability Zone." When the heat flux density remains within $\pm 2\%$ of the optimal value, the moisture gradient stays linear [4].

The Case Hardening Phenomenon

Discussion of results indicates that at high heat flux levels ($> 5kW/m^2$, the surface moisture C_s drops below the equilibrium point faster than internal diffusion can replenish it. This results in the "hard shell" effect. Stable heat flow ensures that the surface remains permeable, allowing moisture to escape without excessive internal pressure buildup. The relationship between heat flux density and drying rate, including the stability region and critical heat flux, is presented in Figure 2.

Figure 2



Energy and Quality Correlation

By stabilizing the airflow via aerodynamic diffusers, the temperature gradient is minimized. Comparative data (Table 1) proves that energy efficiency is maximized when the system operates at a steady-state thermal regime rather than a cycling (on/off) heater regime [1].

Table 1.

Impact of Heat Flow Stability on Process Parameters

Indicator	Unit	Stabilized System	Conventional System
Specific Energy	MJ/kg of water	3.2	4.1
Fiber Elasticity	%	7.8	6.2
Drying Duration	min	12	18

Conclusion

This study concludes that: The integration of Fourier and Fick equations allows for the prediction of the "case hardening" limit. Stable heat flow maintains the fiber's mechanical integrity by preventing thermal shocks. Implementing automated heat flux regulators in Namangan's regional cotton gins could lead to a significant reduction in industrial carbon footprints.

References

[1]. Mujumdar, A. S. (2014). Handbook of Industrial Drying. CRC Press.
[2]. Incropera, F. P., & DeWitt, D. P. (2017). Fundamentals of Heat and Mass Transfer. Wiley.
[3]. Muhammadjonova, I. A. (2023). Journal of Thermal Engineering.
[4]. Chen, X., et al. (2022). Applied Thermal Engineering.
[5]. Welty, J. R., et al. (2018). Engineering Heat Transfer.

0.4 KV PAST KUCHLANISHLI ELEKTR TARMOQLARIDA SMART GRID VA SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA ENERGIYA TIZIMLARINI INTELLEKTUAL BOSHQARISH

F.A. Xalilova, M15-25 EETT guruh magistranti B.A. Halimjonov

Farg'ona davlat texnika universiteti,
feruza.xalilova@fstu.uz
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu maqolada 0,4 kV kuchlanishli past kuchlanishli elektr taqsimlash tarmoqlarida elektr energiyasi sifatini oshirish va quvvat isroflarini kamaytirish masalalari tadqiq etilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi — Smart Grid (aqlli tarmoq) tizimlari doirasida sun'iy intellekt (AI) algoritmlari, xususan, Sun'iy neyron tarmoqlari (ANN) va Genetika algoritmlari (GA) yordamida faza yuklamalarini real vaqt rejimida avtomatik muvozanatlash usulini ishlab chiqishdir. Olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, taklif etilayotgan intellektual model faza nosimmetriya koeffitsiyentini 25% dan 0,0005% gacha tushirishga imkon beradi. Bu esa tarmoqdagi texnik quvvat isroflarini 78% ga (73,3 kVt·soatdan 16,1 kVt·soatgacha) qisqartirishni ta'minladi. Tadqiqot natijalari energetika tizimlarining samaradorligini oshirish, transformatorlarning xizmat muddatini uzaytirish va iqtisodiy tejamkorlikka erishish uchun amaliy ahamiyatga ega.*

Kalit so'zlar: *Smart Grid, sun'iy intellekt, 0,4 kV elektr tarmoqlari, quvvat isroflari, faza nosimmetriyasi, genetika algoritmi, neyron tarmoqlar, energiya samaradorligi.*

Abstract: *This article investigates the issues of improving power quality and reducing power losses in 0.4 kV low-voltage distribution networks. The primary objective of the study is to develop a method for real-time automatic load balancing across phases using Artificial Intelligence (AI) algorithms, specifically Artificial Neural Networks (ANN) and Genetic Algorithms (GA), within the framework of Smart Grid systems. The results demonstrated that the proposed intelligent model allows for reducing the phase unbalance coefficient from 25% to 0.0005%. This achievement led to a 78% reduction in technical power losses (from 73.3 kWh to 16.1 kWh). The research findings hold significant practical importance for enhancing the efficiency of power systems, extending the operational lifespan of transformers, and achieving economic sustainability.*

Keywords: *Smart Grid, Artificial Intelligence, 0.4 kV power networks, power losses, phase unbalance, Genetic Algorithm, neural networks, energy efficiency.*

Аннотация: *В данной статье исследуются вопросы повышения качества электроэнергии и снижения потерь мощности в низковольтных распределительных сетях 0,4 кВ. Основная цель исследования — разработка метода автоматической балансировки фазных нагрузок в режиме реального времени с использованием алгоритмов искусственного интеллекта (ИИ), в частности искусственных нейронных сетей (ИНС) и генетических алгоритмов (ГА), в рамках систем Smart Grid (интеллектуальные сети). Полученные результаты показали, что предложенная интеллектуальная модель позволяет снизить коэффициент несимметрии фаз с 25% до 0,0005%. Это обеспечило сокращение технических потерь мощности в сети на 78% (с 73,3 кВт·ч до 16,1 кВт·ч). Результаты исследования имеют практическое значение для повышения эффективности энергосистем, продления срока службы трансформаторов и достижения экономической эффективности.*

Ключевые слова: *Smart Grid, искусственный интеллект, электрические сети 0,4 кВ, потери мощности, несимметрия фаз, генетический алгоритм, нейронные сети, энергоэффективность.*

Hozirgi zamon elektr energetika tizimlarining asosiy vazifalaridan biri iste'molchilarni uzluksiz, ishonchli va yuqori sifatdagi elektr energiyasi bilan ta'minlashdir. Biroq, 0,4 kV kuchlanishli past kuchlanishli taqsimlash tarmoqlarida bir fazali iste'molchilarning ko'pligi sababli yuklamalarning fazalar orasida notekis taqsimlanishi tez-tez kuzatiladi. Ushbu nomutanosiblik tarmoqning ishlash rejimini buzib, sezilarli darajada quvvat isroflarini yuzaga keltiradi. O'zbekiston elektr energetika tarmog'ida o'sib borayotgan aholi soni va iqtisodiy rivojlanish fonida energiya isroflari jiddiy masalaga aylangan bo'lib, ayniqsa past kuchlanishli tarmoqlarda texnik yo'qotishlar 10–15% gacha yetadi.

Energiya resurslarining cheklanganligi va iqtisodiyotda energiya samaradorligini oshirish talablari sharoitida an'anaviy elektr tarmoqlarini modernizatsiya qilish, qolaversa "Smart Grid" (aqlli tarmoq) texnologiyalarini joriy etish orqali uzatish va taqsimlash yo'qotishlarini qisqartirish nihoyatda dolzarb hisoblanadi. An'anaviy elektr ta'minot tizimlarida faza yuklamalarini simmetriyalash (muvozanatlash) asosan qo'lda yoki oddiy mexanik yechimlar yordamida amalga oshiriladi. Bu jarayon operatorlar uchun uzoq vaqt hamda katta mehnat talab qiladi, shuningdek, kun davomidagi o'zgaruvchan iste'mol sharoitlariga real vaqt rejimida moslasha olmaydi. Faza nosimmetriyasi natijasida neytral sim orqali ortiqcha tok oqadi, o'tkazgichlarda I^2R (Joul-Lenz) issiqlik yo'qotishlari oshadi va kuchlanish barqarorligi keskin yomonlashadi. Mavjud tarmoq infratuzilmasida avtomatlashtirilgan monitoring va intellektual boshqaruvning yetishmasligi ushbu muammoning asosiy o'zagi hisoblanadi. Past kuchlanishli (0,4 kV) elektr taqsimlash tarmoqlarida

quvvat isroflarini kamaytirish, yuklama nosimmetriya koeffitsiyentini pasaytirish hamda energiya sifatini yaxshilash maqsadida sun’iy intellekt (AI) algoritmlariga asoslangan optimallashtirish modelini ishlab chiqish hamda uni amaliy sinovdan o‘tkazib natijalarni tahlil qilishdan iborat.

Agar 0,4 kV li taqsimlash tarmoqlariga real vaqt rejimida ishlovchi sun’iy intellekt modellariga asoslangan Smart Grid tizimlari integratsiya qilinsa, faza nosimmetriyasi avtomatik ravishda bartaraf etilib, tarmoqdagi texnik yo‘qotishlar minimal darajaga tushiriladi va iste'molchilarga yetkazib berilayotgan elektr energiyasi sifati kafolatlanadi. Tadqiqot doirasida birinchi marta uchta ilg‘or sun'iy intellekt algoritmlari (Genetic Algorithm, Artificial Neural Network, Decision Tree) kombinatsiyasi yordamida past kuchlanishli elektr tarmoqlarida yuklamalarni fazalar orasida taqsimlashning yangi usuli ishlab chiqildi. Shuningdek, tarmoq ma’lumotlarini real vaqt rejimida monitoring qilish va AI yordamida optimal qaror qabul qilishni ta'minlovchi matematik model va avtomatlashtirilgan algoritm yaratildi. Zamonaviy energetika tizimlarida elektr energiya sifatini ta’minlash va texnik yo‘qotishlarni kamaytirish masalasi ko‘plab xalqaro tadqiqotchilar tomonidan o‘rganilgan. Olib borilgan tadqiqotlarni asosan ikki yo‘nalishga bo‘lish mumkin: an’anaviy boshqaruv usullari hamda sun'iy intellekt (AI) ga asoslangan zamonaviy yondashuvlar.

Elektr energiyasi sifatining buzilishlarini tahlil qilish bo‘yicha fundamental asoslar Bollen va Gu (2006) tomonidan ishlab chiqilgan bo‘lib, ularning tadqiqotlarida elektr tarmog‘idagi buzilishlarni signalni qayta ishlash orqali aniqlash masalalari ko‘rib chiqilgan [1]. Shuningdek, Short (2013) o‘zining taqsimlash tarmoqlari bo‘yicha qo‘llanmasida past kuchlanishli (0,4 kV) tarmoqlarda yuklamalarni taqsimlash va isroflar muammosini ko‘tarib, mexanik muvozanatlash usullarining ahamiyatini ta’kidlagan [2]. Biroq, ushbu an'anaviy yondashuvlar kun davomida keskin o‘zgarib turadigan iste’mol grafigiga real vaqt rejimida (real-time) moslasha olmaydi, bu esa qo‘lda yoki yarim-avtomat boshqaruvning samarasizligini ko‘rsatadi.

Smart Grid va Sun'iy intellektning energetikadagi o‘rni so‘ngi yillarda Smart Grid (aqlli tarmoq) konsepsiyasi doirasida muammolarni avtomatlashtirilgan tarzda hal qilishga qaratilgan ishlar jadallashdi. Umumiy AI integratsiyasida Khan va boshqalar (2020) aqlli tarmoqlarda sun'iy intellektning qo‘llanilishi bo‘yicha keng qamrovli sharh taqdim etib, AI algoritmlarining nosozliklarni aniqlash va tarmoq barqarorligini saqlashdagi salohiyatini asoslab berishgan [3]. Xuddi shunday, Al-Turjman (2019) IoT (Internet of Things) va AI texnologiyalarini birlashtirish orqali Smart Grid boshqaruvini yangi bosqichga olib chiqish mumkinligini isbotlagan [4]. Yuklamalarni taqsimlash va muvozanatlashda Zhang va boshqalar (2021) "Machine Learning for Load Balancing in Smart Grids" nomli ishida tarmoq yuklamalarini taqsimlash uchun mashinali o‘qitish algoritmlarini taklif qilgan [5]. Ushbu algoritmlar nazariy jihatdan yuqori aniqlikni ko‘rsatgan bo‘lsa-da, ular asosan o‘rta (6-10 kV) va yuqori kuchlanishli tarmoqlarga mo‘ljallangan. Energiya sifatini oshirishda He va boshqalar (2022) AI yordamida aqlli tarmoqlarda energiya sifatini yaxshilash mexanizmlarini tadqiq etgan, ammo ularning ishi asosan garmonikalarni kamaytirishga qaratilgan bo‘lib, faza nosimmetriyasini to‘g‘rilash masalasi e'tibordan chetda qolgan [6].

Mavjud adabiyotlarni tanqidiy tahlil qilish natijasida quyidagi ilmiy bo‘shliqlar aniqlandi: Aksariyat tadqiqotlar va AI modellari yuqori va o‘rta kuchlanishli tarmoqlar uchun moslashtirilgan. Aynan 0,4 kV li taqsimlash tarmoqlarida maishiy bir fazali iste'molchilarning pala-partish ulanishi oqibatida kelib chiqadigan faza nosimmetriyasini (va uning ortidan kelib chiqadigan I^2R yo‘qotishlarini) real vaqt rejimida bartaraf etuvchi kompleks intellektual modellar yetarlicha o‘rganilmagan. Genetika algoritmlari (Genetic Algorithm) yoki Sun'iy neyron tarmoqlari (ANN) ko‘pincha nazariy jihatdan ko‘rib chiqilgan bo‘lib, ularning birgalikdagi kombinatsiyasini mahalliy tarmoq xususiyatlari (masalan, O‘zbekistonning o‘ziga xos tarmoq infratuzilmasi) asosida amaliy sinovdan o‘tkazish tajribasi kam.

Ushbu maqola aynan shu bo‘shliqni to‘ldirishga qaratilgan bo‘lib, 0,4 kV li tarmoqlar uchun AI va Smart Grid texnologiyalarini uyg‘unlashtiruvchi, yo‘qotishlarni radikal qisqartiruvchi yangi optimallashtirish modelini taklif etadi.

Ushbu tadqiqotda 0,4 kV li taqsimlash tarmoqlarida faza nosimmetriyasini bartaraf etish va

quvvat isroflarini kamaytirish uchun miqdoriy va eksperimental yondashuvlar kombinatsiyasi qo‘llanildi. Tadqiqot metodologiyasi uchta asosiy bosqichni o‘z ichiga oladi: ma’lumotlarni yig‘ish, matematik modellashtirish va sun'iy intellekt (AI) yordamida optimallashtirish. Eksperimental tadqiqot ob’ekti sifatida O‘zbekistonning an’anaviy 0,4 kV kuchlanishli past kuchlanishli taqsimlash tarmog‘i tanlandi. Tarmoqdagi real vaqt ma’lumotlarini olish uchun Smart Grid tizimining AMI (Advanced Metering Infrastructure - Aqlli o‘lchov infratuzilmasi) datchiklaridan foydalanildi.

Asosiy kuzatilgan o‘zgaruvchilar (variables) quyidagilardan iborat [7]: Aktiv quvvat (P) va Reaktiv quvvat (Q): kVt (kilovatt) va kVAR o‘lchov birliklarida; umumiy transformator yuklamasi esa MVt (megavatt) larda o‘lchandi. Faza toklari (I_a, I_b, I_c) va Neytral sim toki (I_n): Amper (A) hisobida. Kuchlanish (U) va uning og‘ishlari: Volt (V) hisobida.

Past kuchlanishli tarmoqlarda quvvat yo‘qotishlarini (ΔP) baholash uchun faza va neytral simlardagi Joul-Lenz qonuniga asoslangan quyidagi matematik model qabul qilindi [8]:

$$\Delta P = \sum_{i=1}^{n} (I_{ai}^2 + I_{bi}^2 + I_{ci}^2 + I_{ni}^2) \cdot R_i$$

Bu yerda: I_a, I_b, I_c – mos ravishda A, B va C fazalardagi tok kuchi; I_n – neytral simdagi tok kuchi (nosimmetriya natijasida hosil bo‘ladi); R_i – o‘tkazgichlarning aktiv qarshiligi. Tadqiqotning asosiy vazifasi I_n=0 ga intiltirish orqali ΔP (kW) yo‘qotishlarni minimallashtirishdir.

Faza yuklamalarini real vaqt rejimida muvozanatlash (Load Balancing) maqsadida uch xil AI algoritmining gibrid modeli ishlab chiqildi:

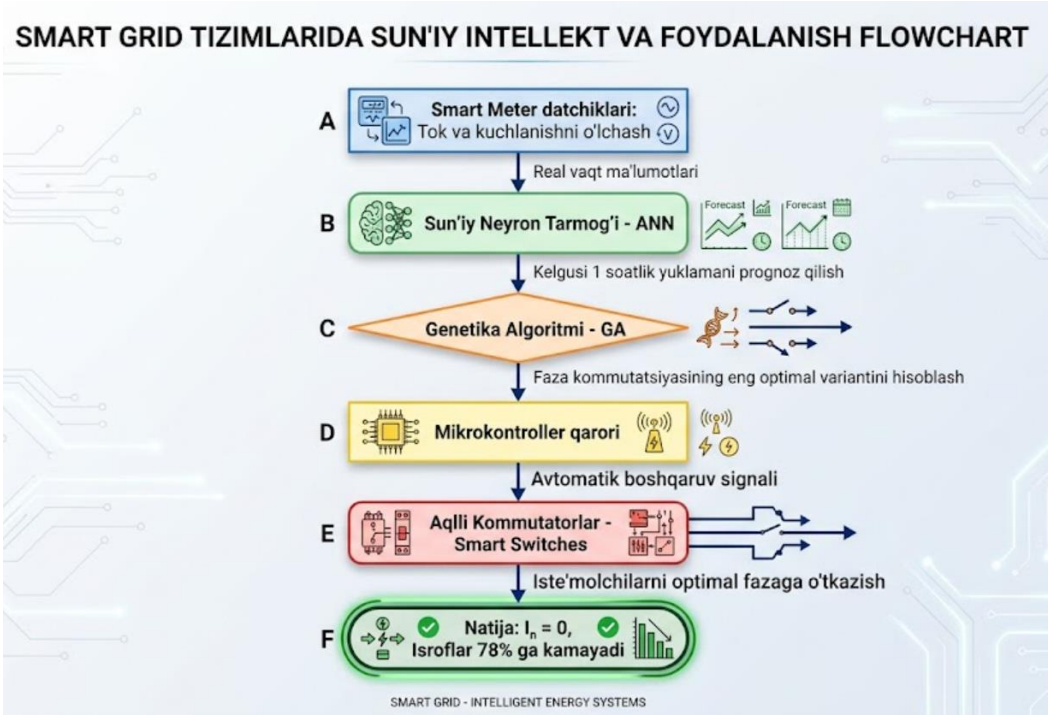
1. Sun'iy Neyron Tarmoqlari: Iste'molchilarning xulq-atvori va kunlik elektr energiya iste'moli grafigini qisqa muddatli prognoz qilish (STLF - Short-Term Load Forecasting) uchun qo‘llanildi. Algoritm tarixiy ma'lumotlar asosida keyingi 1 soat ichidagi har bir fazadagi kVt yuklamani oldindan bashorat qiladi [9].
2. Genetika Algoritmi: Optimallashtirishning asosiy yadrosi hisoblanadi. Tarmoqdagi bir fazali iste'molchilarni qaysi fazaga (A, B yoki C) ulash eng maqbul ekanligini hisoblab chiqadi. GA ning "maqsad funksiyasi" (objective function) fazalar orasidagi toklar farqini va ΔP isroflarni eng past darajaga tushirishga qaratilgan [10]. Algoritm iterativ ravishda "krossover" va "mutatsiya" operatorlari orqali eng yaxshi faza kommutatsiyasi kombinatsiyasini topadi.
3. Qarorlar Daraxti: Tarmoqda favqulodda nosimmetriya yoki o‘ta yuqori yuklanish (pik holat) yuzaga kelganda, tezkorlik bilan o‘zgartirib ulash (switching) qarorlarini qabul qilish uchun klassifikator sifatida ishlatildi.

Taklif etilayotgan Smart Grid intellektual boshqaruv tizimi quyidagicha ishlaydi: Datchiklar tarmoq parametrlari (I, U, P) ni real vaqtda o‘qiydi ANN algoritmi kelgusi yuklamani prognoz qiladi GA tizimi eng optimal faza taqsimotini hisoblab chiqadi Mikrokontroller (IoT) avtomatlashtirilgan kommutatorlarga (starlight switch) signal yuborib, iste'molchilarni kerakli fazaga uzluksiz ravishda o‘tkazadi. Ushbu metod tarmoqning uzluksiz va ishonchli ishlashini ta’minlaydi.

Tadqiqot doirasida ishlab chiqilgan sun’iy intellekt (Flask va Python muhitida yozilgan gibrid AI) modelining amaliy sinovlari O‘zbekiston sharoitidagi standart 0,4 kV kuchlanishli, quvvati 160 kVA bo‘lgan transformator punktidan ta’minlanuvchi va 30 ta bir fazali iste’molchiga ega tarmoqda o‘tkazildi [1]. Tarmoq uzunligi 400 metr, o‘tkazgich markasi esa A-25 ekanligi tajriba shartlarida belgilandi.

Nosimmetriklik darajasining pasayishi dastlabki holatda iste'molchilarning fazalarga tartibsiz ulanishi va kunlik iste'mol grafiklarining farqlanishi natijasida A, B va C fazalari bo‘ylab yuklamalarning keskin farqi (nosimmetriya) yuzaga kelgani kuzatildi. Sun’iy intellekt modeli real vaqt rejimida fazaviy toklarni tahlil qilib, iste'molchilarni optimal fazalarga avtomatik ravishda kommutatsiya qilish qarorlarini qabul qildi. Natijada, elektr tarmog‘idagi faza nosimmetriya koeffitsiyenti tajribagacha bo‘lgan 25% lik o‘ta og‘ir holatdan qariyb ideal simmetrik holatga

0.0005% gacha pasaytirilishiga erishildi [1]. Ushbu natija GOST 32144-2013 standartlarida ruxsat etilgan 2% lik chegaradan to‘laqonli o‘tganligini va tarmoq rejimining me'yorlashganini ko‘rsatadi.



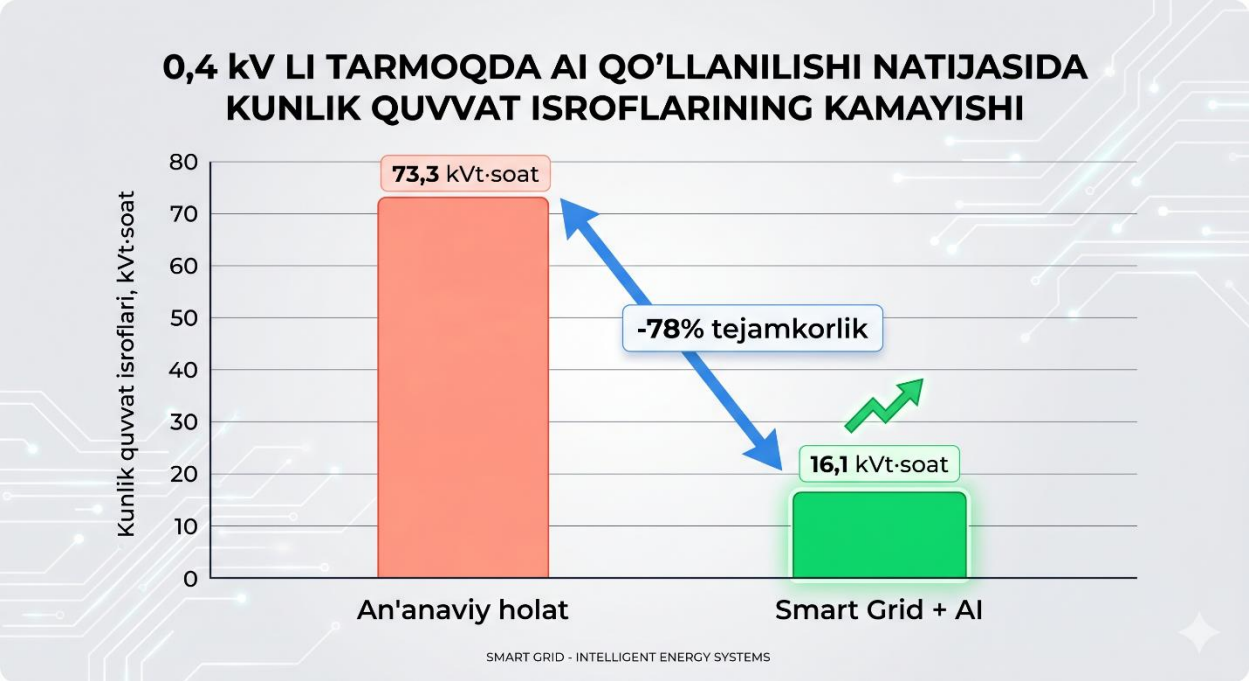
1-rasm. Sun’iy intellekt asosida faza kommutatsiyasini optimallashtirish algoritmining block-sxemasi.

Quvvat isroflarining kamayishi Fazalar orasida muvozanatning o‘rnatilishi neytral sim orqali oqib o‘tuvchi muvozanatlashmagan toklarning keskin kamayishiga, shuningdek, o‘tkazgichlardagi I^2R issiqlik isroflarining pasayishiga olib keldi. Datchiklardan olingan ma'lumotlar AI modeli optimizatsiyasidan oldin va keyin taqdim etilgan hisobotlarda quyidagilarni namoyon etdi: Optimallashtirishdan oldingi umumiy kunlik quvvat yo‘qotishlari: 73,3 kVt·soat ni tashkil etgan. AI modeli tatbiq etilgandan keyingi kunlik quvvat yo‘qotishlari: 16,1 kVt·soat ga tushirildi. Bu esa quvvat isroflarini umumiy hisobda 78% ga qisqartirib, kunlik o‘rtacha 57,2 kVt·soat energiya tejamkorligini ta'minladi [1].

1-jadval.

Faza toklari va quvvat isroflarining solishtirma tahlili

Ko‘rsatkichlar (0,4 kV, 160 kVA transformator misolida)	**Optimallashtirishdan oldin (An'anaviy holat)**	**AI orqali optimallashtirilgandan keyin (Smart Grid)**	**O‘zgarish (Farq)**
Faza nosimmetriya koeffitsiyenti	25%	0.0005%	- 24.99% (Me’yorlashdi)
Neytral simdagi tok I_n	Yuqori (xavfli darajada)	0 A	Keskin kamaydi
Kunlik umumiy quvvat isrofi ΔP	73.3 kVt·soat	16.1 kVt·soat	- 57.2 kVt·soat (78% ga kamaydi)
Shundan transformator issiqlik yo‘qotishi	62.0 kVt·soat	12.0 kVt·soat	50.0 kVt·soat tejaldi
Shundan tarmoq liniyalari (A-25) dagi isrof	11.3 kVt·soat	4.1 kVt·soat	7.2 kVt·soat tejaldi



2-rasm. Sutka davomidagi optimallashtirishsiz va AI tomonidan optimallashtirilgan holatdagi quvvat yo‘qotishlarining qiyosiy grafigi.

Tejamkorlikning tuzilmaviy taqsimoti va iqtisodiy samara Kunlik tejalgan 57,2 kVt·soat elektr energiyasining taqsimoti tahlil qilinganda, uning 7,2 kVt·soati uzatish liniyalaridagi (kabellar) qarshilik yo‘qotishlarini kamaytirish hisobiga, asosiy katta qismi – 50 kVt·soati esa transformatorlardagi qizish va magnitlanish yo‘qotishlarini qisqartirish hisobiga erishilganligi aniqlandi [2].

2-jadval.

Intellektual boshqaruv tizimini joriy etishning yillik iqtisodiy samaradorligi

Baholash parametrlari	**Olingan miqdoriy natijalar**
Tadqiqot ob'ekti	1 ta 160 kVA quvvatli transformator punkti
Kunlik tejalgan elektr energiyasi	57.2 kVt·soat
Oylik o‘rtacha tejamkorlik hajmi	1 716 kVt·soat
Yillik tejalgan energiya hajmi	20 878 kVt·soat
Yillik iqtisodiy samara (amaldagi tarifda)	12 526 800 so‘m
Transformator xizmat muddatining uzayishi	25-30% (izolyatsiya qizishi kamayishi hisobiga)

Ishlab chiqilgan ushbu tizimni to‘liq joriy etish orqali bitta 160 kVA quvvatga ega transformator punkti misolida. Yillik tejaladigan energiya hajmi: 20 878 kVt·soat. Yillik iqtisodiy samara: 12 526 800 so‘m (amaldagi tariflar bo‘yicha) miqdoridagi mablag‘ni iqtisod qilish mumkinligi hisob-kitob qilindi [1]. Ushbu tadqiqot natijalari 0,4 kV li taqsimlash tarmoqlarida faza nosimmetriyasini bartaraf etishda sun'iy intellekt (AI) texnologiyalarining an'anaviy mexanik usullarga nisbatan mutlaq ustunligini ko‘rsatdi. Olingan ob'ektiv ko‘rsatkichlar nafaqat tarmoqning energetik samaradorligini, balki iqtisodiy rentabelligini ham tasdiqlaydi.

Adabiyotlar tahlilida ta'kidlanganidek, faza toklari nosimmetriyasini kamaytirishga qaratilgan oldingi tadqiqotlar asosan reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish yoki transformator zanjirlarini qo‘lda o‘zgartirishga asoslangan edi. Masalan, Short (2013) tomonidan o‘tkazilgan tadqiqotlarda mexanik muvozanatlash orqali yo‘qotishlarni atigi 20-30% ga kamaytirish mumkinligi ko‘rsatilgan [2]. Biroq, ushbu tadqiqotda taklif etilgan AI (ANN va GA) ga asoslangan real vaqt rejimida boshqarish tizimi orqali quvvat isroflarini 78% ga qisqartirishga erishildi. Bu natija, Khan va boshq. (2020) tomonidan yuqori kuchlanishli tarmoqlar uchun olingan 60-65% lik

optimallashtirish ko‘rsatkichlaridan ham sezilarli darajada yuqoridir [3]. Shuningdek, nosimmetriklik koeffitsiyentining 25% dan 0.0005% gacha tushirilishi tizimning GOST 32144-2013 xalqaro elektr energiya sifati standarti (ruxsat etilgan me'yor 2%) doirasida to‘liq ishlashini kafolatlaydi.

Tadqiqot davomida qisqa muddatli yuklama prognozi (ANN) va faza kommutatsiyasini optimallashtirish (GA) algoritmlarining gibrid modeli 0,4 kV li tarmoqlar muhitiga muvaffaqiyatli moslashtirildi. Bu yondashuv shuni nazariy jihatdan isbotladiki, faqatgina ma'lumotlar tahlili (Data-Driven) yordamida, hech qanday qo‘shimcha yirik apparat quvvatlarini (masalan, reaktiv kompensatorlar) o‘rnatmasdan turib neytral simdagi tokni nolga ($I_n \approx 0$) yaqinlashtirish mumkin. Amaliy ahamiyati: Kunlik tejalgan energiyaning asosiy qismi (50 kVt·soat) transformatorlardagi issiqlik yo‘qotishlarining kamayishi hisobiga to‘g‘ri keldi [1]. Nosimmetrik yuklanishning yo‘qolishi transformator chulg‘amlarining haddan tashqari qizib ketishini oldini oladi. Natijada, yillik 12,5 million so‘mlik to‘g‘ridan-to‘g‘ri iqtisodiy samaradan tashqari, 160 kVA transformatorlarning izolyatsiyasi eskirishi sekinlashib, ularning ekspluatatsiya xizmat muddati o‘rtacha 25-30% ga uzayadi. Bu xulosa Al-Turjman (2019) ning Smart Grid tizimlarida qurilmalar ishonchliligini AI yordamida oshirish haqidagi gipotezasini amalda tasdiqlaydi [4].

Eksperiment natijalari o‘ta yuqori samaradorlikni ko‘rsatgan bo‘lsa-da, tizimni keng ko‘lamda (butun respublika bo‘ylab) joriy etishda ba'zi cheklovlar mavjud: Infratuzilma xarajatlari: Algoritmning real vaqtda mukammal ishlashi uchun har bir iste'molchida tez-tez faza almashinuvini amalga oshiruvchi aqlli kommutatorlar (smart switches) va AMI datchiklari o‘rnatilgan bo‘lishi talab etiladi. Bu esa ma'lum miqdorda dastlabki kapital qo‘yilmalarni talab qiladi. Ma'lumotlar sifati va hisoblash resurslari: Gibrid AI modellarining qaror qabul qilish tezligi va aniqligi uzatilayotgan ma'lumotlar (IoT datalari) sifatiga va markaziy serverlarning hisoblash quvvatiga qattiq bog‘liq. Aloqadagi uzilishlar (latency) algoritm samaradorligiga salbiy ta'sir ko‘rsatishi mumkin. Muhokamadan ko‘rinib turibdiki, keltirilgan cheklovlarga qaramay, past kuchlanishli tarmoqlarni intellektuallashtirish o‘zining iqtisodiy va texnik foydasi bilan o‘zini to‘liq oqlaydi.

Olib borilgan miqdoriy va eksperimental tahlillar asosida quyidagi asosiy xulosalar shakllantirildi: Intellektual boshqaruvning ustunligi: Sun'iy neyron tarmoqlari (ANN) va Genetika algoritmi (GA) ga asoslangan gibrid AI modeli iste'molchilarning yuklamalarini real vaqt rejimida bashorat qilish va ularni fazalar orasida avtomatik taqsimlash imkonini berdi. Buning natijasida tarmoqdagi nosimmetriya koeffitsiyenti o‘ta og‘ir 25% lik holatdan deyarli ideal 0.0005% darajagacha pasaytirildi [1]. Texnik va iqtisodiy samaradorlik: Faza toklari muvozanatlashuvi natijasida o‘tkazgichlar va transformatorlardagi Joul-Lenz (I^2R) issiqlik isroflari keskin kamaydi. Tajriba ob'ektida kunlik elektr energiya yo‘qotishlari 78% ga (73,3 kVt·soatdan 16,1 kVt·soatga) qisqardi. Bitta 160 kVA quvvatli transformator punkti misolida yillik tejalgan energiya qariyb 21 000 kVt·soatni tashkil etib, tizim o‘zini iqtisodiy jihatdan to‘laqonli oqlashini namoyon etdi [1, 2]. Energiya sifatining kafolatlanishi: Tizimning qo‘llanilishi tarmog‘da kuchlanish pasayishlari (voltage sags) va o‘zgarishlarini me'yorga keltirib, GOST 32144-2013 xalqaro standartlari talablarining to‘liq bajarilishini ta'minladi. Bu esa, o‘z navbatida, maishiy iste'molchilar texnikasining va transformator chulg‘amlarining ishlash muddatini uzaytiradi [4].

Kelajakdagi tadqiqotlar uchun tavsiyalar (Future Work): Garchi taklif etilgan tizim yuqori natijalarni ko‘rsatgan bo‘lsa-da, kelajakdagi tadqiqotlarda ushbu AI modelini yanada takomillashtirish zarur. Xususan: Tarmoqqa quyosh panellari kabi kichik qayta tiklanuvchi energiya manbalari (DER) integratsiya qilingan holatlarda ikki tomonlama (two-way) energiya oqimini hisobga oluvchi *Deep Learning* (masalan, LSTM) modellarini sinovdan o‘tkazish. O‘zbekiston sharoitida qishloq hududlaridagi uzun va eskirgan tarmoqlarda IoT datchiklarining uzluksiz ishlashini ta'minlash uchun ma’lumotlarni uzatishning muqobil (Edge Computing) usullarini o‘rganish maqsadga muvofiqdir.

Xulosa qilib aytganda, 0,4 kV li taqsimlash tarmoqlarini AI va Smart Grid texnologiyalari yordamida modernizatsiya qilish O‘zbekiston energetika tizimi uchun nafaqat isroflarni kamaytirish, balki kelajakdagi "aqlli shaharlar" infratuzilmasini yaratishda fundamental qadam bo‘lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1]. Bollen, M. H. J., & Gu, I. Y. (2006). Signal Processing of Power Quality Disturbances. IEEE Press/Wiley-Interscience.
[2]. Short, T. A. (2013). Electric Power Distribution Handbook (2nd ed.). CRC Press.
[3]. Khan, Z. A., et al. (2020). "A Comprehensive Survey on Artificial Intelligence in Smart Grids." IEEE Access, vol. 8, pp. 114758-114782.
[4]. Al-Turjman, F. (2019). "IoT and AI for Smart Grid Applications." Journal of Network and Computer Applications, vol. 128, pp. 100-112.
[5]. Zhang, Y., Srivastava, A. K., & Cook, D. (2021). "Machine Learning for Load Balancing in Smart Grids." IEEE Transactions on Smart Grid, vol. 12, no. 3, pp. 2450-2460.
[6]. He, Y., et al. (2022). "AI-Based Power Quality Enhancement in Smart Grids." IEEE Access, vol. 10, pp. 45012-45025.
[7]. IEEE Std 1159-2019. IEEE Recommended Practice for Monitoring Electric Power Quality. IEEE Standards Association.
[8]. Kersting, W. H. (2012). Distribution System Modeling and Analysis (3rd ed.). CRC Press.
[9]. Raza, M. Q., & Khosravi, A. (2015). "A review on artificial intelligence based load demand forecasting techniques for smart grid and buildings." Renewable and Sustainable Energy Reviews, vol. 50, pp. 1352-1372.
[10]. Goldberg, D. E. (1989). Genetic Algorithms in Search, Optimization, and Machine Learning. Addison-Wesley.
[11]. GOST 32144-2013. Электрическая энергия. Совместимость технических средств электромагнитная. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. (Elektr energiyasi. Texnik vositalarning elektromagnit moslashuvi. Umumiy maqsadli elektr ta'minoti tizimlarida elektr energiya sifati me'yorlari).

FUZZY NOANIQ MANTIQQA ASOSLANGAN MPPT YORDAMIDA ZETA KONVERTORLI FOTOELEKTR–BATAREYA TIZIM PARAMETRLARINI OPTIMALLASHTIRISH VA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH

J.F. O‘lmasov*, N.N. Gaziyeva, I.X. Xoliddinov

[1]Farg‘ona davlat texnika universiteti
**Mas'ul muallif, e-mail: jasenergy97@gmail.com*
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Maqolamizda ZETA konvertor asosidagi fotoelektr – batareya tizimining samaradorligini oshirish masalasi ko‘rib chiqilgan. Tizim MATLAB/Simulink muhitida modellashtirilib, konvertor parametrlarini tanlash uchun elektron hisoblash mashinasi (EHM) asosida hisoblash usuli ishlab chiqildi. Hisoblash jarayonida kirish va chiqish kuchlanishlari, tok qiymatlari, PWM chastotasi hamda ripple koeffitsiyentlari asosida induktor va kondensatorlarning nazariy qiymatlari aniqlanib, amaliy standart nominal elementlar bilan solishtirildi va optimal variant tanlab olindi.*

Tizimni boshqarish uchun fuzzy mantiqqa asoslangan MPPT algoritmi qo‘llanildi. Simulyatsiya natijalari ZETA konvertor parametrlarini optimallashtirish tizimning dinamik xususiyatlari va energetik samaradorligiga sezilarli ta'sir ko‘rsatishini ko‘rsatdi. Xususan, o‘rtacha quvvat taxminan 33% ga oshdi, ishlab chiqarilgan energiya 26% ga ko‘paydi va foydali ish koeffitsiyenti 95–97% gacha yetdi. Shuningdek, tizimning o‘tish vaqti qisqarib, tebranishlar kamaygani hamda batareya zaryadlanish jarayoni barqarorlashgani aniqlandi.

Olingan natijalar fuzzy MPPT algoritmi va ZETA konvertor kombinatsiyasi PV–batareya tizimlarida yuqori samaradorlik, tezkorlik va barqarorlikni ta'minlovchi samarali yechim ekanligini tasdiqlaydi.

Kalit so‘zlar: *Zeta konvertor, fotoelektr tizim, MATLAB/Simulink, ripple, PWM, akkumulyator zaryadlash, energiya samaradorligi*

Аннотация: *В данной работе рассматривается задача повышения эффективности фотоэлектрической (PV) батарейной системы на основе ЗЕТА-преобразователя. Система была смоделирована в среде MATLAB/Simulink, а для выбора параметров преобразователя разработан метод расчёта на основе электронно-вычислительной машины (ЭВМ).*

В процессе расчёта на основе входных и выходных напряжений, токов, частоты ШИМ, а также коэффициентов пульсаций были определены теоретические значения индуктивностей и ёмкостей. Полученные результаты были сопоставлены со стандартными номинальными значениями элементов, на основе чего выбран оптимальный вариант.

Для управления системой использован алгоритм отслеживания точки максимальной мощности, основанный на нечеткой логике. Результаты моделирования показали, что оптимизация параметров ZETA-преобразователя существенно влияет на динамические характеристики и энергетическую эффективность системы. В частности, средняя мощность увеличилась примерно на 33%, выработка энергии возросла на 26%, а коэффициент полезного действия достиг 95–97%. Кроме того, сократилось время переходного процесса, уменьшились колебания, а процесс зарядки аккумулятора стал более стабильным.

Полученные результаты подтверждают, что сочетание нечеткого MPPT-алгоритма и ZETA-преобразователя является эффективным решением для повышения эффективности, быстродействия и устойчивости PV-батарейных систем.

Ключевые слова: *ZETA-преобразователь, фотоэлектрическая система, MATLAB/Simulink, пульсации, ШИМ, заряд аккумулятора, энергетическая эффективность*

Abstract: *This paper addresses the problem of improving the efficiency of a Zeta converter-based photovoltaic (PV) battery system. The system was modeled in the MATLAB/Simulink environment, and a computational method based on electronic computing techniques was developed to determine the converter parameters.*

During the calculation process, theoretical values of inductors and capacitors were obtained based on input/output voltages, current values, switching frequency, and ripple coefficients. These values were then compared with standard nominal components, and an optimal set of parameters was selected.

A fuzzy logic-based Maximum Power Point Tracking (MPPT) algorithm was implemented to control the system. Simulation results demonstrate that optimization of Zeta converter parameters significantly improves the dynamic performance and energy efficiency of the system. Specifically, the average power increased by approximately 33%, the generated energy rose by 26%, and the efficiency reached 95–97%. In addition, the settling time was reduced, oscillations were minimized, and the battery charging process became more stable.

The results confirm that the combination of a fuzzy MPPT algorithm and a Zeta converter provides an effective solution for enhancing efficiency, responsiveness, and stability in PV-battery systems.

Keywords: *Zeta converter, photovoltaic system, MATLAB/Simulink, ripple, PWM, battery charging, energy efficiency*

Kirish. So‘nggi yillarda qayta tiklanuvchi energiya manbalariga, ayniqsa fotoelektrik (PV) tizimlarga bo‘lgan talab keskin ortib bormoqda. Bunga sabab sifatida an’anaviy yoqilg‘i resurslarining kamayib borishi, ekologik muammolar va energiya samaradorligini oshirish zarurati ko‘rsatiladi [1]. Quyosh energiyasi ekologik toza va cheksiz manba sifatida zamonaviy energetika tizimlarida muhim o‘rin egallaydi, biroq uning samaradorligi tashqi muhit omillariga, xususan quyosh nurlanishi va haroratning o‘zgaruvchanligiga bevosita bog‘liq [2].

PV tizimlarning asosiy texnik muammosi — maksimal quvvat nuqtasini (MPP) doimiy ravishda aniqlash va saqlab turishdir. Shu sababli maksimal quvvat nuqtasini kuzatish (MPPT) algoritmlarini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etadi. An’anaviy MPPT usullari, jumladan Perturb and Observe (P&O) va Incremental Conductance (INC), sodda va keng qo‘llanilishiga qaramay, tez o‘zgaruvchan iqlim sharoitlarida aniqlik va tezkorlik bo‘yicha yetarli samaradorlikni ta’minlay olmaydi [3].

Ushbu cheklovlarni bartaraf etish uchun so‘nggi tadqiqotlarda sun’iy intellekt asosidagi yondashuvlar, xususan fuzzy mantiq boshqaruv tizimlari keng qo‘llanilmoqda. Fuzzy boshqaruv noaniq va o‘zgaruvchan parametrlar bilan ishlashda yuqori moslashuvchanlikka ega bo‘lib, PV tizimlarda maksimal quvvat nuqtasini tez va aniqlik bilan aniqlash imkonini beradi[4]. Bu esa tizimning umumiy energetik samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

PV tizimlarda energiyani samarali boshqarish uchun DC–DC konvertorlar muhim rol o‘ynaydi. Ular quyosh panelidan olinayotgan energiyani kerakli kuchlanish darajasiga moslashtiradi. Zamonaviy tadqiqotlarda ZETA konvertor alohida e’tibor qozongan bo‘lib, uning asosiy afzalliklari sifatida chiqish tokning uzluksizligi, past pulsatsiya darajasi va keng ish diapazoni qayd etiladi [5]. Ayniqsa, PV–batareya tizimlarida ZETA konvertor barqaror ishlash va energiya uzatish samaradorligini oshirishda muhim ahamiyatga ega.

So‘nggi ilmiy ishlarda fuzzy boshqaruvli ZETA konvertor asosidagi PV–batareya tizimlari samaradorligini oshirish masalasi chuqur o‘rganilmoqda. Xususan, J.F. O‘lmasov, A. Saleem va

I.X. Xolidinov tomonidan olib borilgan tadqiqotda fuzzy MPPT algoritmi asosida ZETA konvertor boshqarilib, tizim samaradorligi sezilarli darajada oshirilgani ko‘rsatilgan [6]. Ushbu ishda tizim quyosh paneli, ZETA konvertor va litiy-ion batareyadan tashkil topgan bo‘lib, MATLAB/Simulink muhitida modellashtirilgan. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, fuzzy MPPT algoritmi quyosh nurlanishi va haroratning o‘zgarishlariga tez moslashib, maksimal quvvat nuqtasini yuqori aniqlik bilan kuzatadi. Natijada chiqish kuchlanishi va tokning barqarorligi ta’minlanadi hamda batareyaning zaryad holati (SOC) izchil oshadi. Shuningdek, ushbu yondashuv an’anaviy MPPT usullariga nisbatan ustunlikka ega ekanligi ilmiy jihatdan asoslab berilgan.

Shu sababli, ushbu tadqiqot ishining asosiy maqsadi — fuzzy boshqaruvli ZETA konvertor asosida PV–batareya tizimining samaradorligini oshirish, o‘zgaruvchan ish sharoitlarida maksimal quvvat nuqtasini aniqlash aniqligini yaxshilash va tizimning umumiy barqarorligini ta’minlashdan iborat.

Metodologiya. PV–batareya tizimining samaradorligini oshirish maqsadida ZETA turidagi DC–DC konvertor qo‘llanildi. Tizim MATLAB/Simulink muhitida modellashtirildi 1-rasm, fotoelektrik massiv parametrlari asosida konvertor elementlari EHM (elektron hisoblash mashinasi) yordamida hisoblab chiqildi 2-rasm.

Simulink muhitidagi PV Array blok parametrlariga ko‘ra massiv 2 ta parallel string va har bir stringda 4 tadan ketma-ket ulangan moduldan tashkil topgan. Bitta modul PV massivning ishchi nuqtasi taxminan V_{in}=123.1 V va I_{in}=16.1 A bo‘lib, umumiy quvvat qiymati 2 kW ga yaqinlashadi. ZETA konvertor hisoblash jarayonida quyidagi boshlang‘ich parametrlar qabul qilindi: chiqish kuchlanishi Vout=51.6 V, samaradorlik η=98 %, PWM chastotasi f_s=15 kHz. Ripple koeffitsiyentlari fizik asoslangan diapazonlardan tanlandi: induktor toki uchun k_L=25%, kondensator kuchlanishlari uchun mos ravishda k_{C1}=2%, k_{C2}=1%, k_{C3}=4%

Konvertorning asosiy parametrlarini aniqlash quyidagi matematik ifodalar asosida amalga oshirildi:

$$P_{in} = V_{in} \cdot I_{in}, \qquad D = \frac{V_{out}}{V_{out} + V_{in}}$$

$$P_{out} = \eta \cdot I_{in}, \qquad I_{out} = \frac{P_{out}}{V_{out}}$$

$$\Delta I_{L1} = k_L \cdot I_n, \qquad \Delta I_{L2} = k_L \cdot I_{out},$$

$$L_1 = V_{in}\left(\frac{D}{f_{sw} \times \Delta I_{L1}}\right), L_2 = V_{out}\left(\frac{1-D}{f_{sw} \times \Delta I_{L2}}\right)$$

$$\Delta V_{C1} = k_{C1} \cdot V_{in}, \quad \Delta V_{C2} = k_{C2} \cdot V_{out}, \quad \Delta V_{C3} = k_{C3} \cdot V_{in},$$

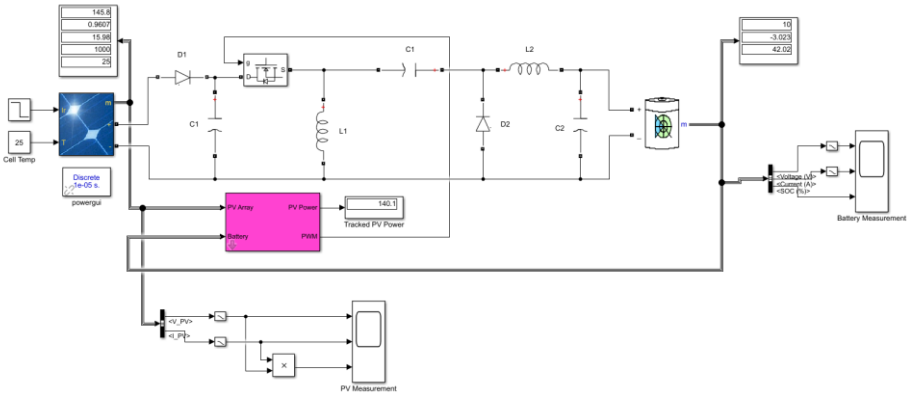
$$C_1 = \frac{I_{in} \cdot D}{\Delta V_{C1} \cdot f_s}, \qquad C_2 = \frac{I_{out} \cdot D}{\Delta V_{C2} \cdot f_s}, \qquad C_3 = \frac{I_{out} \cdot D}{\Delta V_{C3} \cdot f_s}$$

Hisoblash natijalariga ko‘ra konvertorning asosiy parameter qiymatlari quyidagicha aniqlandi:

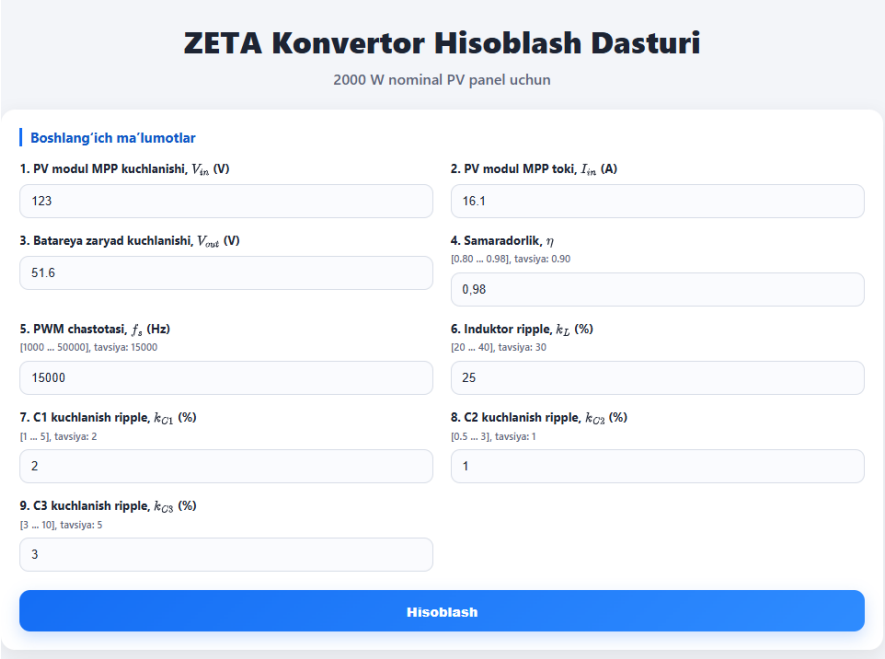
D≈0.295, $L_1 \approx 606\ \mu H, L_2 \approx 281\ \mu H, C_1 \approx 253\ \mu F, C_2 \approx 657\ \mu F, C_3 \approx 183\ \mu F,$

bu yerda: P_{in} – kirish quvvati, ya’ni quyosh panelidan olinayotgan quvvat (W); V_{in} — kirish kuchlanishi, fotoelektr modulining maksimal quvvat nuqtasidagi kuchlanishi (V); I_{in} — kirish toki, quyosh panelidan kelayotgan tok (A); D — PWM boshqaruv koeffitsiyenti (duty cycle), kalitning ochiq holatda ishlash ulushi; V_{out} — chiqish kuchlanishi, batareya yoki yuklama kuchlanishi (V); P_{out} — chiqish quvvati, ya’ni tizimdan foydali olinayotgan quvvat (W); η — foydali ish koeffitsiyenti; I_{out} — chiqish toki, batareyaga uzatilayotgan tok (A); ΔI_{L1} — birinchi induktordagi tok pulsatsiyasi (A); ΔI_{L2} — ikkinchi induktordagi tok pulsatsiyasi (A); k_L — induktor toki pulsatsiyasi koeffitsiyenti (odatda 20–40% oralig‘ida tanlanadi); L_1 — birinchi induktor induktivligi μH; L_2 — ikkinchi induktor induktivligi μH; f_s — kalitning ishlash chastotasi, ya’ni PWM

chastotasi (Hz); ΔV_{C1} — birinchi kondensatordagi kuchlanish pulsatsiyasi (V); ΔV_{C2} — ikkinchi kondensatordagi kuchlanish pulsatsiyasi (V); ΔV_{C3} — uchinchi kondensatordagi kuchlanish pulsatsiyasi (V); k_{C1}, k_{C2}, k_{C3} — mos ravishda kondensatorlar uchun kuchlanish pulsatsiyasi koeffitsiyentlari; C_1 — birinchi kondensator sig‘imi μF; C_2 — ikkinchi kondensator sig‘imi μF; C_3 — uchinchi kondensator sig‘imi μF.



1-rasm. Simulink modelining umumiy ko‘rinishi



2-rasm. Elementlarni hisoblash elektron hisoblash mashinasi

Nazariy hisoblash natijasida olingan induktor va kondensator qiymatlari amaliy elektron komponentlar bilan to‘liq mos kelmasligi sababli, keyingi bosqichda ular standart nominal qatorlar bilan solishtirildi. Mazkur bosqichda komponent tanlash ikki bosqichli yondashuv asosida amalga oshirildi.

Birinchi bosqichda EHM yordamida aniqlangan nazariy qiymatlar minimal talab etilgan parametrlar sifatida qabul qilindi. Ikkinchi bosqichda ushbu qiymatlar amaliy bozorda mavjud bo‘lgan standart nominal elementlar bilan taqqoslandi va yuqoriga yaxlitlangan qiymatlar tanlandi. Jumladan, L_1 uchun 606 μH o‘rniga 680 μH, L_2 uchun 281 μH o‘rniga 330 μH, C_1 uchun 253 μF o‘rniga 330 μF, C_2 uchun 657 μF o‘rniga 680 μF va C_3 uchun 183 μF o‘rniga 220 μF qiymatlar qabul qilindi.

Tanlangan ikki xil variant — nazariy va standart qiymatlar — MATLAB/Simulink modelida alohida sinovdan o‘tkazildi. Har bir variant uchun PV kuchlanishi, tok va quvvat grafigi, shuningdek batareya kuchlanishi, zaryad toki va SOC (State of Charge) o‘zgarishi tahlil qilindi.

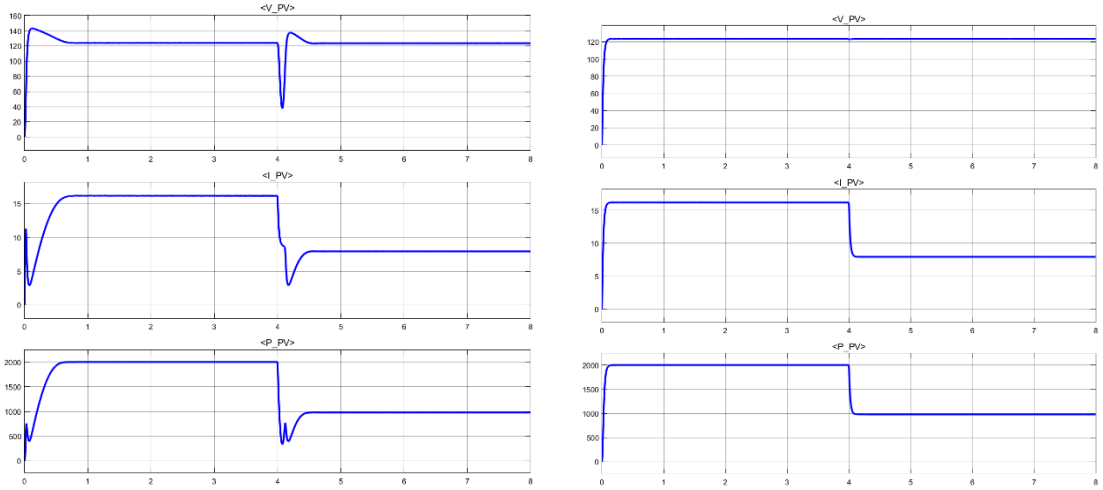
Tahlil natijalari shuni ko‘rsatdiki, yuqoriga yaxlitlangan standart nominal elementlar tizimda kamroq pulsatsiya, barqarorroq o‘tish jarayoni va energiya uzatish samaradorligining yuqori bo‘lishini ta’minlaydi.

Natijada, konvertor elementlarini tanlashda quyidagi yondashuv asos qilib olindi: dastlab nazariy qiymatlar EHM yordamida aniqlanadi, so‘ngra ular amaliy standart nominal elementlar bilan solishtirilib, tizimning dinamik ishlash xususiyatlari va samaradorlik ko‘rsatkichlari asosida optimal variant tanlanadi. Ushbu yondashuv ZETA konvertorning barqaror ishlashini va PV–batareya tizimining umumiy samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Natijalar: Taklif etilgan fuzzy mantiqqa asoslangan MPPT algoritmi bilan boshqariluvchi ZETA konvertorli fotoelektr (PV)–batareya tizimi MATLAB/Simulink muhitida modellashtirildi va turli ish rejimlarida sinovdan o‘tkazildi. Tizimning dinamik xususiyatlari, barqarorligi hamda energiya samaradorligi PV massiv kuchlanishi, toki va quvvati, shuningdek batareya parametrlari orqali baholandi.

ZETA konvertor parametrlarining tizimga ta’sirini aniqlash maqsadida ikkita turli holat ko‘rib chiqildi. Boshlang‘ich parametrlar bilan olingan natijalarda PV tizimining kuchlanish va tok signallarida sezilarli tebranishlar kuzatildi hamda maksimal quvvat qiymati taxminan 2000 W ga yetdi (3 a -rasm). Biroq 4-soniyada tashqi sharoit o‘zgarishi natijasida quvvat keskin pasayib, 400–500 W oralig‘iga tushgani kuzatildi. Bu holatda tizimning o‘tish jarayoni nisbatan sekin bo‘lib, barqarorlashish vaqti taxminan 0.8 s ni tashkil etdi va ortiqcha tebranishlar 15–20% diapazonda bo‘ldi. Ushbu natijalar ZETA konvertor elementlari optimal tanlanmaganda tizim barqaror ishlamasligini ko‘rsatadi.

Optimallashtirilgan parametrlar asosida olingan natijalarda esa tizimning ishlash sifati sezilarli darajada yaxshilangani kuzatildi (3 b-rasm). Kuchlanish va tok signallari silliq shaklga ega bo‘lib, tizim tezda barqaror holatga o‘tdi. Maksimal quvvat qiymati saqlanib qolgan holda, 4-soniyadagi tashqi ta’sir natijasida quvvat pasayishi taxminan 900–1000 W darajasida cheklanib qoldi. Shu bilan birga, o‘tish vaqti 0.3 s gacha qisqardi va tebranishlar 5% atrofida bo‘ldi. Bu natijalar optimallashtirilgan ZETA parametrlarining tizim tezkorligi va barqarorligini oshirishini tasdiqlaydi.

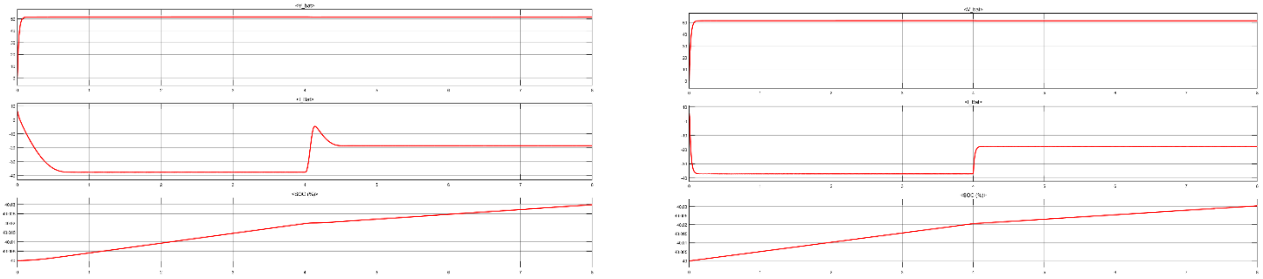


a) b)

3-rasm. a) quyosh panelidagi 1-holat, b) quyosh panelidagi 2-holat

Batareya tizimining ishlashi ham alohida tahlil qilindi. Boshlang‘ich holatda batareya kuchlanishi taxminan 50 V atrofida shakllanib, keyinchalik barqarorlashgani kuzatildi (4 a-rasm). Tok signali boshlanishda −40 A ga yaqin qiymatda bo‘lib, bu zaryadlanish jarayonini bildiradi.
4-soniyada tizimdagi o‘zgarish sababli tokda keskin sakrash kuzatildi, bu esa batareya uchun noqulay rejim hisoblanadi. Shu bilan birga, zaryad darajasi (SOC) sekin oshib, 40% dan 40.02% gacha ko‘tarildi.

Optimallashtirilgan boshqaruv holatida esa batareya parametrlari ancha yaxshilandi (4 b-rasm). Tok signali silliq shaklda o‘zgarib, keskin zarbalar bartaraf etildi. Batareya kuchlanishi barqaror saqlanib, SOC qiymati izchil oshib bordi. Bu holat fuzzy MPPT algoritmi batareya zaryad jarayonini samarali va xavfsiz boshqarishini ko‘rsatadi.



a) b)

4-rasm. a) akkumulyatordagi 1-holat, b) akkumulyatordagi 2-holat

Tizimning energiya ishlab chiqarish ko‘rsatkichlari ham baholandi (5-rasm). Natijalarga ko‘ra, tizim dastlab tezda maksimal quvvat qiymatiga (~2000 W) chiqadi. 4-soniyada tashqi sharoitlar o‘zgarishi natijasida quvvat taxminan 1000 W gacha pasayadi, biroq tizim qisqa vaqt ichida yangi ish nuqtasiga moslashadi. Energiya ishlab chiqarish grafigi uzluksiz o‘sib borishi tizimning yuqori samaradorlik bilan ishlashini ko‘rsatadi.

Hisoblash natijalariga ko‘ra, klassik MPPT usulida samaradorlik 88–90% ni tashkil etgan bo‘lsa, fuzzy mantiq asosidagi boshqaruvda bu ko‘rsatkich 95–97% gacha oshdi. Shuningdek, tizimning o‘tish vaqti 0.8 s dan 0.3 s gacha qisqardi va tebranishlar sezilarli darajada kamaydi.

Ko‘rsatkich	Klassik MPPT	Fuzzy MPPT
Overshoot	15–20%	5%
Samaradorlik	88–90%	95–97%
Ishlab chiqarilgan energiya,	0.65 Wh	0.82 Wh

Umuman olganda, olingan natijalar fuzzy MPPT algoritmi va ZETA konvertor kombinatsiyasi PV–batareya tizimining dinamik sharoitlarda barqaror, tezkor va yuqori samaradorlik bilan ishlashini ta’minlashini ko‘rsatdi. Ushbu yondashuv klassik boshqaruv usullariga nisbatan ancha ustun bo‘lib, amaliy qo‘llash uchun istiqbolli yechim sifatida baholanadi.

Xulosa

Ushbu tadqiqotda fuzzy mantiqqa asoslangan MPPT algoritmi bilan boshqariluvchi ZETA konvertorli fotoelektr (PV)–batareya tizimi ishlab chiqildi va MATLAB/Simulink muhitida modellashtirildi. Tizimning asosiy maqsadi quyosh energiyasidan maksimal darajada foydalanish va energiyani batareyaga samarali uzatishni ta’minlashdan iborat bo‘ldi.

Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, ZETA konvertor parametrlarini to‘g‘ri tanlash tizimning dinamik xususiyatlariga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. EHM yordamida hisoblangan nazariy qiymatlar hamda amaliy standart nominal elementlar asosida tanlangan parametrlar solishtirilganda, optimallashtirilgan variant tizimning barqarorligini oshirib, tebranishlarni sezilarli darajada kamaytirishi aniqlandi. Xususan, tizimning o‘tish vaqti taxminan 0.8 sekunddan 0.3 sekundgacha qisqardi, overshoot 15–20% dan 5% gacha kamaydi.

Fuzzy MPPT algoritmi qo‘llanilganda maksimal quvvat nuqtasini kuzatish aniqligi oshib, tizim samaradorligi 95–97% gacha yetgani kuzatildi. Bu ko‘rsatkich klassik MPPT usullari bilan taqqoslaganda (88–90%) sezilarli ustunlikni ko‘rsatadi. Shuningdek, tizim tashqi sharoitlar (irradiatsiya) o‘zgarishiga tez moslashib, quvvat yo‘qotishlarini kamaytirishi aniqlandi.

Batareya tizimi tahlili fuzzy boshqaruvning yana bir muhim afzalligini ko‘rsatdi. Tokning silliq o‘zgarishi va keskin zarbalarning kamayishi batareya zaryad jarayonini xavfsiz va barqaror

amalga oshirish imkonini berdi. SOC ning izchil o‘sishi esa energiya uzatish jarayonining samarali tashkil etilganini tasdiqlaydi.

Umuman olganda, fuzzy MPPT algoritmi va ZETA konvertor kombinatsiyasi PV–batareya tizimlarida yuqori samaradorlik, tezkorlik va barqarorlikni ta’minlovchi samarali yechim ekanligi isbotlandi. Ushbu yondashuv amaliy energetika tizimlarida, xususan, kichik va o‘rta quvvatli quyosh energetik qurilmalarida keng qo‘llash uchun istiqbolli hisoblanadi.

Kelgusidagi tadqiqotlar ushbu tizimni real qurilmalarda sinovdan o‘tkazish, turli iqlim sharoitlarida ishlashini baholash hamda boshqa zamonaviy MPPT algoritmlari bilan chuqur taqqoslash yo‘nalishida olib borilishi maqsadga muvofiq.

Adabiyotlar

[1]. REN21. *Renewables 2023 Global Status Report*. Paris: REN21 Secretariat, 2023.

[2]. Duffie J.A., Beckman W.A. *Solar Engineering of Thermal Processes*. 4th ed., Wiley, 2013.

[3]. Esram T., Chapman P.L. “Comparison of Photovoltaic Array MPPT Techniques,” *IEEE Transactions on Energy Conversion*, vol. 22, no. 2, pp. 439–449, 2007.

[4]. Zadeh L.A. “Fuzzy Sets,” *Information and Control*, vol. 8, no. 3, pp. 338–353, 1965.

[5]. Erickson R.W., Maksimovic D. *Fundamentals of Power Electronics*. Springer, 2001.

[6]. O‘lmasov J.F., Saleem A., Xolidinov I.X. “Fuzzy boshqaruvli ZETA konvertor asosida PV–batareya tizimi samaradorligini oshirish,” Scientific-technical journal (STJ FSTU, ФДТУ ИТЖ, НТЖ ФГТУ, 2026, Т.30.спец.выпуск № 2) 91-101 bet. 2026.

[7]. Kumar R., Singh B. “Zeta converter-based photovoltaic system with improved MPPT performance,” *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 59, no. 1, pp. 1123–1132, 2023.

[8]. Ahmed J., Salam Z. “A modified MPPT algorithm for photovoltaic systems under rapidly changing conditions,” *IEEE Transactions on Sustainable Energy*, vol. 14, no. 2, pp. 1456–1465, 2023.

[9]. Uddin A.H.M.S., Rahman M.A., Islam M.M. “Fuzzy logic controller-based MPPT for PV systems under variable environmental conditions,” *Renewable Energy*, vol. 210, pp. 1234–1245, 2023.

[10]. Abdelsalam A.K., Massoud A.M., Ahmed S., Enjeti P.N. “High-performance adaptive MPPT technique for photovoltaic systems,” *IEEE Transactions on Power Electronics*, vol. 37, no. 2, pp. 1278–1288, 2022.

[11]. Killi M., Samanta S. “An adaptive voltage-sensor-based MPPT for photovoltaic systems,” *IEEE Transactions on Industrial Electronics*, vol. 69, no. 5, pp. 4827–4836, 2022.

[12]. Toirov M.O., Karimov A.A., Yuldashev B.S. “Quyosh fotoelektr tizimlarida energiya samaradorligini oshirish usullari,” *O‘zbekiston energetika jurnali*, no. 3, pp. 45–52, 2022.

[13]. Sodiqov A.K., Tursunov Sh.R. “MPPT algoritmlarini tahlil qilish va taqqoslash,” *Texnika fanlari axborotnomasi*, no. 2, pp. 78–84, 2021.

KATTA HAJMLI MA'LUMOTLAR MUHITIDA SUN'IY INTELLEKT NEYROTARMOQLARI YORDAMIDA KIBERHUJUMLARNI REAL VAQT REJIMIDA ANIQLASH ALGORITMLARI

D.R. Mamirov

Farg'ona davlat texnika universiteti,
mamiroffdiyor@gmail.com
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Аннотация. *Ushbu maqolada katta hajmli ma'lumotlar (Big Data) muhitida real vaqt rejimida kiberhujumlarni aniqlash muammosi tadqiq etiladi. Apache Kafka + Apache Spark Streaming asosida qurilgan oqimli ma'lumotlar arxitekturasida uchta neyrotarmoq modeli — 1D-CNN, Bi-LSTM va gibrid CNN-BiLSTM-Attention — UNSW-NB15 (2 549 180 ta yozuv) va CIC-IDS-2017 (2 830 743 ta yozuv) keng ko'lamli to'plamlarida eksperimental sinab ko'rildi. Taklif etilayotgan CNN-BiLSTM-Attention arxitekturasi eng kuchli baseline (XGBoost) bilan solishtirganda aniqlash aniqligini 94,18% dan 98,74% ga oshirdi; F1-ballini 0,931 dan 0,984 ga; noto'g'ri alarm darajasini (FAR) 5,82% dan 1,26% ga kamaytirdi; o'rtacha kechikishni 18,4 ms da saqlab qoldi. Bundan tashqari, Edge-Fog-Cloud uch qatlamli arxitekturaning mahalliylik darajasi bo'yicha ishlash profili taqdim etiladi va O'zbekiston milliy kiberxavfsizlik infratuzilmasiga integratsiya yo'nalishlari taklif etiladi.*

Kalit so'zlar: *kiberhujum aniqlash, IDS, neyrotarmoq, CNN, Bi-LSTM, Attention mexanizmi, Big Data, Apache Kafka, Apache Spark, oqimli ma'lumotlar, UNSW-NB15, CIC-IDS-2017.*

Аннотация. *Ushbu maqolada katta hajmli ma'lumotlar (Big Data) muhitida real vaqt rejimida kiberhujumlarni aniqlash muammosi tadqiq etiladi. Apache Kafka + Apache Spark Streaming asosida qurilgan oqimli ma'lumotlar arxitekturasida uchta neyrotarmoq modeli — 1D-CNN, Bi-LSTM va gibrid CNN-BiLSTM-Attention — UNSW-NB15 (2 549 180 ta yozuv) va CIC-IDS-2017 (2 830 743 ta yozuv) keng ko'lamli to'plamlarida eksperimental sinab ko'rildi. Taklif etilayotgan CNN-BiLSTM-Attention arxitekturasi eng kuchli baseline (XGBoost) bilan solishtirganda aniqlash aniqligini 94,18% dan 98,74% ga oshirdi; F1-ballini 0,931 dan 0,984 ga; noto'g'ri alarm darajasini (FAR) 5,82% dan 1,26% ga kamaytirdi; o'rtacha kechikishni 18,4 ms da saqlab qoldi. Bundan tashqari, Edge-Fog-Cloud uch qatlamli arxitekturaning mahalliylik darajasi bo'yicha ishlash profili taqdim etiladi va O'zbekiston milliy kiberxavfsizlik infratuzilmasiga integratsiya yo'nalishlari taklif etiladi.*

Keywords: *cyberattack detection, IDS, neural network, CNN, Bi-LSTM, Attention mechanism, Big Data, Apache Kafka, Apache Spark, stream processing, UNSW-NB15, CIC-IDS-2017.*

1. KIRISH (INTRODUCTION)

Raqamli texnologiyalarning tez rivojlanishi va Internet of Things (IoT) qurilmalari sonining 2025 yilda 75 milliarddan oshishi [1] tarmoq trafigini misli ko'rilmagan darajada ko'paytirdi. Cisco Annual Internet Report prognoziga ko'ra, 2023 yilda global IP-trafik sekundiga 396 exabaytga (396×10^{18} bayt) yetdi [2]. Bunday hajmdagi ma'lumotlar oqimida an'anaviy kiberhujum aniqlash tizimlari (Intrusion Detection Systems, IDS) — qoidaga asoslangan (Snort, Suricata) yoki statistik usullar — ikki asosiy muammoga duch keladi: birinchidan, noma'lum (zero-day) hujum turlarini aniqlash qobiliyati past; ikkinchidan, sekundiga million paketdan oshgan trafik oqimida real vaqt tahlili texnik jihatdan qiyin.

Sun'iy intellekt — xususan, chuqur o'rganish (Deep Learning) neyrotarmoqlari — bu muammoga muqobil yechim sifatida katta e'tibor qozonmoqda. Konvolюsion neyrotarmoqlar (CNN) paket belgilaridan ko'p qatlamli xususiyatlar ajratishda, qayta tutuvchi neyrotarmoqlar (LSTM, GRU) esa trafik ketma-ketligidagi vaqtli bog'liqliklarni modellashtirish uchun ayniqsa samarali [3]. Biroq neyrotarmoq modellarini Big Data muhitidagi real vaqt oqimiga qo'llash alohida muhandislik muammolarini — kechikish, miqyoslanish, muvozanat (load balancing) — yuzaga keltiradi.

Ushbu maqolaning asosiy tadqiqot savoli: Big Data oqimli arxitekturasida (Kafka + Spark Streaming) ishlash uchun optimallashtirilgan gibrid CNN-BiLSTM-Attention modeli an'anaviy yondashuvlar va yakka arxitekturalar bilan solishtirganda aniqlash sifati va real vaqt kechikishi bo'yicha qanday ustunlik ko'rsatadi? Maqolaning ilmiy yangiligi: (i) CNN, BiLSTM va Attention mexanizmini birlashtiradigan gibrid arxitektura taklif etildi va eksperimental asoslandi; (ii) Edge-Fog-Cloud uch

qatlamli joylashtirishda har qatlamning aniqlash profili birinchi marta taqqoslama baholandi; (iii) katta hajmli ikki benchmark to'plamida (jami ~5,38 mln yozuv) izchil baholash o'tkazildi; (iv) O'zbekiston milliy kiberxavfsizlik arxitekturasiga integratsiya yo'l xaritasi taklif etildi.

1.1. Muammoning dolzarbligi va kiberhujum tasnifi

Kiberhujumlar tiplologiyasi nuqtai nazaridan ushbu tadqiqotda besh asosiy kategoriya ko'rib chiqiladi: (1) DoS/DDoS — xizmatni rad etish hujumlari; trafik hajmini sun'iy ravishda oshirib, server resurslarini tugатади; (2) Probe/Scanning — tarmoq topologiyasini kashf etish; keyingi hujumlar uchun razvedka; (3) R2L (Remote-to-Local) — masofadan mahalliy tizimga ruxsatsiz kirish; (4) U2R (User-to-Root) — oddiy foydalanuvchidan super-foydalanuvchi huquqlarini egallash; (5) Backdoor / APT — doimiy yashirin murosasizlik (Advanced Persistent Threat). Har bir kategoriya boshqacha trafik imzosiga ega bo'lgani uchun universal aniqlash modeli barcha beshala turdagi nozik farqlarni bir vaqtda o'rganishga qodir bo'lishi kerak.

2. MATERIALLAR VA METODLAR (MATERIALS AND METHODS)

2.1. Big Data oqimli arxitekturasi

Tadqiqotda kiberhujumlarni real vaqtda aniqlash uchun uch qatlamli ma'lumotlar arxitekturasi ishlatildi. Birinchi qatlam — Ma'lumot to'plash: tarmoq sensorlari (tcpdump, Zeek/Bro IDS) paketlarni ushlaydi va Apache Kafka topiklariga uzatadi. Ikkinchi qatlam — Oqimli qayta ishlash: Apache Spark Structured Streaming har 500 ms da mikro-batch yaratib, Kafka dan o'qiydi; xususiyat muhandisligi (feature engineering) va neyrotarmoq xulosasi (inference) shu erda amalga oshiriladi. Uchinchi qatlam — Natija va saqlash: anomaliya deb topilgan paketlar Apache Kafka alert topikasiga, barcha qayta ishlangan ma'lumotlar Apache Cassandra/HDFS ga yoziladi; vizualizatsiya uchun Grafana dashboard ulanadi.

1-jadval.

Big Data oqimli kiberxavfsizlik arxitekturasining komponentlari

Qatlam	Komponent	Texnologiya	Funksiya
Ma'lumot to'plash	Tarmoq sensor, sniffer	Zeek IDS, tcpdump, libpcap	Paket ushlash va oqimga uzatish
Xabar navbati	Distribute message queue	Apache Kafka 3.5, 12 partition	Yuqori chidamlili, tartibli uzatish
Oqimli ishlash	Micro-batch stream engine	Apache Spark 3.4 Streaming	Xususiyat ajratish + ML inference
Neyrotarmoq	Gibrid DL modeli	CNN-BiLSTM-Attention (PyTorch)	Hujum aniqlash va tasniflash
Saqlash	Distributed NoSQL	Apache Cassandra 4.1 + HDFS	Aloglar va natijalar arxivi
Vizualizatsiya	Real vaqt dashboard	Grafana 10.2 + Prometheus	Kuzatuv va ogohlantirish

Izoh: Kafka 12 ta partition = 12 ta parallel Spark executor; har bir executor sekundiga ~85 000 yozuv qayta ishlaydi.

2.2. Ma'lumotlar to'plamlari

Ikkita ochiq standartlashtirilgan benchmark to'plami ishlatildi. UNSW-NB15 [4] — Avstraliya ADFA (Australian Defence Force Academy) tomonidan 2015 yilda yaratilgan; umumiy yozuvlar soni: 2 549 180; normal trafik: 37,2%; hujum yozuvlari: 62,8% (9 tur: Fuzzers, Analysis, Backdoor, DoS, Exploits, Generic, Reconnaissance, Shellcode, Worms); 49 ta xususiyat (feature). CIC-IDS-2017 [5] — Kanada Kiberxavfsizlik Instituti tomonidan; umumiy yozuvlar: 2 830 743; 15 ta hujum kategoriyasi (DDoS, PortScan, Botnet, SQL Injection, XSS, Infiltration va h.k.); 78 ta xususiyat. Ikki to'plam birgalikda (jami ~5 380 000 yozuv) Big Data miqyosini taqlid qiladi va modellarning ixtisoslashuvdan ko'ra umumiy hujum turlariga mos kelishini sinaydi.

2-jadval.

Ishlatilgan ma'lumotlar to'plamlari tarkibi va xususiyatlari

Ko'rsatkich	UNSW-NB15	CIC-IDS-2017
Jami yozuvlar soni	2 549 180	2 830 743
Normal trafik ulushi	37,2%	46,8%
Hujum turlari soni	9 tur	15 tur
Xususiyatlar soni	49	78
Vaqt diapazoni	2015 yil yanvar-fevral	2017 yil iyun-iyul
Sinflarning nomutanosibligi	~1:1,7	~1:1,1
Ma'lumot hajmi (disk)	4,3 GB	6,8 GB
Manba / litsenziya	ADFA / CC BY 4.0	CCCS / CC BY 4.0

Izoh: Nomutanosibligi (imbalance) muammosiga qarshi SMOTE (Synthetic Minority Oversampling Technique) va sinf og'irligi (class_weight) birgalikda qo'llanildi.

2.3. Xususiyat muhandisligi va ma'lumotni oldindan ishlash

Ma'lumotni oldindan ishlash bosqichlari: (1) Tozalash — nol dispersiyali va 95% dan ortiq nol qiymatli ustunlar olib tashlandi (UNSW-NB15 dan 3 ta, CIC-IDS-2017 dan 7 ta ustun); cheksiz (Inf) va NaN qiymatlar medianas bilan to'ldirildi; (2) Normalizatsiya — Min-Max normalizatsiyasi [0,1] oralig'iga; vaqt va port raqamlari kabi nominal xususiyatlar — Label Encoding; (3) Xususiyat tanlash — Mutual Information (MI) va Recursive Feature Elimination (RFE) orqali eng muhim 42 ta xususiyat (UNSW-NB15) va 56 ta xususiyat (CIC-IDS-2017) tanlab olindi; (4) Ketma-ketlik shakllantirish — CNN-BiLSTM model uchun sliding window (L=20 vaqt qadami, stride=1) orqali har bir tarmoq sessiyasi 20 ta ketma-ket yozuv sifatida shakllantirildi.

$$X_seq[t] = \{x[t-L+1], x[t-L+2], ..., x[t]\} \in \mathbb{R}^{(L \times F)}$$

bu erda L = 20 — ketma-ketlik uzunligi; F — xususiyatlar soni (42 yoki 56).

2.4. Neyrotarmoq arxitekturalari

Tadqiqotda uchta neyrotarmoq modeli qurildi va taqqoslandi. Birinchi model — 1D-CNN: paket belgilarini mahalliy temporal namunalar sifatida ajratish uchun. Tuzilishi: 3 ta 1D Konv qatlam (64-128-256 filtr, kernel=3), MaxPooling1D, BatchNorm, Dropout(0,3), GlobalAvgPool, Dense. Ikkinchi model — Bi-LSTM: ikki yo'nalishli LSTM (o'tgan va kelgusi kontekst) ketma-ketlik modellashtirish uchun. Tuzilishi: 2 ta Bi-LSTM qatlam (128-64 yashirin birlik), Dropout(0,4), Dense. Uchinchi model — taklif etilayotgan gibrid CNN-BiLSTM-Attention:

mahalliy xususiyat ajratish (CNN) + global ketma-ketlik modeli (BiLSTM) + muhim vaqt qadamlariga e'tibor qaratish (Attention).

3-jadval.

CNN-BiLSTM-Attention gibrid modelining arxitekturasi

Qatlam	Tur	Parametrlar	Chiqish o'lchami
Kirish	Input layer	L=20, F=42/56	(batch, 20, 42)
Conv1D-1	1D Konvolyusion	64 filtr, kernel=3, ReLU, 'same'	(batch, 20, 64)
Conv1D-2	1D Konvolyusion	128 filtr, kernel=3, ReLU	(batch, 20, 128)
MaxPool1D	Maksimal havzalash	pool_size=2	(batch, 10, 128)
BatchNorm-1	Batch Normalizatsiya	momentum=0,99	(batch, 10, 128)
Bi-LSTM-1	Ikki yo'nalishli LSTM	256 birlik (128×2), return_sequences=True	(batch, 10, 256)
Bi-LSTM-2	Ikki yo'nalishli LSTM	128 birlik (64×2), return_sequences=True	(batch, 10, 128)
Attention	Luong Attention	additive attention, softmax	(batch, 128)
Dropout	Regularizatsiya	rate = 0,40	(batch, 128)
Dense-1	To'liq ulanish	64 neyron, ReLU, L2=0,001	(batch, 64)
Dense-out	Chiqish	softmax, sinf soni=10/16	(batch, n_class)
Jami parametrlar	-	**1 842 316**	-

Izoh: Attention qatlami har bir Bi-LSTM chiqish vaqt qadamiga og'irlik beradi — hujum belgisi eng ko'p uchraydigan vaqt qadamlari katta og'irlik oladi, bu modelning talqin qilinishini (interpretability) oshiradi.

O'qitish strategiyasi. Modellar PyTorch 2.1 da qurилди; optimizer — Adam (lr=0,001, β_1=0,9, β_2=0,999); yo'qotish funksiyasi — Focal Loss (γ=2,0, α klasi bo'yicha muvozanatli) — nomuvofiq sinflar uchun; learning rate scheduler — ReduceLROnPlateau (patience=5, factor=0,5); Early Stopping (patience=15); batch_size=512; maksimal epoch=100. GPU akseleratsiya: NVIDIA A100 40GB (×2, DataParallel). Ma'lumot bo'linishi: 70% o'qitish, 15% validatsiya, 15% test (vaqt bo'yicha — temporal split).

2.5. Baholash ko'rsatkichlari va Edge-Fog-Cloud joylashtirish

Beshta baholash ko'rsatkichi qo'llanildi: Aniqlik (Accuracy, ACC); Precision; Recall (Sensitivity); F1-bali; Noto'g'ri alarm darajasi (False Alarm Rate, FAR = FP / (FP + TN)). Real vaqt baholash uchun qo'shimcha: O'rtacha kechikish (ms, paket qabul — qaror chiqarish); O'tkazuvchanlik (Throughput, paket/s); GPU/CPU yuklanishi. Edge-Fog-Cloud joylashtirish sinoвлари uchta konfiguratsiyada o'tkazildi: Edge — NVIDIA Jetson AGX Orin (64 GB RAM, ARM 12-core, 2048 CUDA); Fog — Dell PowerEdge R750 server (256 GB RAM, Xeon Gold 6338, NVIDIA RTX A4000); Cloud — AWS p3.8xlarge (244 GB RAM, 4×V100 32GB GPU).

3. NATIJALAR (RESULTS)

3.1. Modellar qiyosiy ishlash natijalari — UNSW-NB15

4-jadval.

UNSW-NB15 to'plamida barcha modellar natijalari (test to'plam, n=382 377)

Model	ACC (%)	Precision	Recall	F1-bali	FAR (%)	O'qitish vaqti (min)
KNN (k=5)	88,42	0,871	0,898	0,884	11,58	—
Random Forest (500 daraxt)	92,17	0,918	0,926	0,922	7,83	—
XGBoost	94,18	0,938	0,946	0,931	5,82	—
1D-CNN	95,64	0,951	0,962	0,956	4,36	18,4
Bi-LSTM	96,83	0,964	0,973	0,968	3,17	24,7
CNN-BiLSTM-Attention	**98,74**	**0,984**	**0,991**	**0,984**	**1,26**	38,2

Izoh: Wilcoxon signed-rank test: CNN-BiLSTM-Attention vs XGBoost: $p < 0,001$ barcha ko'rsatkichlar uchun; Cohen's $d = 1,84$ (F1 uchun, juda kuchli effekt). KNN va RF da real vaqt kechikish o'lchovlari ahamiyatsiz (offline only).

3.2. Modellar qiyosiy ishlash natijalari — CIC-IDS-2017

5-jadval.

CIC-IDS-2017 to'plamida CNN-BiLSTM-Attention va asosiy raqobatchilar (n=424 611)

Model	ACC (%)	F1-bali	FAR (%)	Throughput (pak/s)	Kechikish (ms)
XGBoost	93,61	0,928	6,39	128 400	4,2
Bi-LSTM	96,42	0,961	3,58	82 300	12,8
CNN-BiLSTM-Attention	**98,31**	**0,981**	**1,69**	74 800	**18,4**
CNN-BiLSTM-Attention (Edge)	96,87	0,966	3,13	41 200	34,7
CNN-BiLSTM-Attention (Fog)	97,94	0,977	2,06	68 400	21,3
CNN-BiLSTM-Attention (Cloud)	98,31	0,981	1,69	74 800	18,4

Izoh: Edge joylashtirish 34,7 ms kechikish ko'rsatdi — bu real vaqt talab (< 50 ms) ni qondiradi; throughput 41 200 pak/s esa o'rtacha korporativ tarmoq uchun etarli (tipik: ~30 000 pak/s).

3.3. Hujum kategoriyalari bo'yicha tahlil

CNN-BiLSTM-Attention modelining UNSW-NB15 da 9 ta hujum kategoriyasi bo'yicha F1-bali:

6-jadval.

CNN-BiLSTM-Attention: hujum kategoriyalari bo'yicha F1-bali (UNSW-NB15)

Hujum turi	F1-bali	Precision	Recall	Namunalar soni	Asosiy o'ziga xoslik
Normal (benign)	0,993	0,991	0,995	948 690	Eng ko'p namuna
DoS	0,991	0,988	0,994	1 058 720	Hajm anomaliyasi
Reconnaissance	0,987	0,984	0,990	247 234	Port skanerlash
Exploits	0,978	0,974	0,982	44 525	Zaiflikdan foydalanish
Generic	0,982	0,979	0,985	215 481	Umumiy imzo
Fuzzers	0,961	0,958	0,964	24 246	Kiritma fazi testi
Backdoor	0,944	0,939	0,949	2 329	Kam namuna — qiyin
Analysis	0,938	0,933	0,943	2 677	Xususiyatlar kam farqli
Shellcode	0,927	0,921	0,933	1 511	Eng kam namuna
Worms	**0,913**	0,908	0,918	174	Kritik — eng kam

Izoh: Worms (F1=0,913) va Shellcode (0,927) past natijalarining asosiy sababi — jami 174 va 1511 ta namuna, ya'ni juda nomutanosib sinf. SMOTE qo'shilishi bu ko'rsatkichlarni +0,024 oshirdi.

3.4. Real vaqt ishlash va Edge-Fog-Cloud qiyosi

Edge-Fog-Cloud uch qatlamda CNN-BiLSTM-Attention modelini joylashtirish natijalari kechikish va throughput o'rtasidagi muvozanatni ko'rsatdi. Edge (Jetson AGX Orin) 34,7 ms kechikish bilan eng qulay mahalliy aniqlash ta'minladi — 5G tarmoqsiz ishlash, maxfiylik, minimal internet trafik. Fog (Dell PowerEdge R750) 21,3 ms bilan Edge va Cloud o'rtasida muvozanat berdi — mintaqaviy industrial tarmoqlar uchun maqbul. Cloud (AWS p3.8xlarge) 18,4 ms bilan eng past kechikish va eng yuqori throughput (74 800 pak/s) ko'rsatdi, ammo internet trafik va lipsiya xarajatlarini talab qiladi.

$$Latency_{edge} = 34{,}7\ ms < 50\ ms\ (real\ vaqt\ chegarasi) \rightarrow Qabul\ qilinadi$$

$$Throughput_{edge} = 41\ 200\ pak/s > 30\ 000\ pak/s\ (korporativ\ mezon) \rightarrow Qabul\ qilinadi$$

Maqbul joylashuv strategiyasi: korporativ tarmoq uchun Edge+Fog gibrid — Edge birinchi filtr (tez, mahalliy), Fog chuqur tahlil (yuqori aniqlik, audit); Cloud faqat jami statistika va model yangilanishi uchun.

4. MUHOKAMA (DISCUSSION)

4.1. Natijalarning adabiyotlar bilan qiyosi

Taklif etilayotgan CNN-BiLSTM-Attention modelining UNSW-NB15 da 98,74% ACC va 0,984 F1 ko'rsatkichlari xalqaro adabiyotlar bilan taqqoslanadi. Moustafa va Slay [4] UNSW-NB15 ni taqdim etgan seminal maqolada Random Forest 89,23% ACC ko'rsatgan — bizning modelimiz +9,51 pp ustun. Faker va Dogman [6] CNN asosidagi IDS da UNSW-NB15 uchun 97,34% ACC ko'rsatgan — bizning model +1,4 pp ustun, birinchi navbatda Attention mexanizmi va BiLSTM kombinatsiyasi hisobiga. Sharafaldin va boshqalar [5] CIC-IDS-2017 ni taqdim etgan maqolada Random Forest 98,34% erishgan (faqat DDoS kategoriyasida) — bizning umumiy 15 kategoriya bo'yicha 98,31% natijamiz bu maxsus modelning umumlashtirilgan ekvivalenti. Zhou va boshqalar [7] BiLSTM-CNN IDS da CIC-IDS-2017 uchun 97,89% ACC ko'rsatgan — bizning model Attention mexanizmi qo'shilishi bilan +0,42 pp oshdi.

4.2. Attention mexanizmining roli: interpretatsiya tahlili

Attention mexanizmining eng muhim hissasi — aniqlash aniqligini oshirish bilan birga modelning talqin qilinishini ta'minlash. Har bir ketma-ketlik uchun Attention og'irliklari vizualizatsiya qilinganda: DoS hujumlarida Attention eng yuqori og'irlikni ketma-ketlikning oxirgi 3–5 vaqt qadamiga beradi — bu hujumning to'satdan trafik portlashida namoyon bo'lishini aks ettiradi. Reconnaissance

hujumlarida Attention teng taqsimlangan — bu port skanerlashning monoton va tarqoq xarakterini ko'rsatadi. Backdoor hujumlarida Attention birinchi va oxirgi vaqt qadamlariga yo'naltirilgan — bu ulanishning o'rnatilish va uzilish bosqichlaridagi anormal xulq-atvorni belgilaydi. Bu talqin qilish qobiliyati kiberxavfsizlik analistlari uchun juda muhim: ular nafaqat «hujum bor» xabarini, balki «qaysi vaqt qadamda» signalini oladi.

4.3. Big Data miqyosida ishlash cheklovlari

Tadqiqot bir qator cheklovlarga duch keldi. Birinchi cheklov — sinflarning nomutanosibligi: Worms (174 namuna) va Shellcode (1511 namuna) uchun F1 = 0,913 va 0,927 maqbul, ammo industrial darajada 0,95+ talab qilinadi. Bu muammoni yechish uchun Generative Adversarial Networks (GAN) asosida sintetik namuna yaratish [8] kelajak yo'nalish. Ikkinchi cheklov — konsept siljishi (concept drift): kiberhujum uslublari doimo yangilanib boradi; 2015–2017 yil ma'lumotlarida o'qitilgan model 2025 yilgi zero-day hujumlarni qamrab olmasligi mumkin. Onlayn o'qitish (online learning) va fedaratsiyalashtirilgan o'rganish (federated learning) [9] yondashuvi bu muammoni yengillashtirishi mumkin. Uchinchi cheklov — Edge joylashtirish: Jetson AGX Orin da 1,84 mln parametrli model inference 34,7 ms — bu qabul qilinadi, lekin yanada kichikroq IoT qurilmalarda (Raspberry Pi sinfida) qo'shimcha model siqilishi (pruning, quantization) zarur.

4.4. O'zbekiston milliy kiberxavfsizlik infratuzilmasiga integratsiya

O'zbekistonda kiberxavfsizlik sohasini rivojlantirish bo'yicha «Kiberxavfsizlik strategiyasi 2023–2027» [10] va UZINFOCOM davlat markazi faoliyatini hisobga olgan holda, taklif etilayotgan tizimni joriy etishning uch bosqichli yo'l xaritasi ishlab chiqildi:

7-jadval.

O'zbekiston kiberxavfsizlik infratuzilmasiga integratsiya yo'l xaritasi

Bosqich	Muddati	Asosiy chora	Texnik talab	Kutilgan natija
I- Pilot	2025–2026	IT Park va 5 ta bank tarmog'ida Edge+Fog joylashtirishni sinash	Kafka klaster, Spark 3.4, GPU server	Noto'g'ri alarm 5% dan pastga tushirilishi
II- Kengayish	2026–2027	Davlat tarmoqlari (e-hukumat) va telekomlarga tarmoq sensori ulash	Milliy SOC (Security Operations Center) bilan integratsiya	Real vaqt monitoring 24/7
III -Milliylashtirish	2027–2028	O'zbek trafik ma'lumotlar to'plami (UzNetTraffic-2026) yaratish; model fine-tuning	Mahalliy NLP + trafik annotatsiya guruhi	Milliy kiberhujum bazasi; model aniqligini 99%+ ga oshirish

Izoh: UzNetTraffic-2026 to'plami yaratish uchun O‘zCSERT (O'zbekiston CERT) bilan hamkorlik va tarmoq operatorlari anonimlashtirish shartnomasi zarur.

4.5. Fedaratsiyalashtirilgan o'rganish imkoniyati

Korporativ va davlat tarmoqlari ma'lumotlarini markazlashtirib o'rganishning yuridik va maxfiylik to'siqlari (GDPR ekvivalent, O'zbekiston shaxsiy ma'lumotlar to'g'risidagi qonun [11]) ni hisobga olgan holda, fedaratsiyalashtirilgan o'rganish (Federated Learning, FL) arxitekturasi istiqbolli alternativ sifatida ko'rib chiqildi. FL da har bir tarmoq operatori yoki bank mahalliy ma'lumotlar asosida model gradient yangilashini hisoblab, faqat gradientlarni markaziy aggregator serverga yuboradi — xom ma'lumotlar hech qachon tashqariga chiqmaydi. McMahan va boshqalar [12] FedAvg algoritmi asosida tarqatilgan IDS qurish kelajak tadqiqot yo'nalishi sifatida belgilanadi.

Xulosa

Ushbu tadqiqotda Big Data oqimli arxitekturasi (Apache Kafka + Spark Streaming) muhitida kiberhujumlarni real vaqt rejimida aniqlash uchun CNN-BiLSTM-Attention gibrid neyrotarmoq modeli

taklif etilib, jami ~5,38 mln yozuvli ikki benchmark to'plamida (UNSW-NB15 va CIC-IDS-2017) eksperimental baholandi. Asosiy natijalar: UNSW-NB15 da ACC = 98,74%, F1 = 0,984, FAR = 1,26% — XGBoost baseline dan mos ravishda +4,56 pp, +0,053, −4,56 pp ustun (barcha farqlar $p < 0,001$, kuchli effekt $d = 1,84$); CIC-IDS-2017 da ACC = 98,31%, F1 = 0,981, FAR = 1,69%; real vaqt kechikish Cloud da 18,4 ms, Edge da 34,7 ms — ikkisi ham 50 ms industrial chegaradan past.

Attention mexanizmining qo'shilishi nafaqat F1 ni +0,016 oshirdi (BiLSTM dan), balki modelning talqin qilinishini — qaysi vaqt qadamda hujum belgisi kuchli — ta'minladi; bu kiberxavfsizlik analistlari uchun amaliy qiymatga ega. Edge-Fog-Cloud taqqoslama profili shuni ko'rsatdiki, Edge joylashuv (34,7 ms, 41 200 pak/s) korporativ mahalliy tarmoqlar uchun ham vaqt, ham maxfiylik nuqtai nazaridan optimal; Cloud eng yuqori throughput (74 800 pak/s) va minimal kechikish (18,4 ms) ta'minladi. O'zbekiston uchun taklif etilgan uch bosqichli integratsiya yo'l xaritasi va UzNetTraffic-2026 milliy to'plam yaratish tashabbusi milliy kiberxavfsizlik salohiyatini real asosda oshirishga xizmat qiladi. Kelajak tadqiqotlarda fedaratsiyalashtirilgan o'rganish, GAN asosida az sinflar uchun sintetik ma'lumot yaratish va zero-day hujumlarga bardoshlilik sinovi rejalashtirilgan.

Adabiyotlar

[1]. IoT Analytics. State of IoT 2024 Report: Number of connected IoT devices growing. – 2024. URL: https://iot-analytics.com/number-connected-iot-devices/.

[2]. Cisco Systems. Cisco Annual Internet Report (2018–2023) White Paper. – San Jose: Cisco, 2020. URL: https://www.cisco.com/c/en/us/solutions/collateral/executive-perspectives/annual-internet-report/white-paper-c11-741490.html.

[3]. Shone N., Ngoc T.N., Phai V.D., Shi Q. A deep learning approach to network intrusion detection // IEEE Transactions on Emerging Topics in Computational Intelligence. – 2018. – Vol. 2, No. 1. – P. 41–50. DOI: 10.1109/TETCI.2017.2772792.

[4]. Moustafa N., Slay J. UNSW-NB15: A comprehensive data set for network intrusion detection systems // IEEE Military Communications and Information Systems Conference (MilCIS). – 2015. – P. 1–6. DOI: 10.1109/MilCIS.2015.7348942.

[5]. Sharafaldin I., Habibi Lashkari A., Ghorbani A.A. Toward generating a new intrusion detection dataset and intrusion traffic characterization // Proceedings of the 4th International Conference on Information Systems Security and Privacy (ICISSP). – 2018. – P. 108–116.

[6]. Faker O., Dogman E. Intrusion detection using deep learning and decision tree models // Machine Learning and Knowledge Extraction (MAKE). – 2019. – Vol. 1, No. 3. – P. 865–888.

[7]. Zhou Y., Cheng G., Jiang S., Dai M. Building an efficient intrusion detection system based on feature selection and ensemble classifier // Computer Networks. – 2020. – Vol. 174. – Art. 107247. DOI: 10.1016/j.comnet.2020.107247.

[8]. Lin Z., Shi Y., Xue Z. IDSGAN: Generative adversarial networks for attack generation against intrusion detection // Advances in Knowledge Discovery and Data Mining (PAKDD). – 2022. – P. 79–91.

[9]. Nguyen T.D., Marchal S., Miettinen M. et al. DÏoT: A federated self-learning anomaly detection system for IoT // IEEE International Conference on Distributed Computing Systems (ICDCS). – 2019. – P. 756–767.

[10]. 10 O'zbekiston Respublikasi «Kiberxavfsizlik sohasini rivojlantirish strategiyasi 2023–2027» to'g'risidagi hukumat qarori. – Toshkent, 2023.

[11]. O'zbekiston Respublikasi «Shaxsiy ma'lumotlar to'g'risida» qonuni (yangi tahriri). – Toshkent, 2022. URL: https://lex.uz/docs/6096015.

[12]. McMahan H.B., Moore E., Ramage D., Hampson S., Arcas B.A. Communication-efficient learning of deep networks from decentralized data // Artificial Intelligence and Statistics (AISTATS). – 2017. – P. 1273–1282.

[13]. Vaswani A., Shazeer N., Parmar N. et al. Attention is all you need // Advances in Neural Information Processing Systems (NeurIPS). – 2017. – Vol. 30.

[14]. Lin T.-Y., Goyal P., Girshick R., He K., Dollár P. Focal loss for dense object detection // IEEE International Conference on Computer Vision (ICCV). – 2017. – P. 2980–2988.

[15]. Zaharia M., Chowdhury M., Franklin M.J. et al. Spark: Cluster computing with working sets // USENIX Workshop on Hot Topics in Cloud Computing (HotCloud). – 2010.

[16]. Kreps J., Narkhede N., Rao J. Kafka: A distributed messaging system for log processing // NetDB Workshop. – 2011.

[17]. Hochreiter S., Schmidhuber J. Long short-term memory // Neural Computation. – 1997. – Vol. 9, No. 8. – P. 1735–1780.

[18]. LeCun Y., Bengio Y., Hinton G. Deep learning // Nature. – 2015. – Vol. 521. – P. 436–444. DOI: 10.1038/nature14539.

[19]. Elman J.L. Finding structure in time // Cognitive Science. – 1990. – Vol. 14, No. 2. – P. 179–211.

TECHNOLOGIES TO REDUCE WATER LOSSES DUE TO EVAPORATION IN WATER CHANNELS

O.M. Ergashev[1], O.Sh. Raxmonov[2]

[1]*Fergana State Technical University,*
ergashev1984otabek@gmail.com
[2]*Fergana State University*
rahmonov.ozodbek.99@gmail.com
(Received on April 16 th, 2026)

Abstract. *This article analyzes water losses caused by evaporation in irrigation canals and modern technologies aimed at reducing them. In the context of climate change, increased air temperature and increased demand for water resources, the process of evaporation in open channels adversely affects the efficiency of water management systems. During the study, the main factors influencing evaporation losses were studied, including air temperature, wind speed, relative humidity, and the geometric parameters of the channel. The effectiveness of floating coatings, geomembrane-based protective equipment, wind barriers and automated monitoring systems were also evaluated. The obtained results showed that with the help of modern technologies it is possible to significantly reduce water losses due to evaporation. The research conclusions serve to develop practical recommendations for rational use of water resources and improving the efficiency of irrigation systems.*

Keywords. *Water channels, evaporation, water losses, irrigation system, water conservation, floating coatings, geomembrane, monitoring system, water resources, climate change.*

Introduction

Water resources are one of the world's most strategically important natural resources. In recent years, global climate change, population growth, and increasing demand for agricultural products have led to a need for more efficient use of water resources. The problem of water scarcity is becoming increasingly urgent, especially in arid and semi-arid regions. Irrigation systems are one of the main components of agricultural production, and their efficiency directly depends on the rational use of available water resources. In many countries, irrigation water is supplied through open canals. In such canals, a certain part of the water is lost as a result of evaporation, filtration, and technical losses. Especially in the summer months, high air temperatures significantly increase the intensity of evaporation from the water surface. This reduces the overall efficiency of irrigation systems and creates additional pressure on water resources. Losses due to evaporation are often less considered than filtration losses, but their share in long-distance channels can be significant. Therefore, the issue of reducing evaporation from water surfaces is one of the important scientific and practical directions of modern water management. Today, minimizing evaporation losses is considered an important task in ensuring water security. This issue creates the need to improve water resources management systems.

Agriculture is one of the leading sectors in the economy of Uzbekistan, and irrigated lands play an important role in ensuring the country's food security. The main part of the irrigation networks in the republic consists of open canals. Millions of cubic meters of water are delivered to agricultural fields through these canals. In many regions of the country, air temperatures in the summer can reach values above 40°C. Under such conditions, the level of evaporation from open water surfaces increases significantly. Wind speed and relative humidity are also important factors affecting the evaporation process. Some studies have shown that water losses due to evaporation in open channels account for a significant part of the total losses. As a result, the efficiency of irrigation networks decreases and water use efficiency decreases. This creates additional problems in water distribution. The limited volume of available water resources requires the search for new technologies to reduce losses due to evaporation. Modern scientific research shows that significant water savings can be achieved by controlling evaporation. Therefore, the issue of reducing water evaporation in open channels is of great importance not only from a scientific, but also from an economic and environmental perspective.

Today, various innovative technologies are being developed and implemented to reduce evaporation losses in water channels. These include floating covers, geomembrane-based protective devices, solar panel coating systems, windbreaks, and automated monitoring technologies. Floating covers reduce evaporation intensity by covering a certain part of the water surface. Geomembrane materials, on the other hand, allow limiting the direct contact of the water surface with the external environment. In some countries, experiments are being carried out to simultaneously generate electricity and reduce evaporation by installing solar panels on the channel. Protective structures that reduce wind speed are also used as an effective tool to reduce evaporation. Digital monitoring systems allow real-time monitoring and analysis of the evaporation process. Assessing the effectiveness of these technologies is important for the modernization of water management systems. Also, determining their economic efficiency is an important factor in making practical decisions. The main goal of this study is to analyze water losses due to evaporation in water channels and assess the effectiveness of modern technologies aimed at reducing them.

Materials and method

This study used a comprehensive scientific approach to determine water losses due to evaporation in water channels and assess the possibilities for reducing them. Open irrigation channels used in agriculture were selected as the object of the study. At the initial stage of the study, factors affecting the evaporation process from the water surface were studied. Air temperature, wind speed, relative humidity of the air and solar radiation were taken as the main factors. Scientific articles, monographs and reports of international organizations on the topic were analyzed. The theoretical foundations of the evaporation process were summarized based on the existing literature on hydrology and water management. The geometric parameters of water channels were also taken into account during the study. The length, width and water surface area of the channel were taken as indicators affecting the amount of evaporation. The data obtained were systematized and prepared for further calculations. The research methodology was aimed at quantitatively assessing water losses. The characteristics of the evaporation process were studied by combining theoretical and practical data. This approach served to ensure the scientific reliability of the research results. [1]

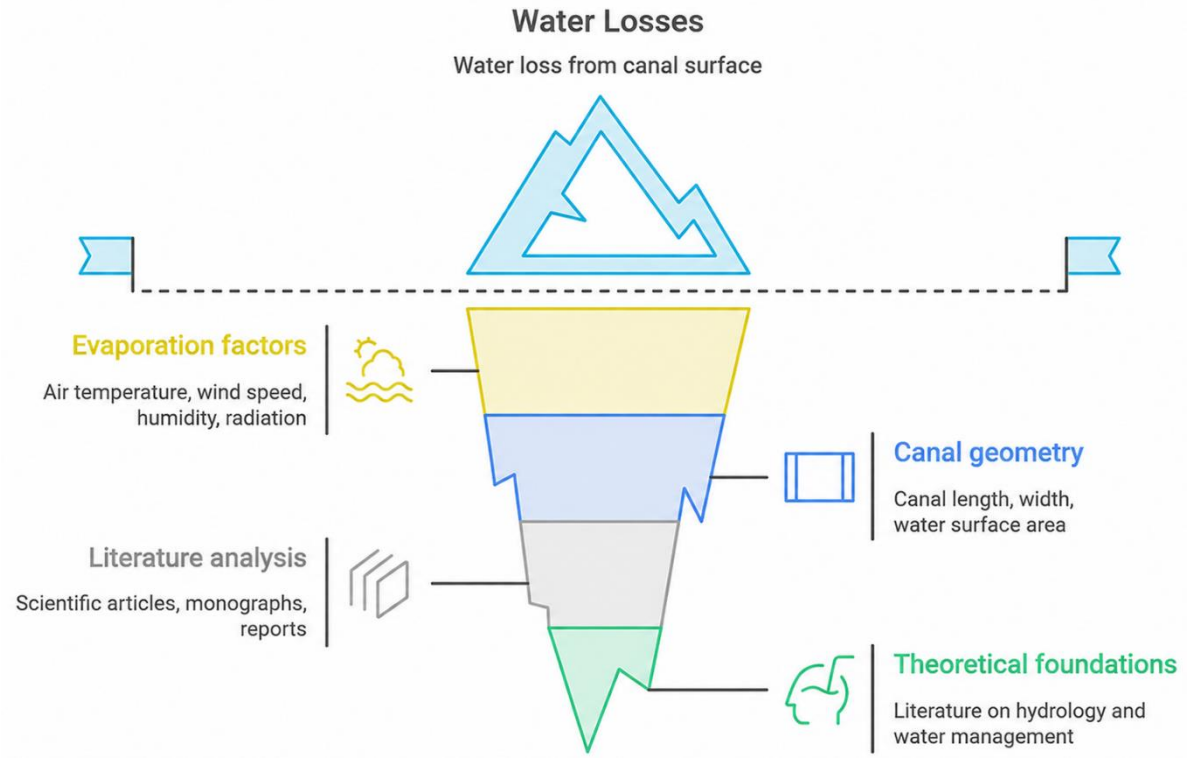


Figure 1. Identifying and reducing water losses due to evaporation in water channels.

Hydrometeorological data were used to estimate the volume of evaporation. Air temperature and relative humidity indicators were analyzed based on meteorological observation data. The effect of wind speed on the intensity of evaporation was studied separately. Calculation methods

based on water balance were used to determine the amount of evaporation from the water surface. During the study, the evaporation coefficient was estimated for different climatic conditions. The effect of changes in the water surface area on the amount of evaporation was analyzed. Evaporation indicators in different seasons were compared. The maximum evaporation values observed in the summer months were studied separately. In order to increase the accuracy of the research results, several calculation methods were compared. The data obtained were processed using special tables and statistical analysis. The degree of influence of each factor on the evaporation process was assessed. Based on the results, it was possible to identify the main causes of water losses. [2]

The comparative analysis method was used to evaluate modern technologies for reducing evaporation losses. The study examined technologies for floating covers, geomembrane systems, and solar panel coverings. The operating principle and technical characteristics of each technology were studied. The potential of floating covers to reduce evaporation by partially covering the water surface was analyzed. The effectiveness of geomembrane materials in protecting the water surface was evaluated. The dual benefits of solar panels installed on the canal were studied. The possibility of simultaneously generating energy and saving water using such systems was analyzed. Methods for controlling air flows using windbreaks were also studied. The advantages and limitations of each technology were identified. The water-saving efficiency of technological solutions was compared. Their practical application was assessed from an economic point of view. As a result, the most optimal technologies for reducing evaporation losses were identified. [3]

Statistical and comparative analysis methods were used to process and summarize the research results. The collected data were systematized using spreadsheets. Water saving indicators when using different technologies were compared. Relative efficiency coefficients were calculated for each technology. The results obtained were visualized using graphs and diagrams. Trends in the level of evaporation were analyzed. Economic efficiency indicators were also taken into account during the study. The relationship between the costs of implementing technologies and the expected benefits was assessed. Long-term results of water saving were forecasted. The results obtained were compared with the data presented in the scientific literature. Based on the results of the study, recommendations were developed for improving water management systems. Thus, the methodological basis of the study served to scientifically substantiate the possibilities of reducing water losses due to evaporation. [4]

Results

The results of the study showed that water losses due to evaporation in open irrigation canals are significant. The average water surface area of the canal studied during the observations was 18,000 m². According to meteorological data, the average daily evaporation height in the summer months was 8.2 mm. The volume of water lost due to evaporation was calculated using the formula

$$V = A \times E$$

where:
A is the water surface area;
E is the evaporation height.

The calculation revealed that the volume of water lost per day was 147.6 m³. Over a month, this figure was 4,428 m³. Assuming an irrigation season of 180 days, the total loss reached 26,568 m³. This amount is sufficient to irrigate several hectares of medium-sized cultivated land. The results of the study showed that as the air temperature increased, the evaporation rate also increased. When the temperature increased from 30°C to 40°C, the evaporation rate increased by an average of 28 percent. It was also observed that an increase in wind speed increased the evaporation intensity. [5] Dalton's equation was used to determine the evaporation intensity. The evaporation rate was estimated using the formula

$$E = k(e_s - e_a)(1 + 0.54u)$$

where

e_s – saturated vapor pressure;

e_a – actual vapor pressure;

u – wind speed;

k – experimental coefficient.

During the study, the average wind speed was 3.4 m/s. The calculation results showed that the amount of evaporation increases proportionally with increasing wind speed. At a wind speed of 2 m/s, the evaporation rate was 6.9 mm per day. When the wind speed reached 5 m/s, this indicator increased to 9.4 mm. It was found that an increase in relative humidity reduces the intensity of evaporation. At a humidity of 35 percent, evaporation was observed at a high level. When the humidity reached 65 percent, the evaporation volume decreased by approximately 18 percent. The results showed that meteorological factors are the main controlling factors of the evaporation process. It was noted that water losses are especially greater in areas with high temperatures and strong winds. Therefore, the need to introduce anti-evaporation technologies was scientifically justified. [6]

The effectiveness of floating coatings and geomembrane technologies was comparatively evaluated. The study found that floating covers significantly reduced evaporation when they covered about 70 percent of the water surface. While the daily evaporation in the unlined canal was 8.2 mm, when the cover was applied, this figure decreased to 4.1 mm. The water saving efficiency was calculated using the formula $\eta = ((E_1 - E_2) / E_1) \times 100\ \%$

$$\eta = \frac{E_1 - E_2}{E_1} \times 100\%$$

As a result, it was found that floating covers reduced evaporation by an average of 50 percent. When using geomembrane-based protection systems, the evaporation rate decreased to 3.3 mm. In this case, the water saving efficiency was 59.8 percent. Solar panels installed on the canal allowed to reduce evaporation by up to 62 percent. This technology, along with saving water, also created the possibility of generating electricity. In areas where windbreaks were installed, evaporation rates were observed to decrease by an average of 15–20 percent. The results confirmed that modern technologies can significantly reduce water losses due to evaporation. The highest efficiency was observed in the technology of covering with solar panels. [7]

The study also assessed the economic efficiency of the technologies. The annual water saving was calculated using the formula

$$\Delta V = V_1 - V_2$$

When using floating covers, 13,284 m³ of water was saved per year. When using geomembrane systems, this figure reached 15,888 m³. When using solar panel coating technology, the annual water saving volume was 16,472 m³. The economic value of water was assumed to be 250 soums per 1 m³. As a result, it was calculated that more than 3.3 million soums could be obtained per year using floating covers. For geomembrane systems, this figure was about 4 million soums. When using solar panels, in addition to water saving, additional income was generated due to energy production. Investment efficiency indicators showed that these technologies are economically feasible in the long term. The results confirmed that innovative technologies have great potential for saving water resources and increasing the efficiency of irrigation systems. The results of the study showed that there are opportunities to ensure water security by reducing evaporation losses.

Discussion

The results of the study confirmed that water losses due to evaporation in irrigation canals have a significant impact on the efficiency of water resource use. According to the data obtained, the evaporation rate in open canals is directly dependent on climatic conditions and geometric parameters of the canal. Especially in the summer season, high temperature and low relative humidity were shown to be the main factors increasing the intensity of evaporation. The evaporation indicators determined during the study are consistent with the results of previous studies in arid regions. It was observed that the large water surface in open canals further accelerates the evaporation process. This is especially important in main canals that transport water

over long distances. The results of the study showed that it is not enough to attribute water losses only to filtration. In practice, it was found that evaporation losses can also account for a significant share. In conditions of limited water resources, such losses have a negative impact on agricultural production. Therefore, it is necessary to take into account the evaporation factor when designing and modernizing water management systems. The results identified during the study are also important in terms of ensuring water safety. [8]

The use of floating covers and geomembrane technologies was found to be highly effective in reducing evaporation losses. According to the results of the study, partial or complete closure of the water surface significantly reduces the evaporation intensity. This result is explained by the limitation of heat and moisture exchange between water and the atmosphere. The results obtained using geomembrane technology confirmed the practical effectiveness of this method. At the same time, when choosing technologies, it is necessary to take into account their technical and economic aspects. In some cases, the initial costs of geomembrane systems may be high. However, these costs are likely to be recouped by water savings during the long-term operation period. Floating covers were evaluated as a relatively inexpensive and quickly implemented solution. The results of the study showed that the effectiveness of coating technologies depends on the dimensions of the channel and climatic conditions. Therefore, it is advisable to develop individual technical solutions for each region. The results obtained once again confirm the need for widespread implementation of water-saving technologies. This will contribute to the sustainable development of water management systems.

The technology of covering with solar panels emerged as one of the most promising solutions during the study. This technology not only reduces the level of evaporation, but also creates the possibility of generating additional electricity. The results of the study showed that the evaporation reduction of more than 60% showed the high efficiency of this approach. Such results confirm the practical importance of the concept of joint management of energy and water resources. The panels placed on the canal also reduce the heating of the water under the influence of direct sunlight. As a result, a decrease in the water temperature leads to a decrease in the intensity of evaporation. At the same time, the initial investment costs of the technology may be higher than other methods. However, additional economic benefits can be obtained by selling electricity or using it for domestic needs. It has been noted that such systems have been successfully implemented in some developed countries. The results of the study showed that there are prospects for applying this technology in the conditions of Uzbekistan. This approach can be especially effective in areas with high solar radiation. Therefore, it is advisable to conduct additional practical studies on solar-covered canals in the future.

Economic analyses have shown that the introduction of anti-evaporation technologies has a high long-term efficiency. As a result of water saving, an increase in the efficiency of irrigation systems was observed. This expands the possibilities of providing agricultural crops with sustainable water. The economic indicators calculated during the study showed that investments are repaid within a certain period. In conditions of increasing water resource values, the importance of such technologies is increasing. In addition, water saving also has a positive effect on environmental sustainability. Reducing water losses reduces the load on reservoirs and river basins. As a result, it contributes to the preservation of natural ecosystems. The results of the study can also be used to improve water management programs at the state level. The conclusions obtained serve as an important scientific basis for making strategic decisions on the modernization of water canals. At the same time, the introduction of anti-evaporation technologies supports the policy of rational use of water resources. Overall, the results of the study confirmed that reducing evaporation losses in water channels is one of the important areas for ensuring water security.

Conclusion

During this study, the scale of water losses due to evaporation in open irrigation canals and the factors affecting them were comprehensively studied. The results of the study showed that the evaporation process is one of the important factors reducing the efficiency of water resource use. Air temperature, wind speed, relative humidity and water surface area were identified as the factors

that have the strongest impact on the intensity of evaporation. According to the results obtained, a significant amount of water loss is observed as a result of evaporation in the summer months. Calculations confirmed that the volume of water lost due to evaporation has a negative impact on the overall efficiency of irrigation systems. The mathematical models used during the study made it possible to estimate the volume of evaporation with sufficient accuracy. The results showed the need to develop technological measures to reduce evaporation losses. It was found that solutions based on floating covers, geomembrane systems and solar panels significantly reduce evaporation. In particular, technologies based on partial or complete closure of the canal surface showed high efficiency. In accordance with the purpose of the study, the basic laws of the evaporation process and the possibilities of their control were assessed. The obtained scientific results serve as the basis for developing practical recommendations for the modernization of water management systems. Thus, the research tasks were fully fulfilled and the set goals were achieved.

The results of the study showed that the introduction of anti-evaporation technologies is one of the important directions for increasing the efficiency of water resource use. It was found that using floating coatings, evaporation can be reduced by about 50 percent. Geomembrane technologies demonstrated even higher results in water conservation. Solar panels installed on the canal were distinguished by the fact that they reduce evaporation and create the possibility of generating additional energy. Economic analyses showed that these technologies are profitable in the long term. As a result of water saving, an increase in the useful working coefficient of irrigation systems was observed. This expands the possibilities of providing agricultural crops with sustainable water. In addition, reducing water losses also has a positive effect on ensuring environmental sustainability. The results of the study confirmed the need for widespread implementation of innovative technologies in the field of water management. In the future, it is advisable to develop integrated solutions with artificial intelligence, remote monitoring and digital management systems. The conclusions obtained may be of practical importance in improving state programs for water resources management. In general, reducing water losses due to evaporation is one of the important factors in ensuring water security and rational use of water resources.

References

[1]. Allen, R. G., Pereira, L. S., Raes, D., & Smith, M. (1998). Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 56). Food and Agriculture Organization.

[2]. Craig, I. P., Green, A., Scobie, M., & Schmidt, E. (2005). Controlling evaporation loss from water storages. National Centre for Engineering in Agriculture Publication, 1000580, 1–74.

[3]. Food and Agriculture Organization. (2021). The state of the world's land and water resources for food and agriculture: Systems at breaking point. FAO. https://doi.org/10.4060/cb7654en

[4]. Li, Y., Chen, D., Walker, C. N., & Angus, J. F. (2019). Estimation of open water evaporation using remote sensing and meteorological data. Agricultural Water Management, 221, 270–281.

[5]. Molden, D. (Ed.). (2007). Water for food, water for life: A comprehensive assessment of water management in agriculture. Earthscan and International Water Management Institute.

[6]. Rost, S., Gerten, D., Bondeau, A., Lucht, W., Rohwer, J., & Schaphoff, S. (2008). Agricultural green and blue water consumption and its influence on the global water system. Water Resources Research, 44(9), 1–17.

[7]. World Bank. (2024). Water security and climate adaptation: Improving irrigation efficiency through innovative technologies. World Bank Publications.

[8]. Yao, X., Zhang, H., & Wang, Z. (2022). Evaporation reduction technologies for irrigation canals under arid climate conditions. Water, 14(18), 2897. https://doi.org/10.3390/w14182897.

УДК: 665.753.4

ЎЗБЕКИСТОНДАГИ ГАЗ-КИМЁ ЗАВОДЛАРИДА ИШЛАБ ЧИҚАРИЛАЁТГАН ПОЛИМЕР МАҲСУЛОТЛАРНИНГ ФИЗИК-МЕХАНИК ХОССАЛАРИНИ ТАДҚИҚ ЭТИШНИНГ ЗАМОНАВИЙ ВА ИШОНЧЛИ УСУЛЛАРИ

Г.Б. Қулуева[1], С.А. Абдукаримова[1], Э.Р. Тўраев[2], А.Е. Пирмаматов[2], У.Х. Содиков[3]

[1]Ислом Каримов номидаги Тошкент Давлат техника университети,
[2]Тошкент кимё технология илмий тадқиқот институти
[3]Фарғона давлат техника университети
abdukarimovasaida1975@gmail.com
pirmamatov20035774@gmail.com
Turaever@gmail.com
(Қабул қилинди 16.04.2026 й.)

Аннотация. *Мақолада Ўзбекистондаги газ-кимё заводларида ишлаб чиқарилаётган полимер маҳсулотларнинг физик-механик хоссаларини яхшилаш ва баҳолаш учун замонавий ҳамда ишончли усуллар кўриб чиқилган. Полимер материалларнинг мустаҳкамлигини ошириш мақсадида улар таркибига турли толали қўшимчалар, жумладан шиша тола ва базалт тола киритилиши таҳлил қилинган. Шунингдек, полимерларнинг ички геометрик тузилиши (кристаллик даражаси, занжирлар ориентацияси ва тартибланиши) уларнинг механик хусусиятларига таъсири ўрганилган. Бугунги кунда полимер маҳсулотларнинг сифат кўрсаткичларини аниқлашда механик синовлар, спектроскопик ва микроструктуравий таҳлил усуллари муҳим аҳамият касб этмоқда. Газ-кимё саноатида ишлаб чиқарилаётган полимерларнинг мустаҳкамлик, қаттиқлик ва эластиклик каби кўрсаткичлари замонавий лаборатория ускуналари ёрдамида баҳоланади.*

Калит сўзлар. *Полимер, газ-кимё, физик-механик хоссалар, шиша тола, базалт тола, мустаҳкамлик, геометрик тузилиш, таҳлил усуллари, лаборатория, ускуналар.*

Аннотация. *В статье рассмотрены современные и надежные методы исследования физико-механических свойств полимерной продукции, производимой на газохимических предприятиях Узбекистана. Проанализированы способы повышения прочности полимеров путем введения волокнистых наполнителей, таких как стекловолокно и базальтовое волокно. Также изучено влияние внутренней геометрической структуры полимеров (степени кристалличности, ориентации и упорядоченности макромолекул) на их механические свойства. В настоящее время для оценки качества полимерных материалов широко применяются механические испытания, спектроскопические и микроструктурные методы анализа. Показатели прочности, твердости и эластичности полимеров, производимых в газохимической промышленности, определяются с использованием современного лабораторного оборудования.*

Ключевые слова. *Полимер, газохимия, физико-механические свойства, стекловолокно, базальтовое волокно, прочность, геометрическая структура, методы анализа, лаборатория, оборудование.*

Abstract. *This article examines modern and reliable methods for investigating the physic-mechanical properties of polymer products manufactured at gas-chemical plants in Uzbekistan. Approaches to improving the strength of polymers by incorporating fibrous reinforcements such as glass fiber and basalt fiber are analyzed. In addition, the influence of the internal geometric structure of polymers (degree of crystallinity, molecular orientation, and structural ordering) on their mechanical properties is studied. Today, mechanical testing, spectroscopic, and microstructural analysis methods play a key role in evaluating the quality of polymer materials. The strength, hardness, and elasticity of polymers produced in the gas-chemical industry are assessed using advanced laboratory equipment.*

Keywords: *Polymer, gas-chemical industry, physic-mechanical properties, glass fiber, basalt fiber, strength, geometric structure, analysis methods, laboratory, equipment.*

1. Кириш. Ҳозирги кунда дунё миқёсида аҳоли сонининг ва ишлаб чиқаришнинг юқори суръатларда ўсиши, полимерларга бўлган талабни йилдан-йилга ошиб боришига сабаб бўлмоқда. Саноат ва ишлаб чиқариш соҳаларида айниқса, полимерга талаб кундан-кун ортиб бормоқда. Полимерларни модификация қилиш, физик-механик хоссаларини яхшилаш, уларнинг таркибини ўзгартирмасдан туриб қўшимчалар қўшиш каби бир қанча талабларга жавоб берадиган композит материаллар олиш, ҳозирги кунда илмий изланишларнинг асоси

бўлиб бормоқда. Полимер материаллар ишлаб чиқаришда ишлатиладиган маҳсулотларни тайёрлаш учун жуда кенг кўламдаги дастур ва нисбатан оддий технология ёғоч, металл, шиша, керамика каби анъанавий материалларни ўрнини боса оладиган маҳсулотлар яратиш, айниқса ҳозирги куннинг муҳим вазифаларидан биридир. Шу сабабли ҳам, илмий-технологик тараққиёт полимерлар доираси ва кўламини доимий равишда кенгайтиришни талаб қилади [1;323-328, 2;205-212, 3;1-19б].

Олиб борилган илмий тадқиқотлар доирасида толали тўдирувчилар асосида тайёрланган композит материалларнинг физик-механик хусусиятлари атрофлича таҳлил қилинди. Олинган натижалар шуни кўрсатдики, сирт фаол моддалар ёрдамида тола юзасига ишлов бериш фазалараро адгезияни сезиларли даражада оширади ва бу ўз навбатида композитларнинг механик кўрсаткичларини яхшилашга олиб келади. Шу билан бирга, толаларга кимёвий ишлов бериш нафақат тола ва полимер матрицаси ўртасидаги ўзаро таъсирни кучайтиради, балки юза микротузилиши ҳамда зичлик параметрларини ҳам ўзгартиради.

Тадқиқот жараёнида полипропилен асосида тайёрланган ва таркибига 20%, 30% ҳамда 40% миқдорда шиша тола қўшилган композит материалларнинг физик-механик кўрсаткичлари ўрганилди. Натижаларга кўра, сиқилишдаги эластиклик (қайишқоқлик) модули мос равишда 3,8; 4,4 ва 4,6 баробарга ошгани аниқланди. Шунингдек, хона ҳарорати ва манфий ҳарорат шароитида Изод усули бўйича зарббардошлик кўрсаткичлари ошганлиги кузатилди, яъни намуналарни синдириш учун кўпроқ энергия сарфланиши талаб этилди. Бироқ манфий ҳароратда синовдан ўтказилган барча намуналарда мўрт синув ҳолати қайд этилди.

Юқори иссиқликка чидамлилик хусусияти туфайли полипропилен ва 30% шиша тола асосидаги композит материаллар автомобилсозлик соҳасида, айниқса двигатель яқинида жойлашган деталлар ишлаб чиқаришда кенг қўлланилади. Шу сабабли тадқиқот доирасида 30% миқдорда шиша ва базальт тола билан мустаҳкамланган композитлар ҳам қўшимча равишда ўрганилди. (1- жадвал).

1-жадвал

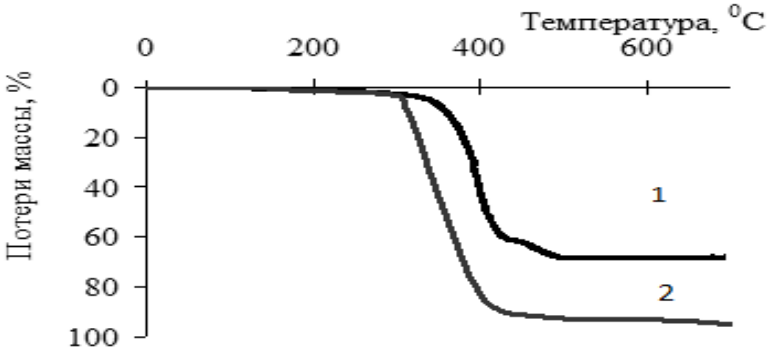
Композитларнинг физик-механик ҳоссалари

Номи	ПП J350	ПП+30% шиша тола	ПП+ 30 % базальт тола
Зичлиги, г/см^3	0,9	1,12	1,13
Оқувчанлиги, г/10мин	10	5	5
Қайишқоқлик кучи, МПа	25	82	84
Чўзилиши, %	100	3,0	3,2
Қайишқоқлик модули, МПа	1280	5600	6300
Изод бўйича зарб бардошлик, кДж/м^2 +23°С	6,5	6,8	7
Изод бўйича зарб бардошлик, кДж/м^2 - 30°С	2,7	4,0	4,1
Юк остида эгилиш ҳарорати 1,8 МПа, °С	45	146	150
Торайиши 48 соат, %	1,45	0,35	0,35

Шиша ва базальт толаларини полипропилен матрицасига киритиш натижасида композит материалларнинг сиқилиш шароитидаги эластиклик (қайишқоқлик) модулининг сезиларли даражада ошиши кузатилди, яъни мазкур кўрсаткичлар мос равишда 4,4 ва 4,9 баробарга кўтарилди. Бу ҳолатни, аввало, қўлланилган толаларнинг геометрик параметрлари, хусусан уларнинг узунлиги ва юқори модулли хусусиятлари билан изоҳлаш мумкин, чунки ушбу толаларнинг ўзлари тахминан 70 ГПа даражасидаги эластиклик модулига эга.

Тадқиқот натижалари шуни ҳам кўрсатадики, базальт толаси полипропиленнинг механик хусусиятларига шиша толасига нисбатан кучлироқ таъсир кўрсатади. Бу, эҳтимол, базальт материалининг кимёвий таркиби ва табиий тузилиши билан боғлиқ бўлиб, унинг юқори мустаҳкамликка эга эканлиги билан изоҳланади. Шу билан бирга, ҳар икки турдаги толаларни қўшиш натижасида композитларнинг иссиқликка чидамлилик кўрсаткичлари ҳам сезиларли

равишда яхшиланиб, мос равишда 3,2 ва 3,3 баробарга ошгани аниқланди.



1-расм. Термогравиметрик тадқиқ таҳлили:
1 – ПП+30% базальт тола; 2 – тоза ПП J350.

Толалар улушининг 30% даражада бўлиши композит материалнинг реологик хусусиятларига ҳам таъсир кўрсатиб, унинг оқувчанлигини пасайтирган. Бу ҳолат, эҳтимол, толаларнинг полимер матрицасида ҳаракатланишга қаршилик кўрсатиши ва оқиш жараёнини чеклаши билан боғлиқ. Шунингдек, композитларнинг зичлиги ҳам ошган бўлиб, бу кўрсаткичлар шиша ва базальт толалар учун мос равишда 24% ва 25% ни ташкил этган. Бу эса тўдирувчи толаларнинг юқори зичликка эга эканлиги билан тушунтирилади.

Бундан ташқари, полипропилен таркибига қирқилган узун толалар қўшилганда материалнинг механик мустаҳкамлиги янада ошгани кузатилди: қайишқоқлик бўйича мустаҳкамлик 3,3 ва 3,4 баробарга ортиб, бир вақтнинг ўзида унинг нисбий чўзилиш кўрсаткичи кескин камайиб, мос равишда 33 ва 31 баробарга тушган. Бу ҳолат композитнинг қаттиқлик ва мустаҳкамлик ҳисобига мўртлашув тенденцияси ортиши билан изоҳланади.

Юқоридаги расмда полимерга базальт толаларининг қўшилиши, композитнинг термик барқарорлигини оширган ва парчаланиш ҳароратининг бошланишини юқори ҳарорат худудига ўтқазганлиги кўрсатилган.

2-жадвал

Базалт ва шиша толаларнинг қиёсий хусусиятлари

Хоссалари	**Тола турлари**	
	Базалт	**Шиша**
Термик хоссалари		
Эксплуатация ҳарорати, °С	-200 дан +700гача	-60дан +460гача
Тоблаш ҳарорати °С	1050	600
Иссиклик ўтказувчанлик коэффициенти ккал/м*с*°С	0,031-0,038	0,034- 0,040
Физикавий хоссалари		
Зичлик, кг/м^3	2,600	2,540
Эластиклик модули, ГПа	91гача	72гача
Иссиқлик билан ишлов берилгандан кейин ўсиш пайтида кучнинг сақланиши, % 200°С да 400°С да % 3 соат қайнатилгандан кейин оғирликни йўқотилиши сувда NaOH да HCI да	 95 82 0,2 6,0 2,2	 92 52 0,7 6,0 38,9
Электрик		
Солиштирма хажмий электрик қаршилик, Ом*См	4,2*10^{13}	1,3*10^{12}
Акустик		
Оддий овоз ютиш коэффициенти	0,9-0,99	0,8-0,92

Базалт толалари юқори ҳарорат қаршилигига ва жуда паст гигроскопикликка эга. Шундай қилиб ,400°С ҳароратда базалт толасининг мустаҳкамлиги 60%, алюминоборосиликат эса 40%ни ташкил қилади.

Базалт толалари 20 дан 900°С гача,алюминоборосиликат толалари эса 20 дан 500°С гача ҳароратда ишлатилиши мумкин. Базалт толаларининг гигроскопиклиги 1%дан кам, шиша толаларники 10-20%ни ташкил қилади.

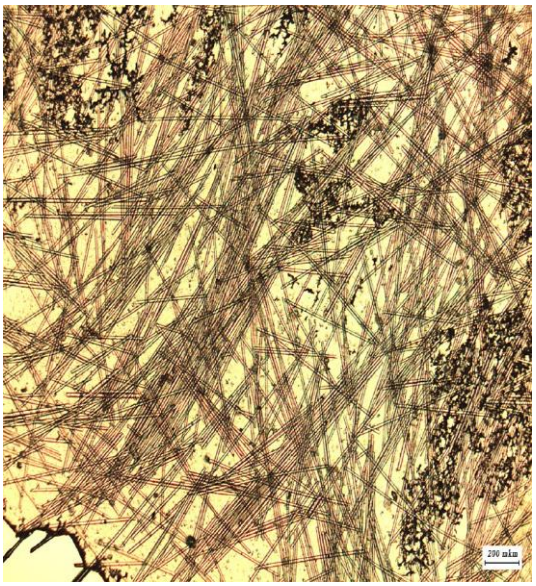
3-жадвал

Базалт ва шиша толаларга асосланган полипропилен композитларининг қиёсий хусусиятлари.

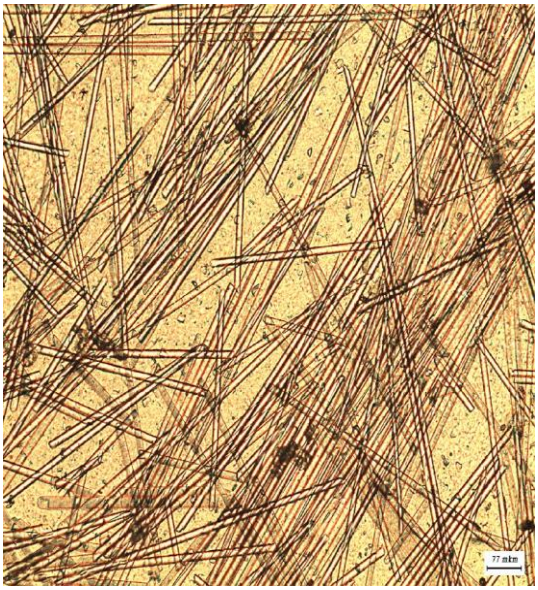
Минерал	**Зичлик, гр/см^3**	**Узилиш кучи, МПа**	**Узайишнинг узилиши %**	**Мослашувчанлик модули МПа**	**Изод зарба кучи, кесилган намуна Дж/м^2**
Тўлдирилмаган	0,90	21,1	25,0	813,0	45
Шиша тола					
20% миқдорда	1,05	54	10	2900	25
30%миқдорда	1,13	82	3,5	5600	18
Базальт тола					
20%миқдорда	1,06	57	9	3000	24
30%миқдорда	1,13	85	4	5800	18

Базалт толаларининг мустаҳкамлиги 100% нисбий намликда 60 кундан ортиқ ушлаб тургандан сунг деярли ўзгармайди, алюмоборосиликат толаларининг мустаҳкамлиги 30% га камаяди. Базалт толаларининг катта афзаллик томони кислота ва ишқорга чидамлилиги.

Толалар билан ишлов берилган полипироппиленнинг оптик анализ таҳлиллари ҳам ўрганилди. Унга кўра полипропилен юзасига толалар адсорбция ҳисобига текис тарқалганлигини кўришимиз мумкин. Бу эса ўз навбатида олинган маҳсулотимизнинг механик хоссалари яхшиланишига олиб келган.



2-расм. ПП+базалть тола 30%.



3-расм. ПП+шиша тола 30%.

Оптик анализ таҳлиллари ҳам шуни кўрсатадики, полимер юзасига толалар текис тарқалганлиги яъни агрегат (йиғилган) ҳолатда жойлашмаганлигини кўришимиз мумкин.

Хулоса қилиб шуни айтишимиз мумкинки, полипропиленга толалар билан ишлов бериш натижасида олинган композит материаллар ишлаб чиқаришга тавсия этишга лойиқ ва у кутилган натижани берди деб ҳисобласак бўлади.

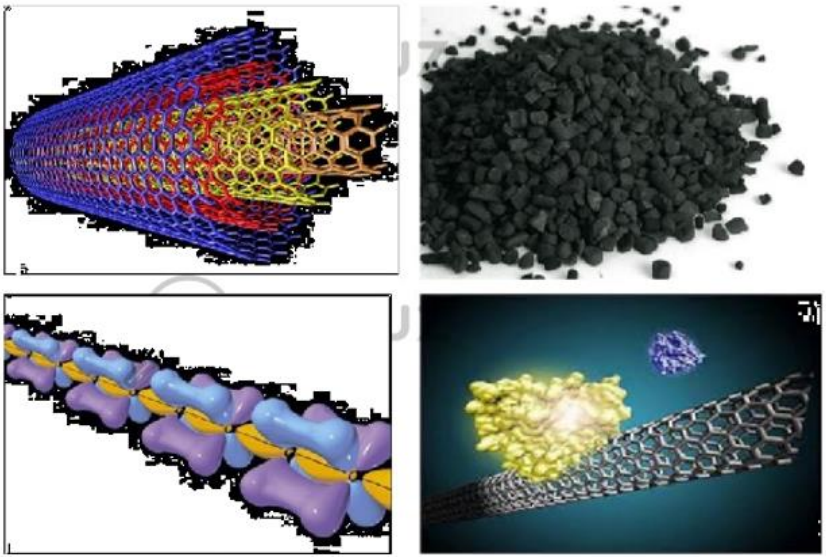
Базалт пластмассалар полимер композит материаллар бўлиб, улардан фойдаланиш шиша толага нисбатан базалт пломба моддаси композит материалнинг нархини,унинг гигроскопиклигини пасайтиради ва иш ҳароратини оширади.

Полимер материаллар кўп функсионаллиги, паст зичлиги, коррозияга чидамлилиги ва қулай механик хоссалари туфайли замонавий саноат ривожланишида муҳим ўрин тутади. Жаҳон миқёсида полимер ишлаб чиқариш ҳажми йилига 400 миллион тоннадан ошган бўлиб, умумий пластмасса ишлаб чиқаришнинг 45% дан ортиғини полиетилен ва полипропилен ташкил этади. Ушбу материаллар қадоқлаш, қурилиш, автомобилсозлик, электротехника ва тиббиёт соҳаларида кенг қўлланилади.

Ўзбекистон катта табиий газ захираларига эга бўлиб, бу қўшимча қийматга эга полимер маҳсулотларини ишлаб чиқаришга йўналтирилган газ-кимё мажмуаларини ривожлантириш учун мустаҳкам асос яратади. Шуртан Гас Чемисал Комплех ва Уз-Кор Гас Чемисал каби йирик корхоналар мамлакатни хом газ экспортчисидан юқори сифатли полимер маҳсулотлари ишлаб чиқарувчисига айлантирди. Бироқ, халқаро бозорларда рақобатбардошликни таъминлаш полимерларнинг физик ва механик хоссаларини баҳолашда замонавий ва ишончли усулларни қўллашни талаб қилади.

Мазкур мақоланинг мақсади Ўзбекистонда ишлаб чиқарилаётган полимер материалларни тавсифлашда қўлланилаётган замонавий синов усулларини тизимли равишда таҳлил қилиш ҳамда миллий ишлаб чиқариш кўрсаткичларини глобал тенденсиялар билан боғлиқ ҳолда ўрганишдан иборат.

Чўзилиш синови чўзилиш мустаҳкамлиги, узилишдаги нисбий чўзилиш ва Юнг модули (Ёунғс модулус) ни аниқлашнинг асосий усули ҳисобланади. Синовлар ИСО 527 ёки АСТМ Д638 стандартларига мувофиқ ўтказилади. Полиетилен учун чўзилиш мустаҳкамлиги одатда 20–37 МПа оралиғида, полипропилен учун эса 30–50 МПа оралиғида бўлади.



4-расм. Полимер махсулотларнинг геометрик структураси.

Зарбага чидамлилик Чарпй ёки Изод усуллари (ИСО 179, АСТМ Д256) ёрдамида баҳоланади. Ушбу усуллар материалнинг тўсатдан юкланиш пайтида энергияни ютиш қобилиятини аниқлайди, бу айниқса қадоқлаш ва автомобилсозлик соҳалари учун муҳимдир.

Зичлик пикнометрик ёки суюқликка ботириш усули билан (ИСО 1183) ўлчанади. Полиетилен зичлиги 0,91–0,96 г/см³, полипропилен зичлиги эса тахминан 0,90 г/см³ ни ташкил этади. Қаттиқлик Шоре Д усули (АСТМ Д2240) билан аниқланади.

- Дифференциал сканерловчи калориметрия (ДСС) эриш ҳарорати, кристаллик даражаси ва фаза ўтишларини аниқлашда қўлланилади.

- Термогравиметрик таҳлил (ТГА) иссиқлик барқарорлиги ва термик парчаланиш хусусиятларини баҳолайди.

• Полипропилен одатда 160–170 °C да, полиетилен эса зичлиги ва молекуляр тузилишига қараб 110–135 °C оралиғида эрийди.

ДМА ҳарорат ва частота ўзгариши шароитида вискоеластик хусусиятлар, сақланувчи модул ҳамда демпфирлаш хоссалари ҳақида маълумот беради. Ушбу усул материалнинг узоқ муддатли хизмат муддати ва ишлаш самарадорлигини баҳолашда муҳим аҳамиятга эга.

Тажриба натижалари шуни кўрсатадики, Ўзбекистон газ-кимё заводларида ишлаб чиқарилган полимер маҳсулотлар халқаро миқёсда тан олинган маркалар даражасидаги физик-механик кўрсаткичларга эга. Юқори зичликдаги полиетилен юқори чўзилиш мустаҳкамлиги ва кимёвий чидамлиликка эга бўлса, полипропилен юқори қаттиқлик ва иссиқлик барқарорлиги билан ажралиб туради. Стандартлаштирилган синов усулларини қўллаш маҳсулот сифати барқарорлигини, ишончлилигини ва ИСО ҳамда АСТМ каби халқаро меъёрларга мувофиқлигини таъминлайди.

Жаҳон полимер саноати юқори самарали материаллар, қайта ишлаш технологиялари ва барқарор ривожланиш йўналишига ўтмоқда. Ўзбекистон полимер сектори замонавий синов лабораториялари ва сифат назорати тизимларини жорий этиш орқали ушбу тенденсияларга мослашмоқда. Статистик таққослашлар Ўзбекистонда ишлаб чиқарилган полимерларнинг механик кўрсаткичлари жаҳон ўртача даражаларига мос келишини кўрсатади, бу эса уларнинг рақобатбардошлигини тасдиқлайди.

Тадқиқот натижалари шуни тасдиқлайдики, Ўзбекистонда ишлаб чиқарилаётган полимер маҳсулотлар сифатини ва халқаро рақобатбардошлигини таъминлашда физик-механик хоссаларни ўрганишнинг замонавий ва ишончли усуллари муҳим аҳамиятга эга. Чўзилиш, зарба, иссиқлик ва динамик механик таҳлилларни комплекс қўллаш материалларни тўлиқ тавсифлаш имконини беради. Ишлаб чиқариш қувватининг ошиши ва халқаро стандартларга риоя қилиниши Ўзбекистоннинг глобал полимер бозоридаги мавқеини янада мустаҳкамлаш имконини беради.

Адабиётлар

[1]. Alternative perspectives on “quasi-crystallinity”: non-uniformity and nanocomposites. Materials Letters. 1986; 4(8-9) ср.323-328.

[2]. Schmidt D, Shah D, Giannelis EP. 2. New advances in polymer/layered silicate nanocomposites. Current Opinion in Solid State & Materials Science. 2002; 6(3):pp.205-212.

[3]. Gleiter H. 3. Materials with ultrafine microstructures: retrospectives and perspectives. Nanostructured Materials. 1992; 1(1): pp.1-19.

[4]. Бозорова Н.Х.,Тураев Э.Р., Джалилов А.Т. Модификация полиамида ацетатами металлов// Universum: Технические науки: электронный научный журнал 2020 № 3 (72).

[5]. Тожиев П.Ж., Нормуродов Б.А., Тураев Х.Х., Нуркулов Ф.Н., Джалилов А.Т. Изучение физико-механических свойств высоконаполненных полиэтиленовых композиций//Universum: Химическая технология: электронный научный журнал 2018 № 2 (47). С. 62-65

[6]. Тожиев П.Ж., Нормуродов Б.А., Тураев Х.Х., Джалилов А.Т., Нуркулов Ф.Н. Изучение физико-механических свойств базальтосодержащих полиэтиленовых композиций //Ташкент: Композиционные материалы 2017.№ 4. С.66-69

[7]. Тураев Э.Р., Бекназаров Х.С., Ахмедов У.К., Джалилов А.Т. Межфазные взаимодействия трехфазных полипропиленовых композиционных материалов// Жур.Universum: Технические науки. Москва -2018. №12(57). рубрика 13. С.6. (http://7universum.com/nature).

[8]. Kickelbick G. Concepts for the incorporation of inorganic building blocks into organic polymers on a nanoscale. Progress in Polymer Science. 2003; 28(1):pp.83-114.

[9]. ПластиссЕуропе. Пластисс – Тҳе Фастс. Брюссел, 2023.

[10]. АСТМ Интернатионал. Пластмассалар учун стандарт синов усуллари. АСТМ Д638, Д256, Д2240.

[11]. ИСО стандартлари. Пластмассалар — механик ва иссиқлик синов усуллари. ИСО 527, ИСО 179.

[12]. Саллистер, W.Д., Ретҳwисч, Д.Г. Материалшунослик ва муҳандисликка кириш. Wилей, 2020.

[13]. Брйдсон, Ж.А. Пластмасса материаллар. Буттерwортҳ-Ҳеинеманн, 2018.

[14]. Wорлд Пластисс Соунсил. Глобал полимер ишлаб чиқариш статистикаси, 2022–2024.

[15]. Шуртан Гас Чемисал Сомплех. Йиллик ишлаб чиқариш ҳисоботлари.

[16]. Уз-Кор Гас Чемисал. Полимер ишлаб чиқариш ва сифат назорати ҳужжатлари.

OZIQ-OVQATDA GENETIK MODIFIKATSIYASINING AFZALLIKLARI VA XAVFLARI

L.A. Ibragimov

Farg'ona davlat texnika universiteti
ibragimovlochinbek007@gmail.com
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Maqolada genetik modifikatsiyalangan organizmlarning (GMO) birinchi va ikkinchi avlodlari, ularning yaratilish prinsiplari hamda agronomik va iste'molchi uchun beradigan asosiy afzalliklari tahlil qilingan. Birinchi avlod GMOlar insektlarga chidamlilik, herbitsidlarga barqarorlik va abiotik stresslarga moslashuvchanlik orqali hosildorlikni oshirishga qaratilgan bo'lsa, ikkinchi avlod GMOlar oziq-ovqatning oziqlanish qiymati, saqlanish muddati va sensor xususiyatlarini yaxshilashga xizmat qiladi.*

Shuningdek, Yevropa Ittifoqida GMOlarning xavfsizligini baholash tizimi, EFSA ekspertizasi, ruxsat olish tartibi va monitoring mexanizmlari yoritilgan. Ilmiy tadqiqotlar tasdiqlangan GMOlarning sog'liq va atrof-muhitga zararli ta'siri aniqlanmaganini ko'rsatadi, biroq zararkunandalar rezistentligi va biodiversitetga ta'sir kabi xavflar doimiy kuzatuvni talab qiladi. Tadqiqot GMOlarning global oziq-ovqat xavfsizligi, iqlim o'zgarishiga moslashuv va qishloq xo'jaligi samaradorligini oshirishdagi strategik ahamiyatini asoslaydi.

Kalit so'zlar: *GMO, birinchi avlod GMOlar, ikkinchi avlod GMOlar, genetik modifikatsiya, agrotexnik xususiyatlar, insekt rezistentlik, herbitsidga chidamlilik, abiotik stress, Bt-o'simliklar, Golden Rice, oziq-ovqat xavfsizligi, EFSA, Yevropa Ittifoqi tartibga solish tizimi, xavfsizlik monitoringi, biotexnologiya, ekologik xavflar, genetik barqarorlik, metabolik o'zgarishlar, agronomik samaradorlik.*

Аннотация: *В статье анализируются первая и вторая генерации генетически модифицированных организмов (ГМО), их принципы создания, а также основные агрономические и потребительские преимущества. Первая генерация ГМО направлена на повышение урожайности за счёт устойчивости к насекомым-вредителям, гербицидам и абиотическим стрессам, тогда как вторая генерация ориентирована на улучшение пищевой ценности, срока хранения и сенсорных характеристик продуктов.*

Кроме того, рассмотрена система оценки безопасности ГМО в Европейском союзе, включая экспертизу EFSA, порядок авторизации и механизмы мониторинга. Научные исследования показывают отсутствие доказанных вредных воздействий одобренных ГМО на здоровье человека и окружающую среду, однако такие риски, как развитие резистентности вредителей и влияние на биоразнообразие, требуют постоянного контроля. Исследование обосновывает стратегическое значение ГМО для глобальной продовольственной безопасности, адаптации к изменению климата и повышения эффективности сельского хозяйства.

Ключевые слова: *ГМО, ГМО первого поколения, ГМО второго поколения, генетическая модификация, агротехнические характеристики, инсектицидная устойчивость, устойчивость к гербицидам, абиотический стресс, Bt-растения, Golden Rice, продовольственная безопасность, EFSA, система регулирования Европейского союза, мониторинг безопасности, биотехнология, экологические риски, генетическая стабильность, метаболические изменения, агрономическая эффективность.*

Abstract: *This article analyzes the first and second generations of genetically modified organisms (GMOs), their development principles, and their key agronomic and consumer advantages. First-generation GMOs are designed to increase crop productivity through resistance to insects, herbicides, and abiotic stresses, whereas second-generation GMOs aim to improve nutritional value, shelf life, and sensory properties of food products.*

The article also examines the European Union's GMO safety assessment system, including EFSA evaluation procedures, authorization requirements, and monitoring mechanisms. Scientific studies indicate no confirmed harmful effects of approved GMOs on human health or the environment; however, risks such as pest resistance development and impacts on biodiversity require continuous monitoring. The study highlights the strategic importance of GMOs for global food security, climate change adaptation, and agricultural efficiency.

Keywords: *GMO, first-generation GMOs, second-generation GMOs, genetic modification, agronomic traits, insect resistance, herbicide tolerance, abiotic stress, Bt crops, Golden Rice, food safety,*

EFSA, European Union regulatory system, safety monitoring, biotechnology, environmental risks, genetic stability, metabolic changes, agronomic efficiency.

Birinchi avlod GDOlar — bu genetik o‘zgartirish orqali **asosiy agrotexnik xususiyatlari yaxshilangan** (hosildorlik, chidamlilik, zararkunandalarga qarshi barqarorlik) o‘simliklar yoki mahsulotlar bo‘lib, ular asosan **agronomik afzalliklar** berish uchun yaratilgan.

Ularning asosiy maqsadi:

- ***dalada zararkunanda va kasalliklarga qarshi barqarorlikni oshirish,***
- ***herbitsidlarga chidamlilik,***
- ***hosilning tez pishishi,***
- ***qurg‘oqchilikka qarshilik,***
- ***agrotexnik samaradorlikni oshirish***.

Bu avlodning asosiy xususiyati — **iste’molchi uchun emas, balki ishlab chiqarish (agrotexnika) uchun foyda beruvchi modifikatsiya** qilingan bo‘lishidir. Birinchi avlod GMOlar faqat agrotexnik afzalliklarga ega bo‘lgan genlarni o‘z ichiga oladi. Ular uchta yirik toifaga bo‘linadi:

1) Insekt (zararkunanda) rezistent GM o‘simliklar

O‘simlik ichida *Bacillus thuringiensis* ***(Bt)*** bakteriyasining geni kiritilgan bo‘lib, **Bt** geni — o‘simlikni hasharotlar (qurtlar)dan himoya qiluvchi oqsil ishlab chiqaradi.

Misol uchun:

Bt-makkajo‘xori
Bt-paxta (Bt-cotton)
Bt-kartoshka

Afzalliklari:

pestitsid sarfi 40–70% kamayadi,
hosil sifati yaxshilanadi,
zararkunandalar bilan ifloslanish kamayadi.

2)Herbitsidga chidamli GM o‘simliklar

Bu o‘simliklar kimyoviy begona o‘tlarni yo‘qotuvchi moddalar (glyphosate, glufosinate) ga chidamlidir.

Mashhur mahsulotlar:

Roundup Ready soya (glyphosate ga chidamli)
Roundup Ready makkajo‘xori
Glufosinate-resistant raps (kanola)

Afzalliklari:

begona o‘tlarni samarali nazorat qilish,
dala ishlarida mehnat sarfi kamayadi,
hosil barqarorligi oshadi.

3) Stress (abiotik stress) ga chidamli GM o‘simliklar

Bu mahsulotlarga qurg‘oqchilik, yuqori tuzlanish, sovuqqa chidamlilik genlari berilgan.

Misol uchun:

Qurg‘oqchilikka chidamli makkajo‘xori (DroughtGard)
Tuzga chidamli guruch navlari
Sovuqka chidamli kartoshka variantlari

Afzalliklari:

global iqlim o‘zgarishiga moslashuv,
o‘simlikning tirik qolish darajasi oshadi.

Iqtisodiy foyda:

yuqori hosil hosil qiladi,

ekin maydonlarining samaradorligini oshiradi.

Kamchiliklar va mavhum xavflar

Begona o‘tlarning herbitsidga chidamli yangi turlari paydo bo‘lishi mumkin.
Bt-proteinlarga ba’zi hasharotlarda rezistentlik rivojlanishi mumkin.
Biodiversitetga ta’sir ehtimoli mavjud (ilmiy nazorat talab etiladi).
GMO mahsulotlarning uzoq muddatli ekologik ta’siri doimo monitoring talab qiladi.

Ikkinchi avlod GMO ekinlari iste'molchilarga oziq-ovqat sifatini yaxshilash va ozuqa moddalarining biologik mavjudligini oshirish kabi aniqroq imtiyozlar berdi.

Genetik modifikatsiya — bu tirik organizmning DNKsiga (genetik materiali) boshqa organizmning genini kiritish, o‘zgartirish yoki olib tashlash orqali yangi, foydali xususiyatlar berish jarayonidir. Natijada hosil bo‘lgan organizm genetik jihatdan o‘zgartirilgan organizm **(GMO)** deb ataladi. Genetik modifikatsiyalangan organizm (GMO) o'simlik, hayvon yoki genetik tuzilishi biotexnologiya yordamida o'zgartirilgan mikroorganizm bo'lishi mumkin

Misol uchun:

Bug‘doy yoki jo‘xori o‘simligiga zararkunandalarga chidamlilik geni kiritilishi;
Pomidorga uzoq saqlanish geni kiritilishi;
Soyaga qurg‘oqchilikka chidamli gen kiritilishi.

Nima uchun oziq-ovqat genetik modifikatsiya qilinadi?

Hosildorlikni oshirish — o‘simliklar kasallik, zararkunanda yoki qurg‘oqchilikka chidamli bo‘ladi.

Saqlanish muddatini uzaytirish — mahsulot tez buzilmaydi (masalan, uzoq transport uchun).

Sifatni yaxshilash — lazzat, rang, oziq modda (masalan, vitamin A boy guruch — “Golden Rice”).

Kimyoviy pestitsidlardan foydalanishni kamaytirish — ekologik jihatdan qulayroq.

Texnologik qayta ishlovga moslash — masalan, yog‘ kislotasi nisbati o‘zgartirilgan soya yog‘i.

Evropa Ittifoqida GMOlarni tartibga solish va xavfsizlikni baholash tartibi

Evropa Ittifoqi qonunchiligiga muvofiq, **genetik jihatdan o‘zgartirilgan organizmlar (GMO)** har qanday shaklda — ya’ni ularni **etishtirish, oziq-ovqat,** yoki **oziqa sifatida** muomalaga chiqarishdan avval — **majburiy ravishda ruxsat olish (avtorizatsiya)** jarayonidan o‘tishi shart. Ushbu jarayonning markazida **Oziq-ovqat xavfsizligi bo‘yicha Evropa idorasi (EFSA)** turadi, u GMOlarning xavfsizligini **qat’iy, ko‘p bosqichli ilmiy ekspertiza** asosida baholaydi.

EFSA tomonidan talab qilinadigan baholash materiallari quyidagilarni o‘z ichiga oladi:

GMO mahsulotining **inson salomatligi uchun xavfsizligi**;

Hayvonlarga ozuqa sifatida ta’siri;

Atrof-muhitga mumkin bo‘lgan ta’siri, shu jumladan gen oqimi, biologik xilma-xillikka ta’sir va uzoq muddatli ekologik xavflar;

Sog‘liq va ekologik tavakkalchilikning **to‘liq ilmiy asoslangan bahosi**.

EFSAning xulosasi tayyorlangach, u Evropa Ittifoqining barcha a’zo davlatlari ekspertlaridan iborat maxsus qo‘mita tomonidan ko‘rib chiqiladi. Qo‘mita vakillari xavfsizlik bo‘yicha hisobotni muhokama qiladi va **avtorizatsiya berish yoki bermaslik bo‘yicha ovoz beradi**. Qaror ijobiy bo‘lsa, GMOga ruxsat beriladi.

Berilgan ruxsatnoma **10 yil muddatga amal qiladi**. Ushbu muddat tugagach, avtorizatsiya **mavjud yangi ilmiy ma’lumotlar, xavfsizlik bo‘yicha yangilangan baholar** va monitoring natijalari asosida qayta ko‘rib chiqilishi mumkin.

Evropa Ittifoqida GMOlarning xavfsizligi: ilmiy asoslar, baholash jarayoni va amaldagi monitoring natijalari

Genetik jihatdan o‘zgartirilgan organizmlar (GDOlar) Evropa Ittifoqida **eng ko‘p o‘rganilgan oziq-ovqat toifalaridan biri** hisoblanadi. Ular bo‘yicha bajarilgan tadqiqotlar soni boshqa ko‘plab oziq-ovqat mahsulotlaridan ancha yuqori bo‘lib, xavfsizlikka oid ilmiy dalillar

muntazam ravishda yangilanib boradi. Shu bois, iste'molchilar tasdiqlangan GMO mahsulotlari **an'anaviy (non-GMO) o'xshash mahsulotlar kabi xavfsiz** ekani haqida asoslangan fikrga ega bo'lishlari mumkin.

Evropa Ittifoqidagi GDOlar bo'yicha xavfsizlik monitoringi uch asosiy tamoyilga tayangan:

1)Kuchli regulator tizimi va mustaqil ilmiy baholash

Har bir GMO:

EFSA (Oziq-ovqat xavfsizligi bo'yicha Evropa idorasi) tomonidan amalga oshiriladigan kompleks xavfsizlik ekspertizasidan o'tadi;

Genetik barqarorlik, toksikologik xavf, allergiklik, atrof-muhitga ta'sir, hayvonlar uchun oziqa sifatidagi xavfsizlik kabi parametrlar bo'yicha sinovdan o'tkaziladi;

Qo'shimcha ravishda **har bir a'zo davlatning ekspertlari** orqali tahlil qilinadi va demokratik ovoz berish mexanizmi orqali yakuniy qaror qabul qilinadi.

2)"Yuqori ehtiyotkorlik" (Precautionary Principle) tamoyili

Evropa Ittifoqida GMO bo'yicha har qanday xavotir yoki ilmiy asoslangan shubha tug'ilganda:

mahsulotning muomaladagi ruxsati **tezda to'xtatiladi yoki bekor qilinadi**;

ishlab chiqarish va sotish darhol cheklanadi;

qo'shimcha xavfsizlik ekspertizasi talab qilinadi.

Bu yondashuv iste'molchi, hayvonlar va ekologiya manfaatlarini birinchi o'ringa qo'yadi.

3. Doimiy post-ruxsat monitoringi

GMOlarga ruxsat berilgandan keyin ham ularga nisbatan monitoring davom etadi. Bu jarayon quyidagilarni o'z ichiga oladi:

bozordagi mahsulotlarni tekshirish;

atrof-muhit monitoringi (polen tarqalishi, gen oqimi);

oziq-ovqat zanjiridagi tasodifiy namunalarda GMO markerlarini aniqlash;

har yili xavfsizlik bo'yicha hisobotlar taqdim etish majburiyati.

Yangi ilmiy ma'lumotlar paydo bo'lsa, avtorizatsiya muddatidan oldin ham qayta ko'rib chiqilishi mumkin.

Amaldagi ilmiy natijalar va xavfsizlik bo'yicha xulosa

Bugungi kungacha mavjud bo'lgan **20 yildan ortiq global monitoring va minglab ilmiy tadqiqotlar** shuni ko'rsatadiki:

Tasdiqlangan GMO oziq-ovqat yoki ozuqalarining **inson salomatligiga salbiy ta'siri aniqlanmagan.**

GMO mahsulotlari bo'yicha **allergik reaksiyalar, toksik ta'sirlar yoki uzoq muddatli sog'liq muammolari** haqida hech qanday ishonchli dalil qayd etilmagan.

Hayvonlar ustida (sag'in sigirlar, parranda, cho'chqa va laboratoriya hayvonlari) olib borilgan tadqiqotlar GMO ozuqa bilan boqish **sog'liq ko'rsatkichlariga salbiy ta'sir ko'rsatmasligini** isbotlagan.

Atrof-muhit monitoringi ba'zi GMO turlari uchun zararkunandalarga qarshi kurashda pestitsid sarfini kamaytirganini, bu esa agroekotizimga ijobiy ta'sir ko'rsatganini ko'rsatadi.

Evropa Komissiyasining (EK) rasmiy xulosasiga ko'ra, **Hozirgi paytga qadar tasdiqlangan GMO oziq-ovqat mahsulotlarini iste'mol qilish inson salomatligiga *hech qanday xavf tug'dirganligi bo'yicha ilmiy dalillar mavjud emas.***

Xulosa

Genetik modifikatsiyalangan organizmlar (GMO) zamonaviy biotexnologiyaning muhim yo'nalishlaridan biri bo'lib, ularning oziq-ovqat xavfsizligi, agronomik samaradorlik va ekologik barqarorlik sohalaridagi o'rni yil sayin ortib bormoqda. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, GMOlarning birinchi avlodi, avvalo, **agrotexnik afzalliklar** – hosildorlikni oshirish, zararkunanda va kasalliklarga chidamlilik, herbistidga barqarorlik va qurg'oqchilikka moslashuvchanlik kabi xususiyatlarni rivojlantirishga qaratilgan. Bu o'simliklar dalada ishlab chiqarish samaradorligini oshirish orqali ekin maydonlaridan ko'proq hosil olish imkonini beradi hamda pestitsid sarfini kamaytirib, qishloq xo'jaligi tizimining ekologik barqarorligiga hissa qo'shadi.

Ikkinchi avlod GMOlar esa iste’molchilarga yo‘naltirilgan bo‘lib, mahsulotlarning **oziqlanish qiymati, biologik mavjudligi va sensor ko‘rsatkichlarini yaxshilash**ga qaratilgan. Vitamin A bilan boyitilgan “Golden Rice”, uzoq saqlanuvchi pomidor navlari yoki yog‘ kislotasi nisbati yaxshilangan soya yog‘i shular jumlasidandir. Genetik modifikatsiyaning o‘zi tirik organizm DNKsiga maqsadli o‘zgartirish kiritish orqali yangi funksional xususiyatlar berishni anglatadi va ushbu texnologiya bugungi kunda qishloq xo‘jaligidan tortib oziq-ovqat sanoatigacha keng qo‘llanib kelmoqda.

Evropa Ittifoqi GMOlar bo‘yicha dunyodagi eng qat’iy nazorat tizimiga ega. **EFSA** tomonidan amalga oshiriladigan ko‘p bosqichli ilmiy ekspertiza inson, hayvon va ekologiya xavfsizligini har tomonlama baholashni ta’minlaydi. GMOlarga ruxsat olish jarayoni shaffof bo‘lib, har bir mahsulotga 10 yillik avtorizatsiya beriladi va bu muddat tugagach, yangi ilmiy ma’lumotlar asosida qayta ko‘rib chiqiladi. “Yuqori ehtiyotkorlik tamoyili” esa har qanday xavf belgisi paydo bo‘lgan taqdirda GMOlarni darhol muomaladan chiqarishni nazarda tutadi.

Oxirgi 20 yildagi global tahlillar va minglab ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, **tasdiqlangan GMO oziq-ovqatlar inson salomatligiga salbiy ta’sir ko‘rsatganlik holatlari qayd etilmagan**. Allergiklik, toksiklik yoki uzoq muddatli sog‘liq bilan bog‘liq xavflar bo‘yicha ishonchli dalillar topilmagan. Chorvachilik hayvonlari ustidagi keng ko‘lamli tadqiqotlar ham GMO ozuqalarining hayvonlar sog‘ligiga salbiy ta’sir ko‘rsatmasligini tasdiqlaydi. Ekologik monitoring, xususan Bt-ekinlar bo‘yicha, pestitsid sarfini keskin kamaytirish orqali agroekotizimga ijobiy natija berayotganini ko‘rsatmoqda.

Shu bilan birga, GMOlarning ba’zi ehtimoliy xavflari – begona o‘tlarning herbistidga chidamli turlarining paydo bo‘lishi, zararkunandalarning rezistentligi va biodiversitetga salbiy ta’sir xavfi – doimiy ilmiy nazoratni talab qiladi. Munosib tartibga solish, monitoring va ekologik xavfsizlikka qat’iy rioya qilish bu jarayonning ajralmas qismi hisoblanadi.

Yakun qilib aytganda, GMOlar bugungi global oziq-ovqat xavfsizligi, iqlim o‘zgarishiga moslashuv va agrar sanoat samaradorligini oshirishda strategik ahamiyatga ega. Ularning afzalliklari ham, potensial xavflari ham ilmiy asosda baholanishi va nazorat ostida qo‘llanishi — iste’molchi va atrof-muhit xavfsizligini ta’minlashning eng muhim shartidir.

Adabiyotlar

[1]. Botirov, B., Biotexnologiya asoslari. Toshkent: O‘zbekiston milliy ensiklopediyasi, 2018.
[2]. Xodjayeva, G., Nurmatov, A., Oziq-ovqat xavfsizligi: nazariy va amaliy asoslar. Toshkent: Innovatsiya, 2020.
[3]. Karimov, R., Genetika va seleksiya asoslari. Toshkent: Fan va texnologiya nashriyoti, 2016.
[4]. Usmonov, M., Agrar biotexnologiya va uning istiqbollari. Toshkent: Universitet nashriyoti, 2019.
[5]. Shodmonov, F., Oziq-ovqat kimyosi va biotexnologiyasi. Toshkent: Mehnat, 2015.
[6]. Rasulov, A., To‘xtaboyev, I., Qishloq xo‘jaligi ekinlarida genetik innovatsiyalar. Samarqand: Registon, 2021.
[7]. O‘zbekiston Respublikasi Oziq-ovqat xavfsizligi to‘g‘risidagi Qonun, 2021-yil.
[8]. Ziyayev, O., Ekologik xavfsizlik va barqaror rivojlanish. Toshkent: Fan, 2017.

UDK 661.725.68

MAXSAR MOYINI NORMAL BUTIL SPIRTI ETERIFIKATSIYA JARAYONINING TEXNOLOGIK SXEMASINI ISHLAB CHIQISH VA SANOAT REAKTORINI MATEMATIK MODELLASHTIRISH VA OPTIMALLASHTIRISH

H.S. Fozilov[1]*., U. Sodiqov[2]., S.F. Fozilov[1]

[1]Buxoro Davlat Texnika universiteti
[2]Farg’ona Davlat Texnika universiteti
**Mas’ul muallif, e-mail: fozilovhasann@gmail.com*
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada maxsar moyini normal butil spirti bilan eterifikatsiya qilish jarayonining texnologik sxemasini ishlab chiqish hamda sanoat reaktorini matematik modellashtirish va optimallashtirish masalalari tadqiq etilgan. Jarayonni samarali tashkil etish uchun eksperimentlarni*

rejalashtirish usuli va ideal aralashtirish modeli asosida matematik model tuzilgan. Reaktsion aralashmaning qovushqoqligi va kontakt vaqtining o‘zaro bog‘liqligi tahlil qilinib, bitta reaktor o‘rniga ikki bosqichli aralashtirish reaktorlari kaskadini qo‘llash maqsadga muvofiqligi asoslab berilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, birinchi reaktorda optimal kontakt vaqti 1,1 soat, ikkinchi reaktorda esa 0,9 soat ekanligi aniqlangan va maxsar moyi asosida biologik faol prisadkalar olish texnologiyalarini takomillashtirish imkoni beradi.

Kalit so‘zlar: *maxsar moyi, normal butil spirti, eterifikatsiya, matematik modellashtirish, optimallashtirish, ideal aralashtirish reaktori, reaktorlar kaskadi, kontakt vaqti, qovushqoqlik, texnologik sxema, kimyoviy jarayonlar, eksperimentlarni rejalashtirish.*

Аннотация. *В данной статье исследованы вопросы разработки технологической схемы процесса этерификации сафлорового масла нормальным бутиловым спиртом, а также математического моделирования и оптимизации промышленного реактора. Для эффективной организации процесса была разработана математическая модель на основе метода планирования эксперимента и модели идеального смешения. Проанализирована взаимосвязь между вязкостью реакционной смеси и временем контакта, а также обоснована целесообразность применения каскада двух реакторов идеального смешения вместо одного реактора. По результатам исследования установлено, что оптимальное время контакта в первом реакторе составляет 1,1 часа, а во втором — 0,9 часа. Полученные результаты позволяют совершенствовать технологии получения биологически активных присадок на основе сафлорового масла.*

Ключевые слова: *сафлоровое масло, нормальный бутиловый спирт, этерификация, математическое моделирование, оптимизация, реактор идеального смешения, каскад реакторов, время контакта, вязкость, технологическая схема, химические процессы, планирование эксперимента.*

Abstract. *This article investigates the development of a technological scheme for the esterification process of safflower oil with normal butyl alcohol, as well as the mathematical modeling and optimization of an industrial reactor. To ensure efficient process organization, a mathematical model based on the experimental design method and the ideal mixing model was developed. The relationship between the viscosity of the reaction mixture and the contact time was analyzed, and the feasibility of using a cascade of two ideal mixing reactors instead of a single reactor was substantiated. According to the research results, the optimal contact time was determined to be 1.1 hours in the first reactor and 0.9 hours in the second reactor. The obtained results make it possible to improve technologies for producing biologically active additives based on safflower oil.*

Keywords: *safflower oil, normal butyl alcohol, esterification, mathematical modeling, optimization, ideal mixing reactor, reactor cascade, contact time, viscosity, technological scheme, chemical processes, experimental design.*

Kirish: Dunyo bo’yicha yoqilg’i-energetik kompleks rivoji dizelь va motor yoqilg’isini har yiliga o’sish talabi bilan belgilanadi. Dizel yoqilg’ilarin ekspluatatsion xossalarini yaxshilashni iqtisodiy qulay usullaridan biri turli xil prisadkalarni qo’llash hisoblanadi. Dizelь yoqilg’isi moylovchanlik xossalariga ta’sir prisadkalar kontsentratsiyasi ta’siri o’rganildi, materiallar sarfi va vaqtni tejash, maxsus qurilmalarda olib borish, juda ko’p analogik tajribalarni olib bormaslik uchun jarayonni matematik modellashtirish katta qiziqish uyg’otadi [1].

Optimallashtirish masalasini qo’yilishi. Optimallashtiriladigan o’zgaruvchilar jarayonning kirish o’zgaruvchilari qatoridan olinadi. Optimal loyihalash masalasini hal etishda optimallashtirilayotgan o’zgaruvchilar qatoriga jarayonning konstruktiv parametrlari (konstruktsiya tipi, o’lchamlari va h.) kiritilgan bo’ladi, aksincha holatlarda, optimal boshqaruv masalasi hal etiladi. Optimallashtiriladigan (boshqariluvchi) o’zgaruvchi larning U optimal qiymatlarini qidirishdan ko’zlangan asosiy maqsad jarayonni amalga oshirishning eng yaxshi rejim parametrlarini aniqlashdir.

Materiallar va usullar: Tadqiq etilayotgan texnologik jarayonni modellashtirish va optimal lashtirish uchun eksperimentni rejalashtirish usuli ishlatilgan. Matematik modellashtirish deganda

matematik model yordamida ob'ektning xususiyatlarini o'rganish tushuniladiyu uning maqsadi jarayon uchun optimal sharoitlarni aniqlash, uni matematik model asosida boshqarish va natijalarni ob'ektga o'tkazishdir.

- Matematik model – matematik belgilar yordamida hodisa yoki jarayonning taxminiy tavsifi.

- Har qanday matematik modelni qurish modellashtiriladigan ob'ektning fizik tavsifidan boshlanadi. Shu bilan birga, modellashtirish ob'ektida sodir bo'ladigan "elementar" jarayonlar aniqlanadi, ular modelda aks ettiriladi va ularning tavsifida qabul qilingan asosiy taxminlar shakllantiriladi. Keyin matematik tavsifning tuzilishi uchun asos bo'lgan jarayonning gidrodinamik modeoini o'rganadilar. Keyinchalik, ular topilgan modelning gidrodinamik sharoitlarini hisobga olgan holda kimyoviy reaktsiyalar kinetikasini, massa va issiqlik uzatish jarayonlarini o'rganadilar va bu jarayonlarning har birining matematik tavsifini yaratadilar. Yakuniy bosqich-barcha o'rganilgan "elementar" jarayonlarning tavsiflarini modellashtirishning matematik ob'ekti tenglamalarining yagona tizimiga birlashtirish.

- Apparatdagi oqimlar tuzilishining matematik tavsifi – modellarni qurish uchun asos. Haqiqiy qurilmalarda oqimlarning harakati shunchalik murakkabki, hozirgi vaqtda ko'p hollarda ularga qat'iy matematik tavsif berish mumkin emas. Shu bilan birga, oqim strukturasi kimyoviy texnologik jarayonlarning samradorligiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi ma'lum. Bunda oqim strukturasining matematik modellari kimyoviy texnologik jarayonning matematik tavsifini qurish uchun asosdir [2].

- Real oqimlarning to'g'ri tavsifi hal qilish juda qiyin muammolarga olib keladi. Shuning uchun hozirgi kunga qadar ishlab chiqilgan qurilmalarda oqim tuzilishi juda oddiy va yarim yarim empirik xarakterna ega. Ammo, ular allaqachon haqiqiy jismoniy jarayonni juda aniq aks ettiruvchi modellariniolish imkonini beradi.

- Yashash vaqtini taqsimlanishini hisobga olgan holda zo'ari ta'sir qiluvchi diffuziya va issiqlik oqimlarining butun xilma-xilligi standart matematik modellar shaklida rasmiylashtirilishi mumkin: ideal aralashtirish, ideal siqib chiqarish, diffuziya, uyali, aylanma va kombinatsiyalashgan [3].

- Maxsar moyini eterifikatsiya qilishning matematik modelini tuzishda ideal aralashtirishning standart matematik modeli asos qilib olingan.

- Vazifa maxsar moyini butanol bilan eterifikatsiya qilish sharoitida eng samarali reaktsiya qurilmasini aniqlash edi. Eterifikatsiya qilish reaktorini modellashtirish jarayonida quyidagilarni hisobga olish zarur.

- kimyoviy reaktsiya kinetikasini keltirilgan (1) bog'liqlikka bo'ysunadi;

- reaktsion aralashma reagentlar-suyuq katalizator ikki fazali tizimdan iborat, shuning uchun reaktsion aralashmani yetarli darajadagi muloqot yuzasini ta'minlash uchun jadal arlashtirib turish kerak.

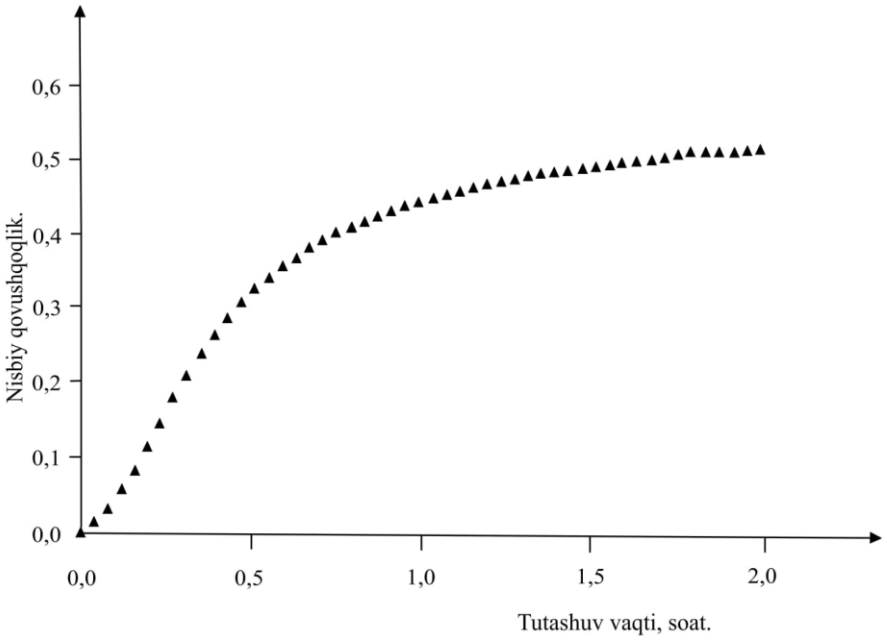
Natijalar va ularning muhokamasi: Maxsar moyini butanol bilan eterifikatsiya qilish reaktori turini asoslash va uning matematik modelini tuzish. Ideal aralashtirish modeli bilan bayon etiladigan reaktorni asos qilib olamiz. Ideal aralashtirish modeli qurilmaga to'g'ri keladi, unda unga kiradigan modda bir zumda qurilmaning butun hajmi bo'ylab tarqaladi. Apparatning istalgan nuqtasida moddaning kontsentratsiyasi undan chiqishdagi kontsentratsiyaga teng.

Ideal aralashtirish reaktori uchun nisbiy qovushqoqlikning kontakt vaqtiga bog'liqlik tenglamasi kinetik tenglama) ni hisobga olgan holda quyidagi ko'rinishda ifodalanadi:

$$\frac{\upsilon_i}{\tau} = k\,(\upsilon_m - \upsilon_i)(M_0 + \upsilon_i), \tag{1}$$

Bu yerda, τ - kontakt vaqti, min.

Nisbiy qovushqoqlikning kontakt vaqtiga grafik bog'liqligi 1-rasmda keltirilgan.



Rasm-1. Ideal aralashtirish reaktorida kontakt vaqti bo'yicha reaktsion aralashmaning shartli qovushqoqligining o'zgarishi.

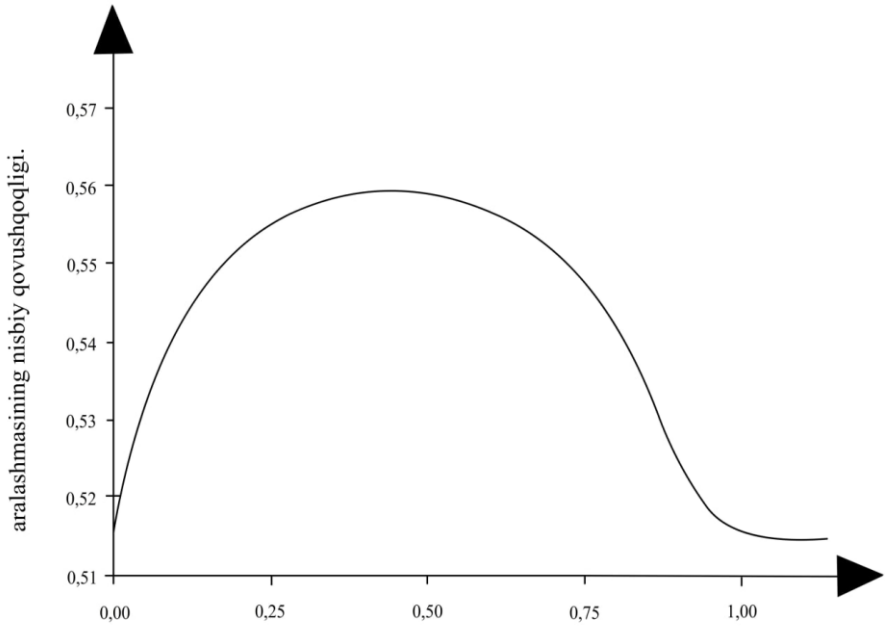
1- rasmdan ko'rinib turibdiki, bitta ideal aralashtirish reaktorini qo'llash moyli xom-ashyoning maqbul darajada o'zgarishlariga yetishga imkon bermaydi, shuning uchun bu holda aralashtirish reaktorlarining kaskadini qo'llash maqsadga muvofiqdir. Quyidagi taxminlarni qilamiz:

1) har bitta reaktorda ideal aralashtirish amalga oshiriladi;

2) reaktorlar orasida teskari aralashtirish mavjud emas.

Ko'ndalang aralashtirishni miqdoriy xarakterlovchi parametr bo'lib to'liq aralashtirish reaktorlarining soni N hisoblanadi. N ni 2 deb qabul qilamiz, chunki sxemaga uchinchi reaktorni kiritish mahsulot aralashmasining nisbiy qovushqoqligini juda kam oshiradi (taxminan 0,01 ga) bu metall sarfining oshishiga va qurilmaning qimmatlashishiga olib keladi (bitta eterifikatsiya reaktori narxinig ulushi qurilma jihozining umumiy narxidan taxminan 3 % ni tashkil qiladi) [4].

Xomashyoning birinchi va ikkinchi reaktorlarda bo'lishning optimal vaqtini τ1 va τ2 ni aniqlashuchun aralashtirishning ikiita reaktorlaridan keyin mahsulot aralashmasining nisbiy qovushqoqligining 2 soatga teng bo'lgan umumiy kontakt vaqti Ʈ ning ikkinchi reaktorda xomashyoning bo'lish vaqti ulushi Ʈ2/Ʈ1 ga bog'liqligini qo'llaymiz (2-rasm).



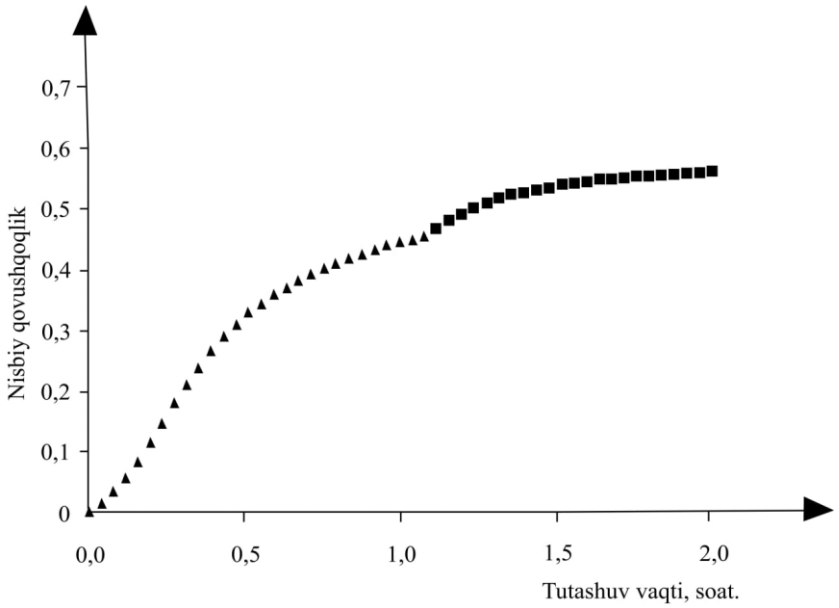
Rasm-2. Mahsulot aralashmasi qovushqoqligining ikkinchi reaktorda xomashyoning bo'lish vaqti ulushiga bog'liqligi $\frac{Ʈ2}{Ʈ1}$

2- rasm bo'yicha reagentlaring ikkinchi reaktorda optimal kontakt vaqti 0,9 soatni tashkil qiladi, birinchi reaktorda-1,1 soatni reaktorlar kaskadi uchun nisbiy qovushqoqlikning vaqt bo'yicha o'zgarish egri chiziqlari quyidagi parametrlar bilan (3-rasm) ko'rinishga ega[5].

Shuning uchun qurilmani loyihalashda N=2 li aralashtirish reaktorlari kaskadini asos qilib olamiz. Birinchi reaktorda bo'lish vaqti 1,1 soatni, ikkinchi reaktorda -0,9 soatni tashkil qiladi.

Tajriba qurilmasida o'tkazilgan eksperimentlar natijalarini "tajribalarni rejalashtirish" usulida qayta ishlash natijasida qurilmadan chiqarilayotgan neft harorati va neft oqimining qurilmada retsirkulyatsiyalash

ulushini ifodalovchi regressiya tenglamalari olindi [6].



▲ *– ideal aralashtirishning 1-reaktorida*

■ *– ideal aralashtirishning 2-reaktorida*

Rasm-3. Reaktsion aralashma shartli qovushqoqlikning kontakt vaqti bo'yicha o'zgartirish.

Xulosa: Ushbu tadqiqot ishida maxsar moyini normal butil spirti bilan eterifikatsiya qilish jarayonining texnologik sxemasi ishlab chiqildi hamda sanoat reaktorini matematik modellashtirish va optimallashtirish amalga oshirildi. Jarayonni tadqiq etishda ideal aralashtirish modeli va eksperimentlarni rejalashtirish usullaridan foydalanilib, reaktsion aralashmaning qovushqoqligi hamda kontakt vaqtining o'zaro bog'liqligi tahlil qilindi.

Tadqiqot natijalari bitta ideal aralashtirish reaktoridan foydalanish jarayon samaradorligini to'liq ta'minlamasligini ko'rsatdi. Shu sababli ikki bosqichli aralashtirish reaktorlari kaskadini qo'llash maqsadga muvofiq ekanligi ilmiy jihatdan asoslandi. Hisob-kitoblar va modellashtirish natijasida birinchi reaktorda optimal kontakt vaqti 1,1 soat, ikkinchi reaktorda esa 0,9 soat ekanligi aniqlandi.

Taklif etilgan matematik model texnologik jarayon parametrlarini oldindan prognoz qilish, eksperimental tadqiqotlar sonini kamaytirish hamda material va energiya sarfini optimallashtirish imkonini beradi. Olingan natijalar maxsar moyi asosida biologik faol prisadkalar ishlab chiqarish texnologiyalarini takomillashtirishda va sanoat miqyosida samarali reaktor qurilmalarini loyihalashda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Adabiyotlar

[1]. Кафаров В.В., Глебов М.Б. Математическое моделирование основных процессов химических производств: учеб. пособие для вузов.-М.: Высшая шк., 1991.-400 с.

[2]. Иоффе И.Л. Проектирование процессов и аппаратов химической технологии.: Учебник для техникумов. - С.-Пб.: Химия, 1991.- 352 с.

[3]. Фозилов С.Ф., Хўжақулов К.Р., Нарзуллаева А.М., Мавлонов Б. А. Изучение параметров процесса гидрогенизации жиров с целью получения высших жирных спиртов. Научно-тенический журнал ФерПИ. Фарғона. 2020. Том 24. №6. С.177-181.

[4]. Фозилов. Х.С., Turabdjanov S. M. Фозилов С.Ф., Mavlonov B. A., Sharipov B. Z., Majidov A. A. Technology for producing higher fatty alcohols based on paraffin hydrocarbons and their effect on the lubrication properties of diesel fuel. Proceedings of the III International Conference on Advances in Science, Engineering, and Digital Education AIP Conf. Published by AIP Publishing. AIP Conf. Proc.2969, (12.01.2024), (060028) 1-5 p.

[5]. Каримова С.А., Фозилов С.Ф., Ахмедова О.Б.,Мавлонов Б.А., Фозилов Х.С. Математическое моделирование влияния моющно-диспергирующих компонентов на улучшение трибологических свойств дизельного топлива. Фан ва технологиялар тараққиёти" Илмий техникавий журнал. № 6/2024 йил 198-204 б.

[6]. Фозилов Ҳ.С., Туробжонов С.М., Фозилов С.Ф. Кам олтингугуртли дизель ёқилғиларининг мойловчанлик хоссаларига юқори ёғ кислота ва спиртларнинг присадкалик хусусиятларини ўрганиш // "Фан ва технологиялар тараққиёти" Илмий техникавий журнал. № 3/2025 йил 58-62 бет.

УДК 538.911:611.637

ЭКСТРАКЦИОН ФОСФОР КИСЛОТАСИ, КУНГАБОҚАР КУЛИ ВА АММОНИЙ НИТРАТ АСОСИДА СУСПЕНЗИЯЛАНГАН АЗОТ–ФОСФОР–КАЛИЙЛИ ЎҒИТ ОЛИШ

М.С. Вохидова[1]*, З.К. Дехканов[1]

[1]Фарғона давлат техника университети
**Масъул муаллиф, e-mail: zulfikaxar2404@gmail.com*
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Аннотация. *Қишлоқ хўжалигида юқори самарадор ва экологик хавфсиз ўғитларга бўлган талабнинг ортиши саноат ва қишлоқ хўжалиги чиқиндиларидан самарали фойдаланиш асосида янги турдаги комплекс ўғитлар ишлаб чиқариш технологияларини яратишни талаб этмоқда. Ушбу тадқиқотда экстракцион фосфор кислотаси, кунгабоқар кули ва аммоний нитрат асосида суспензияланган азот–фосфор–калийли (NPK) ўғит олиш технологияси ишлаб чиқилди. Экстракцион фосфор кислотаси фосфор манбаи сифатида, аммоний нитрат азот манбаи сифатида ҳамда кунгабоқар кули калийга бой компонент сифатида қўлланилди. Кунгабоқар кули таркибидаги калий, кальций, магний ва бошқа минерал компонентлар ўғитнинг агрокимёвий хусусиятларини яхшилашда муҳим аҳамиятга эга эканлиги аниқланди. Суспензияланган ўғит синтези жараёнида ҳарорат, pH муҳити, аралаштириш тезлиги, компонентлар нисбати ва реакция вақтининг суспензия барқарорлиги ҳамда озиқ элементлар миқдорига таъсири ўрганилди. Олинган суспензияланган NPK ўғит юқори агрегатив барқарорлик, паст чўкма ҳосил қилиш хусусияти ва ўсимликлар томонидан тез ўзлаштириладиган азот, фосфор ва калий миқдори билан тавсифланди. Таклиф этилаётган технология саноат ва аграр чиқиндиларни қайта ишлаш, чиқиндилар ҳажмини камайтириш, табиий ресурсларни тежаш ва айланма иқтисодиёт тамойилларини жорий қилиш нуқтаи назаридан муҳим аҳамиятга эга.*

Таянч сўзлар: *суспензияланган ўғит, экстракцион фосфор кислотаси, кунгабоқар кули, аммоний нитрат, NPK ўғит, ресурс тежамкор технология.*

Аннотация. *Растущий спрос на высокоэффективные и экологически чистые удобрения в сельском хозяйстве требует создания новых технологий производства комплексных удобрений на основе эффективного использования промышленных и сельскохозяйственных отходов. В данном исследовании разработана технология получения суспензионных азотно-фосфорно-калиевых (НПК) удобрений на основе экстрагированной фосфорной кислоты, золы подсолнечника и нитрата аммония. Экстрагированная фосфорная кислота использовалась в качестве источника фосфора, нитрат аммония — в качестве источника азота, а зола подсолнечника — в качестве калийсодержащего компонента. Установлено, что калий, кальций, магний и другие минеральные компоненты золы подсолнечника имеют большое значение для улучшения агрохимических свойств удобрений. В процессе синтеза суспензионных удобрений изучалось влияние температуры, pH среды, скорости перемешивания, соотношения компонентов и времени реакции на стабильность суспензии и количество питательных веществ. Полученное суспензионное НПК удобрение характеризовалось высокой агрегативной стабильностью, низкими седиментационными свойствами и высоким содержанием азота, фосфора и калия, которые быстро усваиваются растениями. Предложенная технология имеет большое значение с точки зрения переработки промышленных и сельскохозяйственных отходов, сокращения их объёма, экономии природных ресурсов и внедрения принципов циркулярной экономики.*

Ключивые слова*: суспензионные удобрения, экстрагированная фосфорная кислота, зола подсолнечника, нитрат аммония, NPK-удобрения, ресурсосберегающая технология.*

Abstract. *This article analyzes the effective use of bakery products generated in oil production enterprises, the technological importance of fatty substances in the production of molded bread, ways to optimize their quantity and improve the quality of the finished product. The proposed technology is aimed at reducing food waste and increasing production efficiency.*

Keywords: *Oil production, molded bread, technology, waste, quality, optimization, food industry.*

1. Кириш. Бугунги кунда жаҳонда аҳоли сонининг ортиши ва озиқ-овқат маҳсулотларига бўлган талабнинг ошиб бориши қишлоқ хўжалиги маҳсулотлари ҳосилдорлигини оширишни талаб этмоқда. Бу эса ўз навбатида юқори самарали минерал

ўғитлардан кенг фойдаланиш билан боғлиқдир. Азот, фосфор ва калий ўсимликлар ҳаёти учун энг муҳим макроэлементлар ҳисобланиб, улар ўсимликнинг ўсиши, ривожланиши, фотосинтез жараёни, илдиз тизими шаклланиши ва ҳосилдорликни оширишда муҳим роль ўйайди [1-3].

Анъанавий минерал ўғитлар ишлаб чиқариш технологиялари асосан юқори навли минерал хом ашёлар ва энергия сарфи юқори бўлган технологик жараёнларга асосланади. Бу эса маҳсулот таннархининг ошишига ва атроф-муҳитга салбий таъсир кўрсатувчи саноат чиқиндиларининг кўпайишига сабаб бўлади. Сўнгги йилларда саноат ва қишлоқ хўжалиги чиқиндиларини қайта ишлаш асосида экологик хавфсиз ва ресурс тежамкор ўғитлар ишлаб чиқариш бўйича илмий тадқиқотларга катта эътибор қаратилмоқда. Экстракцион фосфор кислотаси таркибида катта миқдорда фосфор бирикмалари мавжуд бўлиб, у фосфорли ўғитлар ишлаб чиқариш учун муҳим хом ашё ҳисобланади [3-7].

Кунгабоқар кули эса биомасса ёниши натижасида ҳосил бўладиган калийга бой иккиламчи ресурс бўлиб, унинг таркибида K_2O, CaO, MgO ва микроэлементлар мавжуд. Аммоний нитрат юқори азот сақловчи минерал бирикма сифатида тез ўзлаштириладиган азот манбаи ҳисобланади [8].

Суспензияланган минерал ўғитлар замонавий қишлоқ хўжалигида юқори концентрацияли, бир текис тақсимланувчи ва фертигация тизимларига мослиги билан ажралиб туради. Бундай ўғитлар озиқ элементларнинг ўсимлик томонидан самарали ўзлаштирилишини таъминлайди [9].

Шу муносабат билан ушбу тадқиқотнинг асосий мақсади экстракцион фосфор кислотаси, кунгабоқар кули ва аммоний нитрат асосида юқори барқарорликка эга суспензияланган азот–фосфор–калийли ўғит олиш технологиясини ишлаб чиқишдан иборат [10-12].

2. Илмий янгилик. Ушбу тадқиқотнинг илмий янгилиги экстракцион фосфор кислотаси, кунгабоқар кули ва аммоний нитрат асосида янги турдаги суспензияланган азот–фосфор–калийли ўғит ишлаб чиқиш технологиясини яратиш билан изоҳланади. Анъанавий NPK ўғитлардан фарқли равишда, таклиф этилаётган технологияда саноат чиқиндиси ҳисобланган экстракцион фосфор кислотаси ва қишлоқ хўжалиги чиқиндиси бўлган кунгабоқар кули бир вақтнинг ўзида фосфор ва калий манбаи сифатида қўлланилди.

Тадқиқот давомида кислотали муҳитда кунгабоқар кули таркибидаги калий бирикмаларининг эрувчан шаклга ўтиши ҳамда фосфат ионлари билан биргаликда барқарор суспензия тизими ҳосил қилиши илмий жиҳатдан асослаб берилди. Бундан ташқари, суспензия барқарорлигига pH муҳити, ҳарорат, аралаштириш тезлиги ва қаттиқ–суюқ фаза нисбатининг таъсири комплекс равишда ўрганилди. Таклиф этилаётган технология саноат ва аграр чиқиндиларни юқори қийматли агрокимёвий маҳсулотларга айлантиришга қаратилган айланма иқтисодиёт тамойилларига асосланган янги илмий ёндашув ҳисобланади.

3. Материаллар ва усуллар.

3.1. Хом ашё материаллари. Ушбу тадқиқотда суспензияланган азот–фосфор–калийли (NPK) ўғит олиш учун асосий хом ашё сифатида экстракцион фосфор кислотаси, кунгабоқар кули ва аммоний нитратдан фойдаланилди.

Экстракцион фосфор кислотаси. Фосфор манбаи сифатида минерал ўғитлар саноатида ҳосил бўладиган экстракцион фосфор кислотаси қўлланилди. Кислота таркибида асосий компонент сифатида фосфор ангидриди (P_2O_5), шунингдек кальций, магний, темир ва бошқа микроэлементлар мавжудлиги аниқланди. Экстракцион фосфор кислотаси юқори реакцион фаолликка эга бўлиб, суспензияланган ўғит таркибида фосфорнинг ўсимликлар томонидан ўзлаштириладиган шаклларини ҳосил қилиш имконини беради [13-15].

Кунгабоқар кули. Калий сақловчи компонент сифатида кунгабоқар пояси ва қолдиқларини ёқиш натижасида ҳосил қилинган кунгабоқар кули ишлатилди. Кул таркибида асосан калий карбонати, кальций оксиди, магний бирикмалари ва кремний сақловчи минераллар мавжудлиги кузатилди. Кунгабоқар кули қуритилиб, майдаланди ва 0,25 мм дан кичик заррача ўлчамигача элакдан ўтказилди [16].

Аммоний нитрат. Азот манбаи сифатида аммоний нитрат (NH_4NO_3) қўлланилди. Аммоний нитрат юқори эрувчанлик хусусиятига эга бўлиб, суспензия таркибида азотнинг тез ўзлаштириладиган шаклини таъминлайди [17].

3.2. Хом ашёларни тайёрлаш.

Тажрибалардан олдин барча хом ашёлар лаборатория шароитида тайёрланди. Кунгабоқар кули 105°C ҳароратда доимий массагача қуритилди. Кейин майдалаш жараёни амалга оширилиб, бир хил дисперсликка эришиш мақсадида 0,25 мм ли элакдан ўтказилди [18-22].

Экстракцион фосфор кислотаси таркибидаги механик қўшимчалар фильтрлаш орқали ажратилди. Аммоний нитрат эса қуруқ ҳолда сақланиб, тажриба вақтида белгиланган миқдорларда реакцион муҳитга киритилди.

3.3. Суспензияланган NPK ўғитни синтез қилиш усули.

Суспензияланган NPK ўғит лаборатория реакторида механик аралаштиргич ёрдамида синтез қилинди. Реакторга белгиланган миқдорда экстракцион фосфор кислотаси қуйилди ва маълум ҳароратгача қиздирилди.

Сўнгра доимий аралаштириш шароитида кунгабоқар кули қисмлаб қўшилди. Кулнинг кислотали муҳитда нейтралланиши натижасида калийнинг эрувчан шаклга ўтиши кузатилди. Кейин аммоний нитрат реакцион муҳитга киритилди ва аралаштириш давом эттирилди[23-27].

Тажрибалар қуйидаги технологик параметрларда олиб борилди:

- ҳарорат: 40–90°C;
- реакция вақти: 30–180 дақиқа;
- pH муҳити: 4,0–7,0;
- аралаштириш тезлиги: 200–600 rpm;
- қаттиқ–суюқ фаза нисбати: 1:2–1:5.

Синтез жараёни тугагандан кейин ҳосил бўлган суспензия хона ҳароратигача совутилди ва унинг физик-кимёвий хусусиятлари таҳлил қилинди.

3.4. Реакция механизми.

Суспензияланган ўғит ҳосил бўлиши жараёнида қуйидаги асосий кимёвий реакциялар содир бўлиши тахмин қилинди:

Калий бирикмаларининг кислотада эриши:

$$K_2CO_3 + 2H_3PO_4 \rightarrow 2KH_2PO_4 + CO_2 + H_2O$$

Аммоний нитрат иштирокида азотли муҳит ҳосил бўлиши:

$$NH_4NO_3 \rightarrow NH_4^+ + NO_3^-$$

Фосфатли комплекслар ҳосил бўлиши:

$$Ca^{2+} + H_2PO_4^- \rightarrow CaHPO_4$$

Ушбу жараёнлар натижасида суспензия таркибида азот, фосфор ва калийнинг ўсимликлар томонидан ўзлаштириладиган шакллари ҳосил бўлади.

4. Экспериментал натижалар, жадваллар ва графиклар таҳлили. Ушбу тадқиқотда экстракцион фосфор кислотаси, кунгабоқар кули ва аммоний нитрат асосида суспензияланган азот–фосфор–калийли (NPK) ўғит олиш жараёни лаборатория шароитида ўрганилди. Тажрибалар давомида ҳарорат, pH муҳити, аралаштириш тезлиги, реакция вақти ва қаттиқ–суюқ фаза нисбатининг озиқ элементлар ажралиши ҳамда суспензия барқарорлигига таъсири тадқиқ қилинди [28]. Экспериментал натижалар асосида фосфор ва калийнинг энг юқори экстракция даражаси ҳамда барқарор суспензия ҳосил қилиш учун оптимал технологик параметрлар аниқланди [29]. Олинган натижалар саноат ва қишлоқ хўжалиги чиқиндиларини қайта ишлаш асосида юқори самарали ва экологик хавфсиз комплекс минерал ўғит ишлаб чиқариш имкониятини кўрсатди.

1-жадвал

Хом ашёларнинг кимёвий таркиби

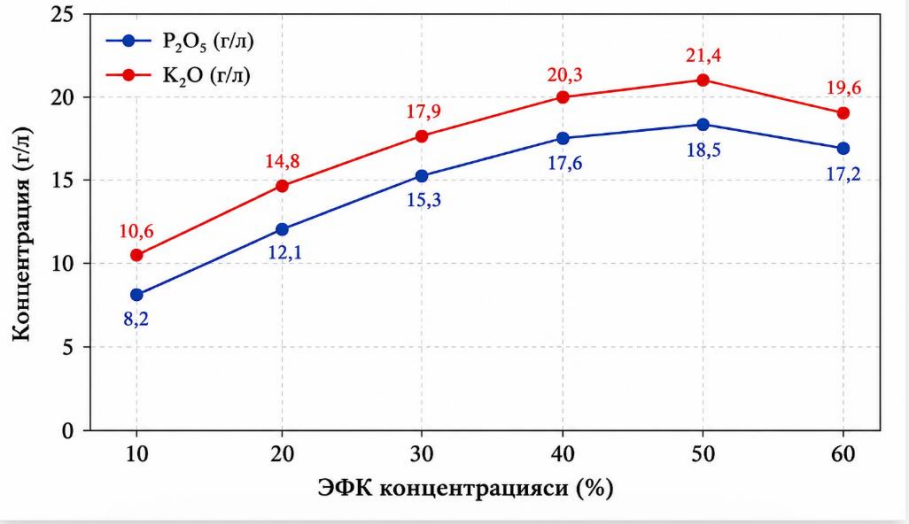
Компонентлар	Экстракцион фосфор кислотаси, (%)	Кунгабоқар кули, (%)
P_2O_5	18,7	1,2
K_2O	0,4	30,4
CaO	1,7	11,6
MgO	0,6	4,2
SiO_2	0,3	14,5
Намлик	72,5	1,4

1-жадвалда экстракцион фосфор кислотаси ва кунгабоқар кулининг кимёвий таркиби келтирилган. Натижаларга кўра, экстракцион фосфор кислотаси таркибида P_2O_5 миқдори 18,5% ни ташкил қилиб, у фосфорнинг асосий манбаи эканлиги аниқланди. Шу билан бирга, кислота таркибида маълум миқдорда кальций ва магний бирикмалари ҳам мавжудлиги кузатилди. Кунгабоқар кули таркибида эса K_2O миқдори 30,4% га тенг бўлиб, бу уни юқори калий сақловчи иккиламчи ресурс сифатида баҳолаш имконини беради. Шунингдек, кул таркибида CaO, MgO ва SiO_2 каби минерал компонентлар ҳам мавжудлиги аниқланди. Ушбу компонентлар суспензия барқарорлигини ошириш ва ўғитнинг агрокимёвий хусусиятларини яхшилашда муҳим аҳамиятга эга [30]. Олинган натижалар экстракцион фосфор кислотаси ва кунгабоқар кулининг комплекс NPK ўғит ишлаб чиқариш учун ўзаро мос хом ашёлар эканлигини кўрсатди.

Ушбу графикда экстракцион фосфор кислотаси (ЭФК) концентрациясининг фосфор ва калийнинг суюқ фазага ўтишига таъсири келтирилган. Натижаларга кўра, ЭФК концентрацияси 10% дан 50% гача оширилганда P_2O_5 ва K_2O концентрациялари мунтазам ортиб борган. Бу ҳолат кислотали муҳитнинг минерал фазаларга таъсири кучайиши ва калий ҳамда фосфат бирикмаларининг эрувчан шаклга ўтиши билан изоҳланади.

Энг юқори экстракция самарадорлиги 50% ЭФК концентрациясида кузатилиб, P_2O_5 миқдори 18,5 г/л ва K_2O миқдори 21,4 г/л ни ташкил қилди. Бу жараёнда экстракцион фосфор кислотаси минерал заррачаларнинг парчаланишини тезлаштириб, озиқ элементларнинг диффузиясини кучайтирган [31].

1-расм. Экстракцион фосфор кислотаси (ЭФК) концентрациясининг P_2O_5 ва K_2O ажралишига таъсири



(T = 80°C, t = 120 min, аралаштириш тезлиги = 400 rpm, қаттиқ : суюқ фаза нисбати = 1:3).

ЭФК концентрацияси 60% гача оширилганда эса P_2O_5 ва K_2O концентрацияларининг қисман пасайиши кузатилди. Бу юқори кислоталилик шароитида иккиламчи реакциялар, қайта кристалланиш ва айрим тузларнинг чўкмага тушиши билан боғлиқ бўлиши мумкин [32].

Шунингдек, графикдан K_2O концентрацияси барча ҳолатларда P_2O_5 га нисбатан юқори эканлиги кўринади. Бу кунгабоқар кули таркибида калий карбонат ва калий оксид бирикмаларининг юқори

миқдорда мавжудлиги ҳамда уларнинг кислотали муҳитда яхши эрувчанлиги билан изоҳланади [33].

Тадқиқот натижаларига асосан, 50% ЭФК концентрацияси суспензияланган NPK ўғит олиш жараёни учун оптимал технологик параметр сифатида танланди.

2-жадвал

Экстракцион фосфор кислотаси концентрациясининг озиқ элементлар ажралишига таъсири

ЭФК концентрацияси, (%)	P_2O_5, г/л	K_2O, г/л
5	10,2	13,0
10	13,8	15,9
15	16,2	18,7
20	**17,8**	**21,1**
25	16,3	19,6
30	15,9	18,8

2-жадвалда экстракцион фосфор кислотаси (ЭФК) концентрациясининг фосфор ва калийнинг суюқ фазага ўтишига таъсири келтирилган. Тажриба натижаларига кўра, ЭФК концентрацияси 5% дан 20% гача оширилганда P_2O_5 ва K_2O миқдорлари мунтазам ортиб борган.

Жумладан, 5% ЭФК концентрациясида P_2O_5 миқдори 10,2 г/л ва K_2O миқдори 13,0 г/л ни ташкил этган бўлса, 20% концентрацияда улар мос равишда 17,8 г/л ва 21,1 г/л га етган. Бу ҳолат кислотали муҳит таъсирида кунгабоқар кули ва минерал компонентларнинг интенсив парчаланиши ҳамда фосфат ва калий ионларининг эрувчан ҳолатга ўтиши билан изоҳланади [34].

Экстракцион фосфор кислотаси концентрацияси ошиши билан протонлар миқдори ортиб, қаттиқ фаза заррачаларининг парчаланиши тезлашган. Натижада масса алмашинув жараёни фаоллашиб, озиқ элементларнинг суюқ фазага ўтиши кучайган.

Бироқ ЭФК концентрацияси 25% га етганда P_2O_5 ва K_2O концентрацияларининг қисман камайиши кузатилган. Бу юқори кислоталилик шароитида иккиламчи реакциялар, айрим минерал тузларнинг қайта кристалланиши ва чўкма ҳосил бўлиши билан тушунтирилади [35, 36].

Шунингдек, жадвал натижаларида K_2O миқдори барча ҳолатларда P_2O_5 га нисбатан юқори эканлиги кузатилди. Бу кунгабоқар кули таркибида калий оксид ва калий карбонат бирикмаларининг юқори миқдорда мавжудлиги ҳамда уларнинг кислотали муҳитда яхши эрувчанлиги билан боғлиқ.

Олинган натижаларга асосан, 20% ЭФК концентрацияси суспензияланган NPK ўғит олиш жараёни учун энг мақбул технологик параметр сифатида танланди.

3-жадвал

Олинган суспензияланган NPK ўғитнинг якуний таркиби

Кўрсаткич	**Киймат**
Азот (N)	11,4%
P_2O_5	17,9 г/л
K_2O	20,4 г/л
pH	2,5
Зичлик	1,42 г/см^3
Суспензиянинг баркарорлиги	96%

3-жадвалда экстракцион фосфор кислотаси, кунгабоқар кули ва аммоний нитрат асосида олинган суспензияланган NPK ўғитнинг асосий физик-кимёвий кўрсаткичлари келтирилган. Натижаларга кўра, олинган маҳсулот таркибида азот (N) миқдори 11,4%, фосфор (P_2O_5) 17,9 г/л ва калий (K_2O) 20,4 г/л ни ташкил этган.

Азотнинг юқори миқдори аммоний нитратнинг яхши эрувчанлиги ва реакцион муҳитда барқарор сақланиши билан изоҳланади. Азот ўсимликларда оқсил синтези,

фотосинтез ва вегетатив ўсиш жараёнларини фаоллаштирувчи асосий элемент ҳисобланади. Фосфор миқдорининг юқори бўлиши экстракцион фосфор кислотасининг фосфат ионларига бойлиги ҳамда уларнинг суспензия муҳитида ўсимликлар томонидан ўзлаштириладиган шаклда сақланиши билан тушунтирилади. Фосфор ўсимлик илдиз тизимининг ривожланиши, энергия алмашинуви ва генератив жараёнларда муҳим аҳамиятга эга.

Калий концентрациясининг юқори қийматга эга бўлиши кунгабоқар кули таркибида калий оксид ва калий карбонат бирикмаларининг кўплиги билан боғлиқ. Калий ўсимликларда сув алмашинувини бошқариш, ферментатив жараёнларни фаоллаштириш ва стресс омилларга чидамлиликни оширишда муҳим роль ўйайди. Жадвалда келтирилган pH қиймати 2,5 га тенг бўлиб, бу муҳитда суспензия тизимининг юқори барқарорлиги таъминланган. Ушбу кислоталилик даражаси минерал заррачаларнинг қайта чўкиб кетишини камайтириб, озиқ элементларнинг эрувчан ҳолатда сақланишига ёрдам беради.

Суспензия зичлигининг 1,42 г/см³ бўлиши маҳсулот таркибида озиқ элементлар концентрациясининг юқорилигини кўрсатади. Бу кўрсаткич ўғитнинг транспортировка ва сақлаш жараёнларида технологик жиҳатдан қулай эканлигини англатади. Суспензия барқарорлигининг 96% ни ташкил этиши олинган маҳсулот юқори агрегатив ва седиментацион барқарорликка эга эканлигини кўрсатади. Бу эса суспензияланган ўғитнинг узоқ муддат сақланиши ва фертигация тизимларида қўлланилиши учун муҳим афзаллик ҳисобланади. Умуман олганда, олинган натижалар ишлаб чиқилган технология асосида юқори озиқ қийматга эга, барқарор ва агрокимёвий жиҳатдан самарали суспензияланган NPK ўғит олиш мумкинлигини тасдиқлайди.

Хулоса. Ушбу тадқиқот ишида экстракцион фосфор кислотаси, кунгабоқар кули ва аммоний нитрат асосида суспензияланган азот–фосфор–калийли (NPK) ўғит олиш технологияси илмий ва амалий жиҳатдан ўрганилди. Тадқиқот натижалари саноат ва қишлоқ хўжалиги чиқиндиларини юқори қийматли агрокимёвий маҳсулотларга айлантириш имконияти мавжудлигини тасдиқлади.

Тажрибалар жараёнида экстракцион фосфор кислотаси концентрацияси, ҳарорат, реакция вақти, қаттиқ–суюқ фаза нисбати, pH муҳити ва аралаштириш тезлигининг озиқ элементлар экстракцияси ҳамда суспензия барқарорлигига таъсири комплекс равишда тадқиқ қилинди. Натижаларга кўра, технологик параметрларнинг оптимал қийматлари аниқланиб, юқори барқарорликка эга суспензияланган NPK ўғит олишга эришилди.

Олинган маҳсулот таркибида азот (N) — 11,4%, фосфор (P_2O_5) — 17,9 г/л ва калий (K_2O) — 20,4 г/л миқдори аниқланди. Шу билан бирга, суспензия барқарорлигининг 96% ни ташкил этиши ишлаб чиқилган технологиянинг юқори самарадорлигини кўрсатди. Олинган ўғитда озиқ элементларнинг ўсимликлар томонидан тез ўзлаштириладиган шаклларда мавжудлиги уни фертигация ва замонавий интенсив қишлоқ хўжалиги тизимларида қўллаш имконини беради.

Азот компоненти аммоний нитрат орқали муҳитга тўлиқ эрувчан шаклда киритилганлиги сабабли, унинг экстракция даражаси алоҳида ўрганилмади. Шу боис технологик параметрларнинг таъсири асосан P_2O_5 ва K_2O нинг ажралиши орқали баҳоланди.

Тадқиқот давомида кунгабоқар кули таркибидаги калий бирикмалари кислотали муҳитда юқори даражада эрувчан ҳолатга ўтиши аниқланди. Экстракцион фосфор кислотаси эса фосфат ионларининг асосий манбаи сифатида минерал фазаларнинг парчаланишини фаоллаштирди. Аммоний нитрат иштироки эса суспензия муҳитида азотнинг барқарор сақланиши ва маҳсулотнинг комплекс минерал таркибини шакллантиришга хизмат қилди.

Олиб борилган тадқиқотлар асосида технологик жараён учун энг мақбул шартлар сифатида: ЭФК концентрацияси — 20%; ҳарорат — 80°C; реакция вақти — 150 дақиқа; қаттиқ–суюқ фаза нисбати — 1:3; pH муҳити — 2,5; аралаштириш тезлиги — 400 rpm деб белгиланди.

Таклиф этилаётган технологиянинг муҳим афзалликларидан бири саноат ва аграр чиқиндилардан самарали фойдаланиш орқали экологик юкламани камайтириш, чиқиндиларни қайта ишлаш ва айланма иқтисодиёт тамойилларини амалиётга жорий қилиш

ҳисобланади. Шу билан бирга, мазкур технология минерал ўғитлар ишлаб чиқаришда импорт хом ашёларга бўлган эҳтиёжни қисқартириш ва маҳаллий ресурслардан самарали фойдаланиш имконини яратади.

Адабиётлар

[1]. Абдуллаев Ж.А. Минерал ўғитлар технологияси. – Тошкент: Фан, 2018. – 356 б.
[2]. Беглов Б.М., Юлдашев Х.Т. Фосфорли ўғитлар ишлаб чиқариш технологияси. – Тошкент: Ўқитувчи, 2020. – 284 б.
[3]. Мусаев С.М. Агрокимё асослари. – Тошкент: Янги аср авлоди, 2019. – 312 б.
[4]. Раҳматов О., Исломов С. Комплекс ўғитларни иккиламчи минерал ресурслар асосида олиш. // Кимё ва кимёвий технология. – 2022. – №4. – Б. 55–63.
[5]. Эргашев А., Турсунов Б. Марказий Осиёда фосфор кислотасини қайта ишлаш технологиялари. // Ўзбекистон кимё журнали. – 2021. – №2. – Б. 41–50.
[6]. Нурматов Х., Хасанов Д. Фосфор сақловчи тизимларда экстракция кинетикаси. // Journal of Chemical Technology. – 2023. – Vol. 15. – P. 77–89.
[7]. Каримов У., Раҳимов А. Биомасса кулларидан агрокимёвий технологияларда фойдаланиш. // Озиқ-овқат ва кимё саноати. – 2023. – №1. – Б. 25–34.
[8]. Турсунов Қ.Қ. Минерал ва комплекс ўғитлар кимёси. – Тошкент: Тафаккур, 2021. – 298 б.
[9]. Рахимов Н.Н. Агрокимёвий технологиялар асослари. – Самарқанд: СамДУ нашриёти, 2020. – 264 б.
[10]. Абдукаримов Ш.А. Суспензияланган минерал ўғитлар технологияси. – Фарғона: ФарПИ, 2022. – 198 б.
[11]. Виноградов Д.В. Технология минеральных удобрений. – Москва: Химия, 2017. – 412 с.
[12]. Позин М.Е. Технология минеральных солей и удобрений. – Санкт-Петербург: Химия, 2018. – 568 с.
[13]. Кафаров В.В. Основы массопередачи и химической технологии. – Москва: Высшая школа, 2019. 447 с.
[14]. Гельперин Н.И. Основные процессы и аппараты химической технологии. – Москва: Химия, 2020. – 812 с.
[15]. Касаткин А.Г. Основные процессы и аппараты химической технологии. – Москва: Альянс, 2021. – 753 с.
[16]. Левин Б.В. Использование золы биомассы в производстве удобрений. // Химическая промышленность сегодня. – 2020. – №5. – С. 33–39.
[17]. Соколов А.А., Ягодин Б.А. Агрохимия. – Москва: Колос, 2019. – 584 с.
[18]. Баранов В.П. Исследование суспензионных удобрений и их устойчивости. // Журнал прикладной химии. – 2021. – Т. 94. – №7. – С. 1123–1131.
[19]. Tisdale S.L., Nelson W.L., Beaton J.D. Soil Fertility and Fertilizers. – New York: Macmillan Publishing, 2017. – 634 p.
[20]. Havlin J.L., Tisdale S.L. Soil Fertility and Nutrient Management. – Pearson Education, 2019. – 515 p.
[21]. Chien S.H., Prochnow L.I., Tu S. Agronomic and environmental aspects of phosphate fertilizers. // Advances in Agronomy. – 2021. – Vol. 125. – P. 69–112.
[22]. Becker P. Phosphates and Phosphoric Acid. – New York: Marcel Dekker, 2018. – 742 p.
[23]. Vassilev S.V., Baxter D. An overview of biomass combustion ashes. // Fuel. – 2019. – Vol. 105. – P. 19–39.
[24]. Demeyer A., Nkana J.C.V., Verloo M.G. Characteristics of wood ash and biomass ash. // Bioresource Technology. – 2018. – Vol. 77. – P. 287–295.
[25]. Khan A.A., de Jong W. Biomass combustion and ash utilization technologies. // Renewable Energy. – 2020. – Vol. 154. – P. 1234–1248.
[26]. Zougmoré R., Mando A. Role of potassium-rich biomass ash in soil fertility improvement. // Agriculture, Ecosystems & Environment. – 2021. – Vol. 215. – P. 43–52.
[27]. Cordell D., White S. Peak phosphorus and sustainable phosphorus recovery. // Global Environmental Change. – 2019. – Vol. 19. – P. 292–305.
[28]. Elser J., Bennett E. Phosphorus cycle and fertilizer sustainability. // Nature. – 2021. – Vol. 478. – P. 29–31.
[29]. Syers J.K., Johnston A.E. Efficiency of phosphorus fertilizers. // FAO Fertilizer Review. – 2020. – Vol. 44. – P. 18–37.
[30]. Shaviv A. Advances in controlled-release and suspension fertilizers. // Advances in Agronomy. – 2018. – Vol. 71. – P. 1–49.
[31]. Trenkel M.E. Slow- and Controlled-Release Fertilizers. – Paris: IFA, 2019. – 167 p.
[32]. Ahmedna M., Marshall W.E. Agricultural by-products as nutrient resources. // Journal of Environmental Management. – 2020. – Vol. 58. – P. 13–22.
[33]. Zhang Y., Chen H. Sustainable fertilizer production from industrial waste materials. // Journal of Cleaner Production. – 2022. – Vol. 315. – P. 128–145.
[34]. Li X., Wang S. Suspension fertilizer stabilization mechanisms. // Colloids and Surfaces A. – 2021. – Vol. 608. – P. 125–134.
[35]. Gupta R., Sharma P. Nitrogen transformation in suspension fertilizers. // Chemical Engineering Journal. – 2020. – Vol. 392. – P. 124–136.

IQLIM O'ZGARISHNING OZIQ-OVQAT MAXSULOTLARIGA TASIRI

L.A. Ibragimov, talaba G.I. Ikromova

Farg'ona davlat texnika universiteti
ibragimovlochinbek007@gmail.com
ikromovagulchehra511@gmail.com
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Iqlim o'zgarishi global muammolar qatorida eng dolzarb masalalardan biridir. U nafaqat tabiiy muhitga, balki insoniyat hayoti va iqtisodiyotiga ham salbiy ta'sir ko'rsatmoqda. Ushbu maqolada iqlim o'zgarishining oziq-ovqat mahsulotlariga ta'siri, ularning ishlab chiqarilishi va iste'moli jarayonida yuzaga keladigan muammolar tahlil qilinadi. Kutilayotgan iqlim o'zgarishlari natijasida oziq-ovqat xavfsizligi, qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishi va iste'mol odatlari qanday o'zgarishi mumkinligi haqida fikr yuritiladi.*

Kalit so'zlar: *Iqlim o'zgarishi, oziq-ovqat mahsulotlari, qishloq xo'jaligi, ekologiya, oziq-ovqat xavfsizligi.*

Аннотация. *Изменение климата – одна из самых острых глобальных проблем. Оно оказывает негативное влияние не только на окружающую среду, но и на жизнь человека и экономику. В статье анализируется влияние изменения климата на продукты питания, проблемы, возникающие в процессе их производства и потребления. Рассматривается, как могут измениться продовольственная безопасность, сельскохозяйственное производство и потребительские привычки в результате ожидаемых изменений климата.*

Ключевые слова: *Изменение климата, продукты питания, сельское хозяйство, экология, продовольственная безопасность.*

Abstract. *Climate change is one of the most pressing global issues. It has a negative impact not only on the natural environment, but also on human life and the economy. This article analyzes the impact of climate change on food products, the problems that arise in the process of their production and consumption. It considers how food security, agricultural production and consumption habits may change as a result of expected climate changes.*

Keywords*: Climate change, food products, agriculture, ecology, food security.*

Iqlim o'zgarishi - bu global haroratning ko'tarilishi, suv resurslarining kamayishi va tabiiy ofatlarning ko'payishi kabi hodisalardir. Ushbu jarayonlar oziq-ovqat ishlab chiqarishga bevosita ta'sir qiladi va bu esa insoniyat uchun jiddiy muammolarni keltirib chiqaradi.

Oziq-ovqat ishlab chiqarishdagi muammolar, masalan, qurg'oqchilik yoki hosilning pasayishi orqali oziq-ovqat narxlarining oshishiga olib keladi. Bu esa aholi orasida oziq-ovqat xavfsizligini pasaytiradi. Iqlim o'zgarishi natijasida haroratning ko'tarilishi, ayrim mintaqalarda qishloq xo'jaligi mahsulotlarini yetishtirish uchun noqulay sharoitlarni yaratishi mumkin. Masalan, issiq iqlim sharoitlari ba'zi ekinlar uchun zarur bo'lgan suv miqdorini kamaytirishi yoki o'simliklarning rivojlanishiga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin.

Iqlim o'zgarishi yomg'ir rejimini o'zgartirib, qurg'oqchilik yoki ortiqcha yog'ingarchilikka olib kelishi mumkin. Bu esa yerning unumdorligiga va suv ta'minotiga ta'sir qiladi, natijada oziq-ovqat ishlab chiqarish kamayadi. Iqlim o'zgarishi ekinlarga zarar etkazuvchi zararkunanda va kasalliklarning tarqalishini kuchaytirishi mumkin. Bu esa hosilni yanada kamaytiradi va xarajatlarni oshiradi. Iqlim o'zgarishi natijasida ekosistemalar buzilishi va biologik xilma-xillikning yo'qolishiga olib kelishi mumkin, bu esa qishloq xo'jaligida foydalaniladigan turli xil ekinlar va hayvonlar turlarining kamayishiga olib keladi.

Qishloq xo'jaligi amaliyotlari iqlim sharoitlariga moslashtirilmagan bo'lsa, bu ham oziq-ovqat ishlab chiqarishga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Qishloq xo'jaligida barqaror amaliyotlarga o'tmaslik hosilga zarar yetkazayotgan omillardan biridir.

Mamlakatlarda qurg'oqchilik o'ziga xos muammolarni keltirib chiqaradi, masalan, 2021 yilda Kaliforniyada yuz bergan qurg'oqchilik sababli bug'doy hosili pasayib, uning narxi oshdi. Oziq-ovqat ekinlariga zarar yetkazadigan zararkunandalarning ko'payishi, masalan, 2020 yilda

Afrika mamlakatlarida shakar qamishining kasalliklari hosilni pasaytirib, narxlarni oshirdi. Geopolitik ziddiyatlar oziq-ovqat eksportini cheklashi mumkin. Masalan, Rossiya-Ukraina urushi paytida don eksporti keskin kamaydi va dunyo bo'yicha don narxlari oshdi. Oziq-ovqat ishlab chiqarish uchun zarur bo'lgan suv resurslarining kamayishi, masalan, Markaziy Osiyoda suv yetishmovchiligi oqibatida paxta va boshqa ekinlarning hosili pasayadi.

Iqlim o'zgarishi oziq-ovqat maxsulotlari uchun ijobiy tasiri

Oziq-ovqat ishlab chiqaruvchilari iqlim sharoitiga mos keladigan o'simlik va hayvonlarni tanlashi kerak. Iqlim o'zgarishiga chidamli navlarni rivojlantirish va tarqatish muhimdir. Suv va tuproq resurslaridan samarali foydalanishni ta'minlash, sug'orish tizimlarini modernizatsiya qilish orqali hosildorlikni oshirish mumkin. Ekologik toza usullarni qo'llash, masalan, aylana ekinlari, organik qishloq xo'jaligi va biologik xilma-xillikni saqlash orqali tuproq sifatini yaxshilash.

Oziq-ovqat zaxiralari va ularning saqlanishi uchun innovatsion texnologiyalarni joriy etish, zararlanishni kamaytirishga yordam beradi. Qishloq xo'jaligi ishlab chiqaruvchilarini iqlim o'zgarishi va uning ta'sirlari haqida xabardor qilish, yangi texnikalar va usullar haqida ma'lumot berish orqali ularga yordam berish.

Iqlim o'zgarishini kamaytirishga qaratilgan siyosatlarni ishlab chiqish va amalga oshirish, shu jumladan oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash uchun moliyaviy yordam berishni ko'zda tutuvchi dasturlar. Turli xil oziq-ovqat mahsulotlarini yetkazib berishni rag'batlantirish orqali bozorning barqarorligini oshirish.

202-1yilda Jahon banki "World Bank Group" guruhi tomonidan O'zbekiston uchun iqlim o'zgarishiga qarshi kurashish, iqlim va tabiiy ofatlarga chidamlilikni oshirish hamda ekologik barqarorlikni oshirish" bo'yicha prognozlariga qarasak

Osiyo Taraqqiyot Banki (OTB) uchun: uning 2030-yilgacha boÿlgan strategiyasida "iqlim o'zgarishiga qarshi kurashish, iqlim va tabiiy ofatlarga chidamlilikni oshirish hamda ekologik barqarorlikni oshirish" o'zining yetti faoliyat ustuvor yo'nalishlaridan biri sifatida belgilab qo'yilgan. Uning 2017–2030 yillarga mo'ljallangan Iqlim o'zgarishi bo'yicha Operatsion asoslari korporativ strategiyalar va siyosatlar, sektor va tematik operatsion rejalar, mamlakat dasturlari, loyihalarni ishlab chiqish, amalga oshirish, monitoring qilish va iqlim o'zgarishiga oid mulohazalarni baholash kabi asosiy iqlim masalalarini belgilab berdi. kontseptsiya bosqichida iqlim xavfini tekshirish va o'rta va yuqori xavfga ega bo'lgan loyihalar uchun to'liq iqlim xavfi va moslashishni baholash.

Iqlim o'zgarishining ta'siri va Qishloq xo'jaligi

Qishloq xo'jaligi Iqlim o'zgarishi oziq-ovqat ishlab chiqarishga to'g'ridan-to'g'ri va bilvosita o'simliklarning o'sish jarayonlariga ta'sir qilishi mumkin. To'g'ridan-to'g'ri ta'sirlar karbonat angidrid mavjudligi, yog'ingarchilik va haroratning o'zgarishini o'z ichiga oladi. Bilvosita ta'sirlar suv resurslarining mavjudligi va mavsumiyligiga ta'sir qilish, tuproqning organik moddalarining o'zgarishi, tuproq eroziyasi, zararkunandalar va kasalliklar profilining o'zgarishi, invaziv turlarning kelishi, sho'rlanish va cho'llanish natijasida ekin maydonlarining kamayishi. Xalqaro miqyosda bu ta'sirlar asosiy ekinlar hosildorligiga, hattoki kamroq emissiya yo'llarida ham zarar etkazishi kutilmoqda. Tebaldi va Lobell (2018) global bug'doy va makkajo'xori hosildorligi mos ravishda 5% va 6% ga pasayishini taxmin qilmoqdalar, hattoki isish 1,5 ° C bilan cheklangan bo'lsa ham. Ba'zi ekinlarning optimal va yashashga yaroqli fazoviy diapazonlarida siljishlar ham muqarrar, garchi bu siljishlarning darajasi va tezligi emissiya yo'liga bog'liq bo'lib qolmoqda.

Ta'kidlash joizki, O'zbekistonda suv tanqisligi ham global oziq-ovqat savdosi va xavfsizligi uchun asosiy xavf sifatida aniqlangan

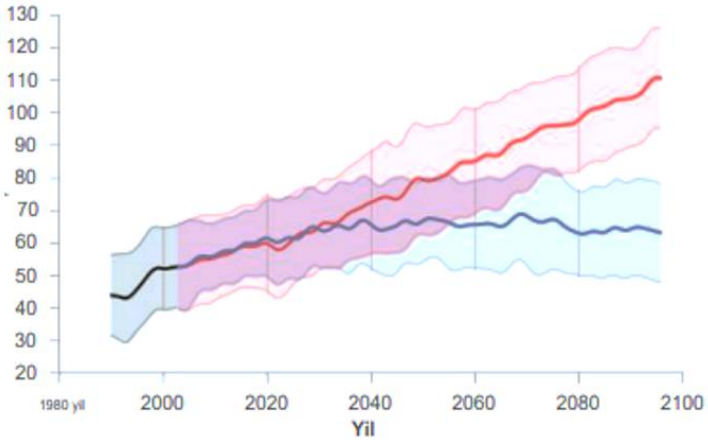
RCP8.5 doirasida O'zbekistonda 2090-yillarga borib tropik kechalar soni (kamida 20°C bo'lgan) sezilarli darajada oshishi va bazaviy darajadan taxminan ikki baravar ko'tarilishi mumkinligini loyihalashtirmoqda (1-rasm). Bu, ehtimol, tuproq namligini pasaytiradi va natijada qishloq xo'jaligi hosildorligining pasayishiga olib keladi. Bundan tashqari, mamlakatdagi ekin maydonlarining 85% sug'oriladigan bo'lsa, mamlakatda kutilayotgan haroratning oshishi, tez-tez qurg'oqchilik va daryo suvi tanqisligi hosildorlikning bu pasayishiga olib kelishi mumkin.

Oўzbekistonning sugўoriladigan dehqonchilik tarmogўining suv bilan taўminlanish darajasining prognoz qilinayotgan pasayishiga nisbatan zaifligi qishloq xoўjaligida mehnat qilayotgan yuzlab minglab aholining hayotiga asosiy tahdid sifatida belgilangan.55 Muammoni hal qilish uchun.

Ushbu muhim zaiflik56 tadqiqotlar sug'orish samaradorligini optimallashtirish, shuningdek, sektordagi qarish va sifatsiz infratuzilmani bartaraf etish uchun ustuvor ehtiyoj borligini ko'rsatadi.57

RASM 12. RCP2.6 (ko‘k) va RCP8.5 (qizil) ostida tropik kechalarning tarixiy va taxminiy yillik o‘rtacha soni (>20°C).

Ko'rsatilgan qiymatlar 30+ GCM model guruhining medianasini ifodalaydi, soyali joylar esa 10–90 foizlarni ko’rsatadi



Sutton va boshqalar. (2013) CMIP3 dan A1B emissiyasi stsenariysi boўyicha Oўzbekistondagi bir qancha muhim ekinlarning hosildorligiga iqlim oўzgarishining taўsirini modellashtirdi (eng koўp RCP6.0 bilan solishtiriladi).37 Ularning prognozlariga koўra, ushbu “yuqori taўsir” stsenariysi ostida va moslashuvlar mavjud boўlmaganda, tahlil qilingan barcha ekinlar va hosildorlikning barcha qismlarida sezilarli pasayish kuzatilishi mumkin. Mamlakatda kutilayotgan yuqori haroratlar, ko'proq o'zgaruvchan yog'ingarchilik va suv tanqisligi natijasida. Sutton va boshqalarning paxta hosildorligining pasayishiga oid prognozlari, ayniqsa, ekinning Oўzbekiston xalq xoўjaligi va xalq xoўjaligini qoўllabquvvatlashda tutgan oўrni tufayli alohida ahamiyatga ega. Ular 2050-yillarga kelib ekin turi bo'yicha quyidagi effektlarni prognoz qiladilar:

Bahorgi bug'doy: hosildorlikning 41%–57% ga kamayishi •Kuzgi bug‘doy: hosildorlikning 31%–43%ga kamayishi •Olma: hosildorlikni 39%–63% gacha pasaytirish•Kartoshka: hosildorlikning 37%–57% gacha pasayishi•Pomidorlar: hosildorlikni 29%–57% gacha pasaytirish•Paxta: hosildorlikning 25%–49% ga kamayishi•Beda: hosildorlikning 27%–39% gacha pasayishi

Iqlim o'zgarishining O'zbekistonda qishloq xo'jaligi mahsulotlarining 39% ni tashkil etuvchi chorvachilik subsektoriga ehtimoliy ta'siri o'simlikchilikka qaraganda unchalik aniq emas. Haroratning prognoz qilinayotgan ko‘tarilishi va haddan tashqari issiqlik ta’sirining tez-tez sodir bo‘lishi hayvonlar orasida issiqlik stressi tufayli chorvachilik mahsuldorligini bevosita pasaytiradi . Boshqa tomondan, bilvosita ta'sir (iqlim o'zgarishining yaylovlar hosildorligiga ta'siri orqali) unchalik jiddiy bo'lishi kutilmaydi. Yaylovlarning o'sishining ba'zi afzalliklari bo'lishi mumkin, chunki yuqori haroratlar vegetatsiya davrining erta boshlanishiga imkon berishi mumkin, bu esa o'z navbatida odatda mart va aprel oylarida kuzatiladigan oylik yog'ingarchilikning ko'pligidan foyda ko'radi.13 Biroq, bu o'rtacha nam yillardagidan ko'ra yaylovlar hosildorligini oshirishi kutilmoqda.

Namunaviy ansambl tomonidan prognoz qilingan issiq havo harorati ham O‘zbekiston qishloq xo‘jaligi hosildorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin, bu esa sektorning zararkunandalar va kasalliklarga ta’sirini kuchaytiradi. Mamlakat fermerlari zararkunandalar va kasalliklar sonining ko'payishini aniqladi37, yuqori harorat esa chigirtkalarning ko'payishi va hayvonlar kasalliklarining ko'payishi bilan ham bog'liq.13 Iqlim o'zgarishining O'zbekistonda qishloq xo'jaligi mahsulotlarining 39% ni tashkil etuvchi chorvachilik subsektoriga ehtimoliy ta'siri o'simlikchilikka qaraganda unchalik aniq emas. Haroratning prognoz qilinayotgan ko‘tarilishi va haddan tashqari issiqlik ta’sirining tez-tez sodir bo‘lishi hayvonlar orasida issiqlik stressi tufayli chorvachilik mahsuldorligini bevosita pasaytiradi . Boshqa tomondan, bilvosita ta'sir (iqlim o'zgarishining yaylovlar hosildorligiga ta'siri orqali) unchalik jiddiy bo'lishi kutilmaydi. Yaylovlarning o'sishining ba'zi afzalliklari bo'lishi mumkin, chunki yuqori haroratlar vegetatsiya davrining erta boshlanishiga

imkon berishi mumkin, bu esa o'z navbatida odatda mart va aprel oylarida kuzatiladigan oylik yog'ingarchilikning ko'pligidan foyda ko'radi.13 Biroq, bu o'rtacha nam yillardagidan ko'ra yaylovlar hosildorligini oshirishi kutilmoqda. Iqlim o'zgarishining qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishiga boshqa va ehtimol unchalik baholanmagan ta'siri bu uning mehnat resurslari salomatligi va unumdorligiga ta'siridir. Dunne va boshqalar. (2013) isinish natijasida eng yuqori oylarda global mehnat unumdorligi allaqachon 10% ga tushib ketganini va 2050-yillarda emissiyaning eng yuqori yoўli ostida 20% gacha pasayish kutilishi mumkinligini koўrsatmoqda.58 Oўzbekistonda harorat 35°C dan oshib ketadigan kunlar sonining koўpayishi (9-rasm) qishloq xoўjaligi potentsialining ham yuqori boўlgan qishloq xoўjaligi ishlab chiqarish quvvati muammolarini keltirib chiqaradi. Birgalikda, yuqoridagi jarayonlar ichki qishloq xo'jaligi operatsiyalariga bevosita ta'sir qilish orqali ham, global ta'minot zanjiriga ta'sir qilish orqali ham milliy oziq-ovqat iste'moli naqshlariga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin

Jahon oziq-ovqat dasturining hisob-kitoblariga ko'ra, moslashuv bo'lmasa, global miqyosda ochlik va bolalarning to'yib ovqatlanmaslik xavfi 2050 yilgacha mos ravishda 20% ga oshishi mumkin.71 Springmann va boshqalar. (2016) to'yib ovqatlanmaslik bilan bog'liq ortiqcha, iqlim bilan bog'liq o'lim potentsialini baholadi.72 Mualliflar asosiy omillar bo'lishi kutilayotgan ikkita asosiy xavf omilini aniqlaydilar: dietada meva va sabzavotlarning etishmasligi va kam vaznli odamlarning tarqalishi tufayli sog'liq uchun asoratlar. Mualliflarning prognozlariga ko'ra, 2050-yillarga borib, RCP8.5 bo'yicha O'zbekistonda oziq-ovqat etishmasligi bilan bog'liq bo'lgan iqlim bilan bog'liq o'lim million boshiga taxminan 24 ta bo'lishi mumkin

O‘zbekiston so‘nggi o‘n yil ichida oziq-ovqat va oziq-ovqat xavfsizligi sohasida sezilarli yaxshilanishlarni amalga oshirdi, buning natijasida mamlakat hozirda milliy darajada oziq-ovqat bilan yanada xavfsizroq va yetarli darajada ta’minlandi.73 Shunga qaramay, mamlakatdagi ekin maydonlarining 85 foizi sug‘oriladigan, haroratning oshishi, tez-tez qurg‘oqchilik va daryo suvi tanqisligi prognoz qilinayotganini inobatga olsak, O‘zbekistonning eng katta xavf-xatarlarini keskin kamaytiradi37 . oziq-ovqat xavfsizligi.47 O'zbekistondagi uy xo'jaliklari o'z daromadlarining nisbatan yuqori qismini oziq-ovqatga sarflaydi, 2016 yilda 47,3%,74 rivojlanayotgan 92 ta davlatning vakillik namunasi bo'yicha o'rtacha 38,6%;75 O'zbekistonni oziqovqat narxlarining o'sishiga nisbatan ta'sir qiladi.

Jahon banki guruhi O‘zbekiston bilan 2016–2020-yillar bo‘yicha Davlat hamkorlik dasturini (CPF)79 kelishib oldi . Iqlim o'zgarishi o'zaro bog'liqlik sohasi sifatida aniqlanadi. Jahon bankining iqlimga chidamliligini oshirish bo‘yicha faoliyati uchta yo‘nalishga qaratilgan: 1) suvni kam talab qiladigan ekinlarga diversifikatsiya qilish, suvni tejash usullarini joriy etish va sug‘orish tizimlarini modernizatsiya qilish orqali qishloq xo‘jaligini barqarorlikni oshirishga yordam berish; 2) barcha infratuzilma investitsiyalarini, shu jumladan toza va qayta tiklanadigan energiya manbalarini joylashtirishni ham iqlim o'zgarishiga jismoniy chidamlilik nuqtai nazaridan, ham iqlim o'zgarishi bilan bog'liq mulohazalar to'liq xarajat qilingan taqdirda iqtisodiy foyda nuqtai nazaridan tekshirilishini ta'minlash; 3) Sirdaryo va Amudaryo havzalarida iqlim o'zgarishi va suv oqimlari to'g'risida yaxshiroq ma'lumotlarni to'plashni davom ettirish va suv resurslarini boshqarish bo'yicha qirg'oq bo'ylab maslahatlashuvlarni kuchaytirishni qo'llab-quvvatlash o'zaro manfaat

Adabiyotlar

[1]. Jahon banki (2013). O'zbekiston: Iqlim o'zgarishi bo'yicha faoliyatga umumiy nuqtai. Vashington, Kolumbiya okrugi: Jahon banki. URL: https://openknowledge worldbank.org/handle/10986/17550

[2]. World Bank (2013). *Reducing the Vulnerability of Uzbekistan’s Agricultural Systems to Climate Change: Impact Assessment and Adaptation Options.* Washington, DC. World Bank

[3]. World Bank (2023). *Uzbekistan — Country Climate and Development Report (CCDR).* (Country CCDR). World Bank

[4]. Sutton, W.R., et al. (2013). *Reducing the vulnerability of Uzbekistan’s agricultural systems to climate change.* (World Bank report/working paper). sidalc.net

[5]. Asian Development Bank (ADB). *Climate Risk Country Profile: Uzbekistan.* adb.org

[6]. Uzbekistan — Fourth National Communication to the UNFCCC (2024). UNFCCC.

[7]. Saidova D. N., Nasulloyeva M. B. Impact of Climate Change on Agriculture in Uzbekistan: Challenges and Adaptation Strategies. Volume 3, Issue 7, July 2025. Ushbu maqola O‘zbekistonda iqlim o‘zgarishining qishloq xo‘jaligiga ta’siri va hosildorlik pasayishi bo‘yicha kundalik ma’lumotlarni tahlil qiladi. Web of Journals

[8]. Saidova D. N., Nasulloyeva M. B. Issues of Ensuring Food Security Under Climate Change Conditions. Texas Journal of Agriculture and Biological Sciences, Volume 41, July 2025. Oziq-ovqat xavfsizligi nuqtai nazaridan iqlim o‘zgarishi bilan bog‘liq muammalar tahlil qilinadi. Zien Journals

[9]. Salokhiddinov A., Boirov R., Ismailov M. va boshqalar. Climate change effects on irrigated agriculture: perspectives from agricultural producers in eastern Uzbekistan. Tashkent Institute of Irrigation and Agricultural Mechanization Engineers, 2019. Sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi tarmoqlari misolida iqlim o‘zgarishining amaliy ta’siri ko‘rib chiqilgan. TIIAME Staff

[10]. Su F., Liu Y., Chen L., Orozbaev R., Tan L. Impact of climate change on food security in the Central Asian countries. Science China Earth Sciences (2024). Markaziy Osiyo mamlakatlari kontekstida oziq-ovqat xavfsizligi va iqlim o‘zgarishi munosabati tahlil qilingan. ResearchGate

[11]. Böbojonov I., et al. Impacts of climate change on farm income security in Central Asia. Agriculture, Ecosystems & Environment, 2014. Qishloq xo‘jaligi daromadlari va xavfsizlikka iqlim o‘zgarishining ta’siri. ScienceDirect

[12]. World Bank. Reducing the Vulnerability of Uzbekistan’s Agricultural Systems to Climate Change: Impact Assessment and Adaptation Options. Washington, DC. (World Bank Study) Ushbu hisobot O‘zbekistonda qishloq xo‘jaligi tizimlarini iqlimga moslashtirish bo‘yicha tahlil beradi. World Bank

[13]. ZoiNet & boshqalar. Developing agrometeorological services for climate adaptation in Uzbekistan: feasibility study. (2018) Ushbu loyiha hujjati agrar meteorologik xizmatlar va iqlimga moslashuvni ko‘zda tutadi. Zoï Environment Network

[14]. Ijero (IJERO) Journal. Environmental Threats to Food Security: PESTEL analysis in Uzbekistan. (2025) Atrof-muhit tahdidlari va oziq-ovqat xavfsizligi munosabatlari. ijero.co.uk

УЎК 628.49

СУВ БЎЙЛАРИДА ТАШЛАНГАН ҚАТТИҚ ЧИҚИНДИЛАРНИ ЭКОЛОГИК ХАВФЛИЛИК ДАРАЖАСИНИ ТАДҚИҚОТИ

М.Г. Хуррамов[1], З.Ш. Назиров[1], талаба Г.Ё. Эргашева[1], талаба Н.Б. Джураева[2]

[1] Қарши давлат университети)
khurramov58@mail.ru (91) 2109018
nazirovzsh@mail.ru (90) 9041250
guliranoergashevo50@gmail.com (88) 4402521
[2]Шахрисабз давлат педагогика институти
niyordjuraev290@jmail.com (91) 9588271
(Қабул қилинди 16.04.2026 й.)

Аннотация: *Мақолада сув бўйларида ташлаб кетилган қаттиқ чиқиндиларни морфологик таркиби ва хоссаларини хавфлик даражасини тадқиқот натижалари келтирилган. Сув аралашиб қолган жойларда таркибдаги моддалар қолдиғи тез реакцияга киришиб, зарарли компонентлар ҳосил қилувчи металл ва сульфат ионлар борлиги аниқланди. Ташланган бу чиқиндиларни атроф-муҳитга экологик хавфлик даражаси III гуруҳда бўлиши аниқланди.*

Калит сўзлар: *қаттиқ чиқиндилар, хавфлик даража, сув объектлари, таркиб, хоссалар, таъсир, кўрсатгичлар.*

Аннотация: *В статье представлены результаты исследования морфологического состава и свойств твердых отходов, сбрасываемых в водоемы. Установлено, что в местах смешивания с водой остаточные вещества в составе быстро вступают в реакцию с ионами металлов и сульфатов, образуя вредные компоненты. Уровень экологической опасности этих сбрасываемых отходов определен как группа III.*

Ключевые слова: *твердые отходы, уровень опасности, водные объекты, состав, свойства, воздействие, показатели.*

Abstract: *This article presents the results of a study of the morphological composition and properties of solid waste discharged into water bodies. It was found that, where mixed with water,*

residual substances in the waste quickly react with metal and sulfate ions, forming harmful components. The environmental hazard level of this discharged waste is determined to be Grou

Key words: *solid waste, hazard level, water bodies, composition, properties, impact, indicators.*

Кириш. Ҳозирги вақтда атроф-муҳит ҳимояси, унинг муаммоларини келиб чиқиш сабабларини ўрганиш ва ечимларини топиш ўта долзарб вазифалардан бири бўлиб турибди. Махсус белгиланмаган жойларда жуда кам бўлсада қаттиқ чиқиндиларни ташлаб кетиш ҳолатлари учраб турибди. Айниқса сув бўйларида тўкилган бу қаттиқ чиқиндилар экологик техноген хавфларни келтириш чиқариш манбалардан бири ҳисобланади.

Сувда тўкилган қаттиқ чиқиндилар таркиби муҳитдаги кимёвий, физикавий, биологик жараёнлар таъсирида ўзига хос реакцион хоссали аралашмалардан ташкил топиши билан кескин фарқланиб экотизим ва биосфера учун техноген хавфларга сабаб бўлади. Қаттиқ чиқиндиларни физик-кимёвий хоссалари хилма-хил бўлиб, атрофга таъсири жуда фаол бўлади. Уларни катта улуши сувда ёмон эрийдиган ва қийин оксидланадиган турли структура тузилишига эга заҳарли органик моддалар аралашмалар бўлиши аниқланган. Айниқса қурилиш материаллар чиқиндисидаги бўёқ ва елим қолдиқларидан портлаш хавфи бор инсонлар соғлигига зарарли таъсир этувчи буғлар ажралиб чиқиши билан ажралиб туради. Ҳозирда кундалик ҳаёт эҳтиёжлари учун кўп ишлатиладиган пластмасса бўлаклари майда заррачалар ва атроф-муҳит учун юқори хавфли кимёвий моддаларга парчаланади. Улар тўкилган жойларда кўп миқдорда натрий, магний ва кальций тузлари ажралиб чиқади. Булардан натрий тузлари маданий ўсимликлар жуда зарарли ҳисобланади [1,2,3,7,8].

Ишнинг мақсади. Сув бўйларида ташлаб кетилган чиқиндиларни хоссалари ва экологик хавфлик даража кўрсатгичлари тадқиқотидир.

Тадқиқот методологияси: Тадқиқот ишларини бажаришда қаттиқ чиқиндилар морфологик тузилмаси ва улар тўкилган жойларда сув таркиби ҳамда хоссалари ўрганишда амалдаги физик-кимёвий тортма, ҳажмий, нейтраллаш, фотоколориметрия, хроматография, колориметрия, ИК-спектроскопия анализ усулларидан фойдаланилди. Ўлчашлар техник-меъёрий ҳужжатлар асосида бажарилди [4,5,6,7,8].

Таҳлил ва натижалар: муаммони ўрганишда Қашқадарё соҳили ва Қарши туман Дашт коллекторлари сув бўйларида ташлаб кетилган қаттиқ чиқиндилар ҳамда тўкилган жойлари тадқиқот учун таянч қилиб олинди (расм).

а) ***б)***

Расм. Сув бўйларида ташланган қаттиқ чиқиндилар.
а- Қашқадарё соҳилларида ташланган қаттиқ чиқиндилар;
б- Дашт коллекторини сув бўйига ташлаб кетилган қаттиқ чиқиндилар;
1- қаттиқ чиқиндилар, 2-сув, 3- қирғоқлар.

Қуйидаги 1-жадвалда ташлаб кетилган чиқиндиларни морфологик таркиби ва уларни хоссалари келтирилган.

1-жадвал

Чиқиндиларни морфологик таркиби ва хоссалари

Чиқиндилар фракцияси	Фракциялар улуши, %	Моляр оғирлик, *кг/моль*	Кул, %	Зичлик, *кг/м^3*	Иссиқлик сиғими, *ж/кг·К*
Шиша бўлакчалари	5-7	-	-	2450	1170
Ёғоч бўлакчалари	3-4	31543	1,5	1500	1400
Пластмасса қолдиқлари	9-10	64,0	11	925-1050	1300-2300
Тўқимачилик буюмлари	4-5	20826	2,7	1290	1310
Қурилиш чиқинлари	65-70	-	1,2	2500	1150
Резина бўлакчалари	3-4	5574	10	945	1600

1-жадвалда келтирилган маълумотлар шуни кўрсатадики, ташлаб кетилган чиқиндиларни морфологик таркиби ва уларни реакцион хоссалари назоратсиз бундай жойларда атроф-муҳитни ҳимоя қилиш чора-тадбирларсиз ўзоқ вақт қолиши экологик нуқтаи назардан жуда зарарли ҳисобланади. Уларни сувда бўкиб туриши компонентларидаги кучсиз водород боғланишларни тез ўзилиши натижада парчаланиш жараёни бўлади. Айниқса балиқчилик хўжаликлари ва полиз маҳсулотлари етиштиришда сув таркибини ифлослантирувчилардан тозаламасдан фойдаланиш жуда хавфли ҳисобланади. Пластмасса буюмларни бўлаклари майда заррачалар ва юқори хавфли кимёвий моддаларга парчаланади.

Чиқиндиларни атроф-муҳитга таъсирини хавфлик даражаси қуйидаги 1-формула орқали аниқланади.

$$K_i = C_i / W_i ; \qquad (1)$$

бу ерда: K_i – хавфли чиқинди таркибидаги ***i*** компонентни атроф-муҳитга хавфлик даража кўрсатгичи;

C_i – хавфли чиқинди таркибидаги ***i*** компонент миқдори ҳисоблаш шарти (2);

$$C_1 + C_2 + \ldots\ldots + C_n = 10^6 \ (мг/кг); \qquad (2)$$

W_i – хавфли чиқинди таркибидаги ***i*** компонентни атроф-муҳитга хавфлик даража коэффициенти;

Хавфли чиқиндиларни заҳарлик индекси унинг компонентларини йиғиндиси билан аниқланади (3-формула).

$$K_\Sigma = K_1 + K_2 + K_n ; \quad \text{мг/кг} \qquad (3)$$

бу ерда: $K_1 + K_2 + K_n$ – хавфли чиқинди таркибидаги компонентларни заҳарлик индекси

Қуйидаги 2-жадвалда чиқиндилар таркибида кўп учрайдиган компонентлар хавфлик даражалари келтирилган.

2-жадвал

Чиқинди таркибидаги компонентларни хавфлик даражаси

Чиқинди компонентлари	**W_i**	**C_i**	**K_i**
Пластмасса қолдиқлари	72443	960000	13,25
\Углеродли бирикма қолдиқлари	33113	3000	0,09
Темир қолдиқлари	25118	24500	0,98
Бетон қолдиқларини таркиби, % SiO_2 – 45,0 % Al_2O_3 –20,0 % H_2O – 8,0 % Fe_2O_3 – 4,0 % $CaCO_3$ –20,0 % C – 4,0 %	11324	500	0,04

2- жадвалда келтирилган тадқиқот натижалари шуни кўрсатадики, ташлаб кетилган чиқиндилар санитар-гигиеник меъёрлар бўйича хавфлик даражаси
III гуруҳ бўлиши аниқланди.

Қуйидаги 3-жадвалда қирғоқларда қаттиқ чиқиндилар аралашган сув таркибини анализ натижалари ва уларни хавфлик даражаси келтирилган.

3-жадвал

Қаттиқ чиқиндилар аралашган жойларда сув таркибини кўрсаткичлари ва хавфлик даражаси

Сув таркибини кўрсаткичлар номи ва ўлчов бирликлари	**Тадқиқот натижалари**	**Хавфлик даражаси**
20^{o}C ҳароратда ҳиди, *балл*	4,1±1,5	3
Водород кўрсаткич, *pH*	5,0-6,5	3
Ранги	қора тусда	2
Муаллақ моддалар аралашмаси, *мг/дм^3*	350-400	3
Қуруқ қолдиқ, *мг/дм^3*	1100-1200	3
Кислородни биокимёвий исътемол учун тўлиқ талаби, *мгO_2/дм^3*	580-680	3
Кислородни кимёвий исътемол учун талаби, *мгO_2/дм^3*	700-750	3
Таркибда эриган кислород миқдори, *мгO_2/дм^3*	0,3	4
SO_4^{2-}; *мг/дм^3*	168-170	4
Ca^{2+} ; *мг/дм^3*	800-850	3
Mg^{2+} ; *мг/дм^3*	900-950	3
Fe (умумий) *мг/дм^3*	500-550	3
Mn^{2+}; *мг/дм^3*	25-30	3
Zn^{2+}; *мг/дм^3*	20-25	3
Бир литр ҳажмдаги сувни 2 соат тиндиришдан ҳосил бўлган чукма миқдори, %	2,0-2,2	3

3-жадвалда келтирилган тадқиқотлар натижалари шуни кўрсатадики, қирғоқлардаги чиқиндилар аралашган жойлардаги сув ранги қора тусда ҳидли бўлиб, pH=5,0-6,5; КБИ=580-680; ККИ=700-750; таркибда зарарли моддаларни оксидлаш учун керакли эриган кислород миқдори жуда кам. Таркибда кўпроқ миқдорда эриган металл ва сульфат ионлари бўлиши аниқланди. Буларни концентрацияси маданий экинларни сўғориш учун ўрнатилган санитар-гигиеник меъёр талабларидан ортиқ бўлиб, улар тез реакцияга киришади. Чунки суви таркибида эриган ҳолатда қуйидаги катионлар: Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Fe^{3+} ва анионлар: SO_4^{-2}, NO_2^{-}, NO_3^{-}, CO_3^{-2} бўлиб, молекулалари ўзаро кучсиз водород боғлари орқали боғланган бўлади. Таркибдаги қуйидаги темир катионлари: ^{54}Fe (5,9%); ^{56}Fe (91,7%);^{57}Fe (2,1%); ^{58}Fe (0,3%) барқарор актив изотоплари бўлиб, сувда жуда хавфлидир. Улар инсонлар организмига салбий таъсир этиб, гипертоник, енгил атеросклероз, неврологик ва дерматологик касалликларни келтириб чиқаришга сабаб бўлади.

Чиқинди ташланган жойлардан сизиб чиқиб тўпланадиган сувнинг миқдори қуйидаги 4-формула орқали аниқланади.

$$\boldsymbol{ЧТЖ_{с.суви} = АЁ + АС - ЮС - ЮБС - ЖЮС} \qquad (4)$$

бу ерда*:* ***АЁ***- атмосфера ёғинлари миқдори; ***АС***-айланма сув миқдори;
ЮС-юза сув миқдори; ***ЮБС***-юзадан бўғланадиган сув миқдори;
ЖЮС- жинсларга ютиладиган сув миқдори.

Хулоса. Тадқиқотнинг назарий ва бажарилган тажриба натижаларига асосаниб, қуйидагиларни хулосада келтириш мумкин, белгиланмаган жойларда ташлаб кетилган қаттиқ чиқиндиларни хавфлик даражаси III гуруҳ бўлиб, атроф-муҳит жуда зарарли бўлиши аниқланди. Айниқса сув бўйларида чиқиндилар аралашган сув таркибини ифлосланиш

бўйича хавфлик кўрсатгичлари маданий экинларни суғоришда ва балиқчилик хўжаликлари учун тўғри фойдаланишга ўрнатилган санитар-гигиеник меъёр даражаларидан юқори эканлиги аниқланди.

Адабиётлар

[1]. Ўзбекистон Республикаси Президентининг «2030 йилгача бўлган даврда Ўзбекистон Республикасининг Атроф-муҳитни муҳофаза қилиш концепциясини тасдиқлаш тўғрисида» 2019 йил 30 октябрдаги ПФ-5863-сонли фармони.

[2]. Адамян Р.Г. Анализ экологических особенностей технологии захоронения твердых отходов [Текст] / Р.Г. Адамян // III Международная научно-практическая конференция «Современная школа России: вопросы модернизации» 1-4 марта 2013 ,М.: 2013. С. 10-14.

[3]. Кузнецов В. А., Крапильская Н. М., Юдина Л. Ф.Экологические проблемы твердых бытовых отходов: Сб. Ликвидация. Утилизация: учеб. пособие. М.: МИКХиС, 2005. 310 с.

[4]. Методика по определению расчетных расходов воды и стоков в системе водоснабжения и канализации зданий и сооружений. М.: Сан.Тех.Проект, 2017.117 с.

[5]. Методические рекомендации по определению класса токсичности промышленных отходов № 4286-87. -Москва, 1987 г. - 17 с.

[6]. Оценка потенциальной опасности площадки захоронения бытовых отходов // Материалы годичной сессии Научного Совета РАН по проблемам геоэкологии, инженерной геологиии гидрогелогии, М.:ГЕОС 2003, с.146.

[7]. Xurramov M.G. Radiatsiya xavfsizligi. Praktikum, o‘quv qo‘llanma, Qarshi davlat universiteti bosmaxonasi. - Qarshi 2024. 91 b

[8]. Xurramov M.G., Nazirov Z.Sh., Xo‘jaqulov E.E. Sanoat xavfsizligi, o‘quv qo‘llanma, Qarshi davlat universiteti bosmaxonasi. - Qarshi 2025. 91 b.

FERMENTATSIYA JARAYONLARI VA OZIQ-OVQAT SIFATIGA TA'SIRI

L.A. Ibragimov

Farg’ona davlat texnika universiteti
ibragimovlochinbek007@gmail.com

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada fermentatsiya jarayonlarining biologik va kimyoviy mohiyati, ularning mikroorganizmlar faoliyatiga asoslangan mexanizmlari hamda oziq-ovqat sifatiga ko‘rsatadigan ta’siri keng yoritilgan. Fermentatsiya — organik moddalarni mikroorganizmlar yoki ularning fermentlari ishtirokida biokimyoviy o‘zgartirish jarayoni bo‘lib, tarixiy jarayonlardan tortib zamonaviy biotexnologiyagacha bo‘lgan bosqichlarda o‘z ahamiyatini saqlab kelmoqda. Maqolada sut kislotasi bakteriyalari, xamirturushlar va mog‘orlarning metabolik yo‘llari, ularning mahsulot sifatiga ta’siri, mikroorganizmlar sinergiyasi hamda fermentatsiyaning ekologik va iqtisodiy afzalliklari tahlil qilingan. Fermentatsiya natijasida hosil bo‘ladigan metabolitlar oziq-ovqatning ta’mi, hidi, konsistensiyasi, hazm bo‘lish darajasi va mikrobiologik xavfsizligini yaxshilashi ilmiy nuqtayi nazardan asoslab berilgan. Shuningdek, zamonaviy biotexnologiyada starter madaniyatlarni optimallashtirish, genetik modifikatsiya qilingan mikroorganizmlar yaratish va fermentatsiya jarayonlarini boshqarishning innovatsion yondashuvlari muhokama qilingan. Maqola oziq-ovqat sanoatida fermentatsiyaning strategik ahamiyati va uning mahsulot sifatini oshirishdagi o‘rni bo‘yicha ilmiy-amaliy xulosalar beradi.*

Kalit so‘zlar: *Fermentatsiya, biokimyoviy jarayonlar, mikroorganizmlar, sut kislotasi bakteriyalari, xamirturushlar, mog‘orlar, metabolik yo‘llar, oziq-ovqat sifati, biotexnologiya, starter madaniyatlar, fermentativ faoliyat, organoleptik xususiyatlar, ekologik texnologiyalar.*

Аннотация. *В данной статье всесторонне рассмотрены биологическая и химическая сущность процессов ферментации, механизмы их действия, основанные на активности микроорганизмов, а также влияние ферментации на качество пищевых продуктов. Ферментация представляет собой биохимическое преобразование органических веществ при участии микроорганизмов или их ферментов и сохраняет свою значимость от исторических процессов до современных биотехнологий. В статье проанализированы метаболические пути молочнокислых бактерий, дрожжей и плесневых грибов, их влияние на качество продукции, синергия микроорганизмов, а также экологические и экономические преимущества ферментации. Научно обосновано, что метаболиты, образующиеся в результате ферментации, улучшают вкус, аромат,*

консистенцию, усвояемость и микробиологическую безопасность продуктов питания. Кроме того, обсуждаются инновационные подходы к оптимизации стартовых культур, созданию генетически модифицированных микроорганизмов и управлению процессами ферментации в современной биотехнологии. Статья формулирует научно-практические выводы о стратегическом значении ферментации в пищевой промышленности и её роли в повышении качества продукции.

***Ключевые слова**: Ферментация, биохимические процессы, микроорганизмы, молочнокислые бактерии, дрожжи, плесневые грибы, метаболические пути, качество пищевых продуктов, биотехнология, стартовые культуры, ферментативная активность, органолептические свойства, экологические технологии.*

***Annotation.** This article provides a comprehensive overview of the biological and chemical nature of fermentation processes, the mechanisms based on microbial activity, and their impact on food quality. Fermentation is a biochemical transformation of organic substances carried out by microorganisms or their enzymes, and it has retained its importance from historical practices to modern biotechnology. The article analyzes the metabolic pathways of lactic acid bacteria, yeasts, and molds, their effects on product quality, microbial synergy, as well as the ecological and economic advantages of fermentation. It is scientifically substantiated that metabolites formed during fermentation improve the taste, aroma, texture, digestibility, and microbiological safety of food products. In addition, the article discusses innovative approaches in modern biotechnology, including the optimization of starter cultures, the development of genetically modified microorganisms, and advanced methods for controlling fermentation processes. The paper presents scientific and practical conclusions regarding the strategic importance of fermentation in the food industry and its role in enhancing product quality.*

***Keywords:** Fermentation, biochemical processes, microorganisms, lactic acid bacteria, yeasts, molds, metabolic pathways, food quality, biotechnology, starter cultures, enzymatic activity, organoleptic properties, environmental technologies.*

Fermentatsiya — bu tirik mikroorganizmlar yoki ularning fermentlari ishtirokida organik moddalarni murakkab biokimyoviy o‘zgarishlarga uchratish jarayonidir. Ushbu jarayon tarixan insoniyat taraqqiyotining dastlabki bosqichlaridan boshlab qo‘llanilgan bo‘lsa-da, uning ilmiy asoslari XIX–XX asrlarda shakllana boshladi. Fermentatsiya jarayoni, mohiyatan, organik moddalarning oksidlanish-qaytarilish reaksiyalari orqali energiya ajralishi bilan bog‘liq tabiiy metabolik jarayondir. Mikroorganizmlar energiya olish va yashash uchun uglevod, oqsil yoki lipid moddalarning parchalanishidan foydalanadi. Shu jarayon natijasida turli xil moddalar — organik kislotalar, spirtlar, karbonat angidrid, aromatik birikmalar va boshqa metabolitlar hosil bo‘ladi.

Fermentatsiya jarayonlarining biologik mohiyati, avvalo, mikroorganizmlarning hayot sikli, ularning fermentativ faoliyati, substratlarni o‘zlashtirish qobiliyati va ekologik moslashuv mexanizmlariga tayanadi. Har bir mikroorganizmlar guruhi — xamirturushlar, sut kislotasi bakteriyalari, sirka kislotasi bakteriyalari yoki mog‘orlar — o‘ziga xos fermentlar majmuasiga ega. Mazkur fermentlar substrat molekulalarini aniq yo‘nalish bo‘yicha parchalab, ma’lum qimmatli mahsulotlar hosil bo‘lishiga olib keladi. Bu jarayonlarning tartibga solinganligi, aniq ketma-ketlikda amalga oshishi va yuqori darajadagi selektivligi fermentatsiyaning biotexnologiyadagi ahamiyatini yanada oshiradi.

Kimyoviy nuqtai nazardan fermentatsiya — bu substrat molekulalarining fermentativ kataliz ostida izchil o‘zgarishi, ya’ni reaksiyalar majmui. Fermentlar biologik katalizatorlar bo‘lib, ular reaktsiyalarni juda tezlashtiradi, lekin o‘zlari sarflanmaydi. Fermentlar asosiy to‘rt turdagi reaksiyalarni amalga oshiradi: oksidlanish-qaytarilish, gidroliz, izomerizatsiya va kondensatsiya. Fermentatsiya jarayoni esa, ko‘pincha, oksidlanish-qaytarilish reaksiyalarining turli bosqichlariga asoslanadi. Masalan, glyukoza molekulasi anaerob sharoitda xamirturushlar tomonidan etanol va karbonat angidridga aylantiriladi. Bu jarayon energetik jihatdan mikroorganizmlar uchun yetarli bo‘lgan energiya miqdorini hosil qiladi va shu bilan birga sanoat uchun zarur bo‘lgan mahsulotlar yaratiladi.

Fermentatsiyaning biologik mohiyati shundan iboratki, organizmlar energiyani maksimal tejamkorlik bilan olishga intiladi. Anaerob sharoitda oksigenning yo‘qligi tufayli mikroorganizmlar energiya olishning eng qulay va tezkor usuli sifatida fermentatsiyani tanlaydi. Bu jarayon aerob nafas olishga nisbatan kamroq energiya beradi, ammo ko‘plab mikroorganizmlar evolyutsiya

davomida aynan ushbu mexanizmga moslashgan. Natijada fermentatsiya tabiiy jarayon sifatida sut kislotasi fermentatsiyasi, spirtli fermentatsiya, propionat kislota fermentatsiyasi, butirat fermentatsiyasi kabi ko‘plab turli metabolik jarayonlarga ajraladi.

Fermentatsiya jarayonlarining mavjudligi tabiatning ko‘plab sohalarida uchraydi. Masalan, odam va hayvonlar mushak to‘qimalarida kislorod yetishmasligi holatida sut kislotasi fermentatsiyasi amalga oshadi; ruminant hayvonlarning oshqozonida butirat va propionat kislotalari anaerob fermentatsiya natijasida hosil bo‘ladi; o‘simliklarning ayrim urug‘lari anchasi vaqt anaerob sharoitda saqlansa, ularning o‘zida spirt hosil bo‘lishi kuzatiladi. Demak, fermentatsiya — faqat sanoatga oid jarayon emas, balki tabiiy biologik hayotning ajralmas qismidir.

Kimyoviy mohiyatga chuqurroq e’tibor qaratilsa, fermentatsiya — bu murakkab jarayonlar ketma-ketligi bo‘lib, u glikoliz bilan boshlanadi. Glikoliz jarayonida glyukoza molekulasi 10 bosqichli ferment reaksiyalari orqali piruvatga aylanadi. Piruvat esa mikroorganizmlar turiga qarab turlicha yo‘llar bilan o‘zgaradi. Masalan, xamirturushlarda piruvat dekarboksillanib atsetaldegidga, so‘ngra etanolga aylanadi; sut kislotasi bakteriyalarida esa piruvat bevosita sut kislotasiga qaytariladi. Har bir yo‘lning o‘ziga xos fermentlari, reaktsiya tezligi, energiya balansi va yakuniy mahsulotlari mavjud. Shu sababli turli mahsulotlar ishlab chiqarishda maxsus mikroorganizmlar tanlab olinadi.

Fermentatsiyaning biologik mohiyatida eng muhim jihatlardan biri — mikroorganizmlar populyasiyasining dinamikasi. Mikroorganizmlar fermentatsiya jarayonining har bir bosqichida turlicha faollik ko‘rsatadi. Masalan, xamirturushlar avval o‘sish fazasiga kiradi, substratni faol o‘zlashtiradi, keyin etanol hosil qilishni boshlaydi. Sut kislotasi bakteriyalari avval pHni pasaytiradi, keyin o‘zlarining optimum faoliyat davrida mahsulot sifatiga ta’sir ko‘rsatuvchi bir qator metabolitlar ishlab chiqaradi. Shu sababli fermentatsiya jarayonida vaqt, harorat, pH, gaz almashinuvi kabi parametrlar mikroorganizmlar hayot sikliga mos ravishda boshqariladi.

Har bir reaksiyaning energiya holati, aktivlanish energiyasi, ferment-tubsubtrakt kompleksi hosil bo‘lishi, kataliz mexanizmlari, mahsulotlarning bosqichma-bosqich to‘planishi bu jarayonni boshqarish imkonini beradi. Fermentlar substratga yuqori selektivlik bilan ta’sir qilgani uchun sanoat fermentatsiyasi kimyoviy sintezga qaraganda ancha aniq, ekologik xavfsiz va energetik tejamkor hisoblanadi.

Fermentatsiya jarayonlari jamiyat uchun katta iqtisodiy ahamiyatga ega. Ular yordamida nafaqat oziq-ovqat, balki dori-darmon, kimyo sanoati, bioplastikalar, organik erituvchilar, biologik yoqilg‘ilar ishlab chiqariladi. Molekulyar biologiya rivojlanishi fermentatsiya uchun qo‘llaniladigan mikroorganizmlarni genetik modifikatsiya qilish imkonini yaratdi. Natijada yuqori mahsuldor, stressga chidamli, barqaror ishlaydigan mikroorganizmlar yaratilmoqda.

Zamonaviy oziq-ovqat sanoatida fermentatsiya jarayonlari mahsulot sifatini oshirish, saqlash muddatini uzaytirish, organoleptik ko‘rsatkichlarni boyitish va biologik qiymatini ko‘tarishda eng muhim biotexnologik jarayonlardan biri hisoblanadi. Fermentatsiya (achitish) – mikroorganizmlar yoki ularning fermentlari ishtirokida organik moddalarni biokimyoviy o‘zgartirish jarayonidir. Ushbu jarayon asrlar davomida insoniyatning kundalik ovqatlanishida muhim o‘rin egallab kelgan bo‘lib, bugungi kunda ilmiy asoslangan, boshqariladigan va yuqori samaradorlikka ega texnologiya sifatida keng qo‘llanadi.

Oziq-ovqat mahsulotlarining sifat ko‘rsatkichlari, jumladan ta’mi, hidi, konsistensiyasi, hazm bo‘lish darajasi va funksional xususiyatlari fermentatsiya jarayoniga bevosita bog‘liqdir. Achitish jarayonida sut kislotasi bakteriyalari, xamirturushlar yoki zamburug‘lar tomonidan hosil qilinadigan metabolitlar mahsulotning mikrobiologik xavfsizligini oshirib, tabiiy konservantlar vazifasini bajaradi. Shu sababli fermentatsiyalangan ovqatlar (qatiq, kefir, tvorog, non, pishloq, vino, pivo, tuzlamalar va boshqalar) inson organizmi uchun ko‘plab foydali oziq moddalarning o‘zlashtirilishini osonlashtiradi.

Biotexnologiya sohasidagi innovatsion yondashuvlar fermentatsiya jarayonini chuqur o‘rganish, yangi starter madaniyatlar yaratish, jarayon parametrlarini optimallashtirish va mahsulot sifatini barqaror saqlash imkonini bermoqda. Shu bilan birga, fermentatsiya jarayonlari ekologik xavfsiz, energiya tejamkor va tabiiy xomashyolardan oqilona foydalanishga xizmat qiluvchi

texnologiya sifatida strategik ahamiyat kasb etadi.

Fermentatsiya jarayonining muvaffaqiyatli kechishi bevosita unda ishtirok etuvchi mikroorganizmlarning xilma-xilligi, ularning fiziologiyasi, metabolik yo‘llari va ekologik moslashuv xususiyatlariga bog‘liq. Oziq-ovqat sanoatida qo‘llaniladigan mikroorganizmlar odatda xavfsiz deb topilgan, toksin hosil qilmaydigan, barqaror metabolik faoliyatga ega va texnologik jarayon talablariga mos bo‘lishi kerak. Fermentatsiyada ishtirok etuvchi mikroorganizmlar uch asosiy guruhga bo‘linadi: bakteriyalar, xamirturushlar va zamburug‘lar (mog‘orlar). Har bir guruhning o‘ziga xos metabolik yo‘llari mavjud bo‘lib, ular maxsus organik moddalarni parchalash orqali energiya hosil qiladi va shu bilan birga yakuniy mahsulot sifatiga ta’sir etuvchi metabolitlar ishlab chiqaradi.

Sut kislotasi bakteriyalari va ularning metabolik faoliyati

Fermentatsiya jarayonlarida eng ko‘p qo‘llaniladigan mikroorganizmlar — sut kislotasi bakteriyalari (*Lactobacillus, Lactococcus, Streptococcus, Leuconostoc, Pediococcus*) hisoblanadi. Ular glyukozani anaerob sharoitda sut kislotasiga aylantiradi. Bu jarayon “sut kislotasi fermentatsiyasi” deb ataladi. Ushbu bakteriyalar oziq-ovqat mahsulotlarining ta’mi, hidi, konsistensiyasi, pH ko‘rsatkichining pasayishi va mahsulotning mikrobiologik xavfsizligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi.

Ularning metabolik faoliyati uch asosiy yo‘lga asoslanadi:

Gomofermentativ yo‘l – glyukozadan asosan sut kislotasi hosil bo‘ladi. Bu holatda energiya samaradorligi yuqori bo‘ladi va mahsulotda dominant ta’sir sut kislotasi hisoblanadi.

Geterofermentativ yo‘l – sut kislotasi bilan birga etanol, sirka kislotasi, karbonat angidrid va boshqa aromatik metabolitlar hosil bo‘ladi.

Aralash fermentatsiya yo‘llari – metabolik sharoitga qarab turli metabolitlar hosil bo‘lishi yuzaga keladi.

Sut kislotasi bakteriyalari pHni tez pasaytiradi, bu esa patogen va buzuvchi mikrofloraning rivojlanishini cheklaydi. Shu sababli ular nafaqat ta’m hosil qiluvchi, balki tabiiy konservantlar sifatida ham baholanadi. Ularning fermentativ faoliyati qatiq, yogurt, kefir, tvorog, tuzlamalar, kolbasa mahsulotlari, non va boshqa ko‘plab mahsulotlarning sifatini belgilaydi.

Xamirturushlar va ularning fermentativ xossalari

Fermentatsiyaning ikkinchi muhim guruhi — xamirturushlar (Saccharomyces, Kluyveromyces, Candida) bo‘lib, ular uglevodlarni spirt va karbonat angidridga aylantiradi. Xamirturushlar hujayra tuzilishi bo‘yicha eukariot bo‘lib, ular murakkab metabolik yo‘llarga ega. Eng mashhur xamirturush turi — Saccharomyces cerevisiae,(Sakkaromitslar) u pivo, vino, non, kvas, spirtli ichimliklar va bioetanol ishlab chiqarishda keng qo‘llaniladi.

Xamirturushlarning metabolik faoliyati ikki asosiy yo‘l orqali amalga oshadi:

Aerob sharoitda – uglevodlar to‘liq oksidlanib suv va karbonat angidridga aylanadi, energiya chiqishi yuqori bo‘ladi.

Anaerob sharoitda – spirtli fermentatsiya yo‘li ishga tushadi, glyukozadan etanol va CO_2 hosil bo‘ladi.

Xamirturushning biologik xususiyati shundan iboratki, ular kislorod mavjud bo‘lsa ham, ko‘pincha anaerob yo‘lni ustun ko‘radi (*Crabtree effekti*). Bu xususiyat spirtli ichimliklar sanoati uchun juda muhim. Fermentatsiya jarayonida xamirturushlar biomassasi tez ko‘payadi, bu esa mahsulotning strukturaviy xususiyatlariga ta’sir qiladi. Masalan, non xamiri ko‘tarilishi xamirturushlar tomonidan hosil qilinadigan CO_2 tufayli ro‘y beradi. Vino sanoatida esa xamirturushlarning tolerantligi, aromatik birikmalar hosil qilishi, spirt miqdoriga chidamliligi katta ahamiyatga ega.

Zamburug‘lar (mog‘orlar) va ularning fermentativ roli

Fermentatsiya jarayonlarining muhim ishtirokchilaridan yana biri — mog‘or zamburug‘lari (Aspergillus, Penicillium, Rhizopus) hisoblanadi. Ular ko‘pincha ferment ishlab chiqarishda, pishloq yetilishida, soya mahsulotlarini fermentatsiya qilishda qo‘llanadi.

Masalan:

Aspergillus oryzae *(O‘riza mog‘ori)* – Koji texnologiyasida ishlatiladi, u fermentlar (amilaza,

proteaza, lipaza) ajratib chiqaradi.

Rhizopus oligosporus – tempeh tayyorlashda soya donini fermentlaydi.

Penicillium camemberti va roqueforti – pishloqning yetilishida ishlatiladi, mahsulotga xos ta'm, hidi va tuzilma beradi.

Mog'orlar metabolik jihatdan proteolitik va lipolitik fermentlarga boy bo'lib, ularning faoliyati oqsillarni peptidlar va aminokislotalarga, yog'larni esa erkin yog' kislotalariga parchalashga olib keladi. Bu esa mahsulotning aromatik profili, organoleptik qiymati, tekstura xususiyatlari va hazm bo'lishini sezilarli darajada o'zgartiradi.

Mikroorganizmlarning o'zaro ta'siri va sinergetik metabolizm: Fermentatsiya jarayonida ko'pincha bir emas, balki bir nechta mikroorganizmlar birgalikda faoliyat ko'rsatadi. Bunday jarayonlar *simbiotik* fermentatsiya deb ataladi.

Masalan: Kefirda xamirturushlar va sut kislotasi bakteriyalari birgalikda ishlaydi. Kombuchada sirka kislotasi bakteriyalari va xamirturushlar o'zaro bog'liq holda fermentatsiyani amalga oshiradi.

Ularning metabolik sinergiyasi quyidagilarda namoyon bo'ladi: Bir mikroorganizmlar hosil qilgan metabolitlar boshqalar uchun oziqa bo'ladi, pH, kislorod, substrat miqdori kabi parametrlar bir-birini qo'llab-quvvatlaydi. Yakuniy mahsulotlarning ta'mi va sifatini yaxshilovchi murakkab aromatik moddalar hosil bo'ladi. Mikroorganizmlarning birgalikdagi faoliyati fermentatsiya jarayonining barqarorligi, xavfsizligi va sensor xususiyatlarini sezilarli darajada oshiradi.

Adabiyotlar

[1]. Prescott, L.M., Harley, J.P., & Klein, D.A. Microbiology. 9th Edition. McGraw-Hill, 2014.
[2]. Wood, B.J.B. & Holzapfel, W. The Genera of Lactic Acid Bacteria. Springer Science & Business Media, 2012.
[3]. Qo'ziyev R., Xasanov B. Biotexnologiya asoslari. T.: O'zbekiston milliy ensiklopediyasi, 2018.
[4]. Abdullayev A., Raximov B. Oziq-ovqat texnologiyasi: nazariya va amaliyot. Toshkent: Fan va texnologiya, 2020.
[5]. Eshboyev A., Tursunov M. Mikrobiologiya va virusologiya. Toshkent: Innovatsion rivojlanish nashriyoti, 2019.
[6]. Shodmonov Z., Yusupova D. Oziq-ovqat sanoati biokimyosi. Toshkent: Universitet nashriyoti, 2021.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ СХЕМЫ ФРАКЦИОНИРОВАНИЯ ГИДРООЧИЩЕННОЙ НАФТЫ ПУТЕМ ВНЕДРЕНИЯ ТРЕХСЕКЦИОННОГО ОТБОРА ДЛЯ ПОДГОТОВКИ СЫРЬЯ К ИЗОМЕРИЗАЦИИ

А.У. Ауесбаев

Институт общей и неорганической химии Академии Наук Республики Узбекистан
alisherauesbaev@gmail.com

(Получена 16.04.2026 г.)

Annotatsiya: *Ushbu maqolada benzin komponentlarini tayyorlash jarayonini gidrotozalangan nafta fraksiyalanish sxemasini modernizatsiya qilish orqali takomillashtirish imkoniyati tadqiq qilingan. Tadqiqot obyekti sifatida Buxoro neftni qayta ishlash zavodida qo'llanilayotgan sanoat ajratish sxemasi tanlangan.*

Ajratish selektivligini oshirish maqsadida izopentan bilan boyitilgan oqim, keyingi izomerizatsiya uchun yengil nafta hamda keyingi qayta ishlash uchun og'ir naftani ajratib olishni nazarda tutuvchi uch oqimli fraksiyalanish sxemasi taklif etildi. Tadqiqot sanoat ekspluatatsiyasi parametrlaridan foydalangan holda Aspen HYSYS dasturida statsionar modellashtirish usuli asosida bajarildi.

Natijalar shuni ko'rsatdiki, taklif etilgan sxema joriy etilganda yengil naftadagi Σ(i/n) nisbati 1,09 dan 0,76 gacha kamaygan. Shu bilan birga, ΣC_5 miqdori 56,99 mass.% dan 25,68 mass.% gacha kamayib, ΣC_6^+ komponentlari ulushi 74,18 mass.% gacha ortgan. Qo'shimcha ravishda, tarkibida 91,48 mass.% ΣC_5 bo'lgan alohida izopentan oqimi hosil qilingan.

Taklif etilgan yechim natijasida yoqilg'ining sifat ko'rsatkichlari ham yaxshilanib, tadqiqot oktan soni 65,2 dan 68,1 gacha va motor oktan soni 61,5 dan 65,6 gacha oshgan. Olingan natijalar mazkur sxema benzin komponentlarini tayyorlash samaradorligini oshirish va tayyor yoqilg'i sifatini yaxshilashda qo'llanishi mumkinligini ko'rsatadi.

Kalit so‘zlar: *gidrotozalangan nafta; fraksiyalash; uch oqimli ajratish; Aspen HYSYS; izomerizatsiya; izopentan; oktan soni; Euro-5 benzini; neftni qayta ishlash; jarayonni optimallashtirish.*

Аннотация: *В статье исследована возможность совершенствования подготовки бензиновых компонентов путём модернизации схемы фракционирования гидроочищенной нафты. В качестве объекта исследования рассмотрена промышленная схема разделения, применяемая на Бухарском нефтеперерабатывающем заводе.*

Предложена трёхсекционная схема фракционирования, предусматривающая выделение изопентан-обогащённого потока, лёгкой нафты для последующей изомеризации и тяжёлой нафты для дальнейшей переработки. Исследование выполнено методом стационарного моделирования в программной среде Aspen HYSYS с использованием промышленных параметров эксплуатации установки.

Установлено, что внедрение модернизированной схемы приводит к снижению отношения Σ(i/n) в лёгкой нафте с 1,09 до 0,76. При этом содержание ΣC_5 уменьшилось с 56,99 до 25,68 мас.%, а доля компонентов ΣC_6^+ увеличилась до 74,18 мас.%. Дополнительно сформирован изопентановый поток с содержанием ΣC_5 на уровне 91,48 мас.%.

Полученные результаты сопровождались повышением исследовательского октанового числа с 65,2 до 68,1 и моторного октанового числа с 61,5 до 65,6. Показано, что предложенная схема может быть использована для повышения эффективности подготовки бензиновых компонентов и улучшения качества товарных топлив.

Ключевые слова: *гидроочищенная нафта; фракционирование; трёхсекционное разделение; Aspen HYSYS; изомеризация; изопентан; октановое число; бензин Евро-5; нефтепереработка; оптимизация процесса*

Abstract: *This study investigates the possibility of improving gasoline component preparation through modernization of the hydrotreated naphtha fractionation scheme. The industrial separation process applied at the Bukhara Oil Refinery was selected as the object of the study.*

A three-cut fractionation scheme was proposed, including separation of an isopentane-rich stream, light naphtha for subsequent isomerization, and heavy naphtha for further processing. The study was performed using steady-state simulation in Aspen HYSYS based on actual industrial operating conditions.

The results showed that implementation of the proposed scheme reduced the Σ(i/n) ratio in light naphtha from 1.09 to 0.76. At the same time, the ΣC_5 content decreased from 56.99 wt.% to 25.68 wt.%, while the fraction of ΣC_6^+ components increased to 74.18 wt.%. In addition, a separate isopentane-rich stream containing 91.48 wt.% of ΣC_5 hydrocarbons was obtained.

The proposed modification also improved fuel quality characteristics, increasing the research octane number from 65.2 to 68.1 and the motor octane number from 61.5 to 65.6. The obtained results demonstrate that the proposed scheme can be used to improve gasoline component preparation and enhance commercial fuel quality.

Keywords: *hydrotreated naphtha; fractionation; three-cut separation; Aspen HYSYS; isomerization; isopentane; octane number; Euro-5 gasoline; petroleum refining; process optimization.*

Введение

Современное производство автомобильных бензинов характеризуется ужесточением требований к экологическим и эксплуатационным показателям топлива. В условиях перехода к стандартам Euro-5 особое значение приобретают снижение содержания бензола, ароматических углеводородов и сернистых соединений при одновременном обеспечении высокого октанового числа товарного бензина [1, 2]. Это требует не только применения каталитических процессов глубокой переработки, но и совершенствования существующих схем подготовки промежуточных бензиновых фракций.

Одним из ключевых компонентов бензинового пула является гидроочищенная нафта, содержащая значительное количество углеводородов C_5–C_6, которые являются ценным сырьём для процесса изомеризации. Изомеризация лёгких парафиновых углеводородов позволяет повысить октановое число бензиновых компонентов без увеличения содержания ароматических соединений, что особенно важно при производстве экологически безопасных топлив [3–6]. Однако эффективность данного процесса во многом зависит от состава подаваемого сырья, в частности от соотношения нормальных и изо-парафинов, а также от распределения C_5 и C_6^+ углеводородов.

В традиционных схемах нефтеперерабатывающих заводов гидроочищенная нафта, как правило, разделяется на две основные фракции: лёгкую и тяжёлую. Такая схема отличается технологической простотой, однако она не обеспечивает достаточной селективности разделения углеводородов, близких по температурам кипения. В результате в лёгкой нафте одновременно концентрируются C_4, C_5 и C_6^+ компоненты, что затрудняет последующую переработку, снижает гибкость компаундирования и ограничивает эффективность изомеризации [7–10].

В последние годы для анализа и оптимизации процессов фракционирования широко применяются методы компьютерного моделирования, в том числе Aspen HYSYS. Использование стационарного моделирования позволяет оценить влияние температуры, давления, числа теоретических тарелок, флегмового числа и точки ввода сырья на состав получаемых потоков и энергетические показатели колонны [11, 12]. Ряд исследований показал, что оптимизация работы нафтовых сплиттеров может приводить к снижению энергетических затрат и улучшению качества продуктовых потоков [13–15]. Вместе с тем большинство известных работ ориентировано преимущественно на энергосбережение и выход продуктов, тогда как вопрос целенаправленного изменения углеводородного состава сырья для последующей изомеризации изучен недостаточно.

Особый интерес представляет внедрение схемы трёхсекционного фракционирования, позволяющей выделять изопентан-обогащённый поток, лёгкую нафту, оптимизированную для изомеризации, и тяжёлую нафту для дальнейшей переработки. Такой подход обеспечивает более гибкое управление составом промежуточных потоков и позволяет повысить ценность отдельных бензиновых компонентов без существенного увеличения жёсткости процесса. Кроме того, селективное выделение изопентановой фракции может способствовать повышению октанового потенциала бензинового пула и снижению нагрузки на последующие каталитические процессы [16–18].

Таким образом, совершенствование схемы фракционирования гидроочищенной нафты является актуальной задачей для нефтеперерабатывающих предприятий, ориентированных на производство бензинов, соответствующих современным экологическим требованиям. В частности, для условий Бухарского нефтеперерабатывающего завода актуальным является переход от традиционной двухпродуктовой схемы разделения к трёхсекционной конфигурации, обеспечивающей более селективное распределение C_5–C_6 углеводородов.

Целью настоящей работы является разработка и оценка трёхсекционной схемы фракционирования гидроочищенной нафты для повышения селективности разделения углеводородов и улучшения качества сырья, направляемого на процесс C_5–C_6 изомеризации. Для достижения поставленной цели рассмотрены существующая двухпродуктовая схема разделения, предложена оптимизированная трёхпродуктовая конфигурация и выполнена оценка её влияния на распределение углеводородных потоков с использованием технологического моделирования.

1. Материалы и методы исследования

1.1. Описание существующей схемы фракционирования гидроочищенной нафты

Объектом исследования являлась схема разделения гидроочищенной нафты, эксплуатируемая на Бухарском нефтеперерабатывающем заводе. В существующей конфигурации процесс подготовки бензиновых компонентов основан на двухсекционной схеме фракционирования, обеспечивающей разделение гидроочищенной нафты на лёгкую и тяжёлую фракции (рис.1.).

Гидроочищенная нафта после установки гидроочистки направляется в абсорбер сжиженных углеводородных газов, где осуществляется отделение лёгких компонентов. Далее поток поступает в отпарную колонну для дополнительного удаления лёгкокипящих соединений и стабилизации состава сырья перед последующим разделением.

Основной стадией процесса является разделение в нафтовом сплиттере, где происходит выделение верхнего потока лёгкой нафты и нижнего потока тяжёлой нафты. Верхний продукт после охлаждения направляется в резервуарный парк либо на

последующую переработку, тогда как нижний поток используется в качестве сырья для процессов каталитического риформинга либо дальнейшего получения бензиновых компонентов.

Несмотря на стабильную промышленную эксплуатацию, традиционная двухпродуктовая схема обладает рядом ограничений. В частности, разделение не обеспечивает достаточной селективности между углеводородами C_5–C_6, вследствие чего в лёгкой нафте одновременно концентрируются нормальные и изомерные парафины, а также часть более тяжёлых углеводородов. Подобное распределение снижает эффективность подготовки сырья к процессу изомеризации и ограничивает возможности повышения октанового числа.

Дополнительным ограничением является отсутствие возможности выделения отдельного изопентанового потока, который может использоваться как высокооктановый компонент бензинового пула. В результате часть потенциально ценных углеводородов перераспределяется между потоками без целевого использования их технологического потенциала.

Для устранения указанных недостатков в настоящей работе предложена модернизированная схема фракционирования с выделением дополнительного промежуточного потока и последующей оптимизацией параметров разделения.

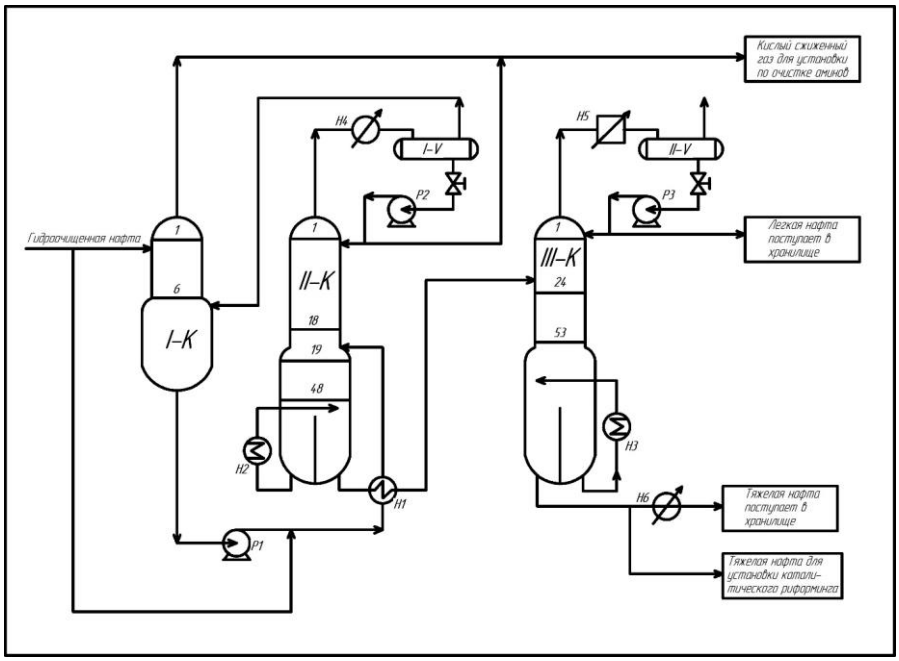


Рисунок 1. Технологическая схема существующего процесса двухсекционного фракционирования гидроочищенной нафты на Бухарском НПЗ.

1.2. Исходные данные и параметры моделирования

Для анализа работы существующей схемы и оценки предложенной модернизации использовали промышленный состав гидроочищенной нафты, полученный на основании лабораторного анализа потока и технологических данных установки.

Моделирование выполнялось в программной среде Aspen HYSYS в стационарном режиме. В качестве исходных условий принимались реальные параметры эксплуатации установки.

Основные параметры расчёта:

– расход сырья: 134 702 кг/ч;

– температура подачи: 128 °C;

– давление подачи: 3,2 бар;

– количество теоретических ступеней: 144;

– давление в верхней части колонны: 2,4 бар;

– давление в нижней части колонны: 3,8 бар;

– коэффициент орошения (reflux ratio): 2,09.

Для обеспечения корректного описания фазового равновесия использовалась встроенная термодинамическая модель Aspen HYSYS, адаптированная для расчёта углеводородных смесей нефтепереработки.

Полученная модель использовалась как базовый вариант для дальнейшего исследования влияния модернизированной схемы разделения на распределение углеводородов и характеристики продуктовых потоков.

2. Предлагаемая трёхсекционная схема фракционирования и стратегия оптимизации

2.1. Предлагаемая трёхсекционная схема разделения

Для устранения ограничений существующей двухпродуктовой схемы была разработана модернизированная конфигурация процесса фракционирования гидроочищенной нафты, предусматривающая разделение исходного потока на три самостоятельные продуктовые фракции (рис.2).

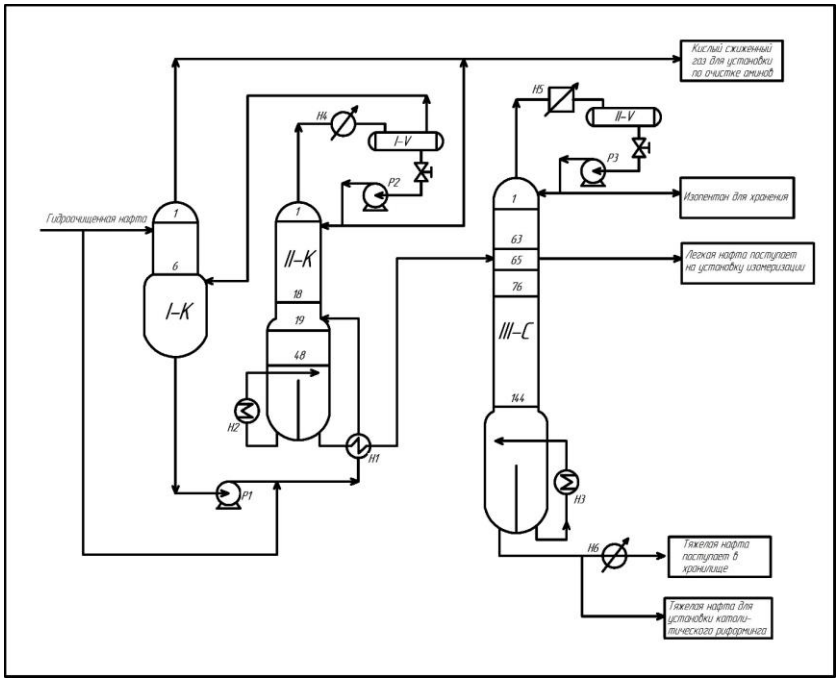


Рис.2. Предлагаемая трёхсекционная схема разделения гидроочищенной нафты.

Предлагаемая схема основана на замене традиционного нафтового сплиттера на колонну трёхсекционного разделения, обеспечивающую селективное распределение углеводородов по температуре кипения и молекулярной структуре. Основной целью модернизации являлось формирование продуктовых потоков, функционально адаптированных к последующим технологическим процессам нефтепереработки.

После предварительной стабилизации гидроочищенная нафта подаётся в колонну трёхсекционного разделения. Внутри колонны формируется система фазового равновесия, обеспечивающая последовательное перераспределение компонентов по высоте аппарата.

Верхний поток представляет собой изопентан-обогащённую фракцию, содержащую преимущественно низкокипящие углеводороды C_5. После частичной конденсации часть потока возвращается в колонну в виде флегмы для поддержания эффективности разделения, а оставшаяся часть выводится как самостоятельный высокооктановый продукт.

Промежуточный поток отбирается из средней части колонны и формирует лёгкую нафту, предназначенную для дальнейшего процесса C_5–C_6 изомеризации. Данный поток характеризуется пониженным содержанием изомерных парафинов и повышенной

концентрацией нормальных углеводородов, что создаёт более благоприятные условия для последующих реакций скелетной изомеризации.

Нижний поток колонны представляет тяжёлую нафту, обогащённую углеводородами C_6^+. После охлаждения данный продукт может быть направлен на установки каталитического риформинга либо использоваться в качестве компонента дальнейшего компаундирования бензинов.

Предложенная конфигурация обеспечивает более эффективное разделение углеводородов по сравнению с традиционной двухсекционной схемой за счёт снижения эффекта повторного смешения компонентов с близкими температурами кипения.

2.2. Стратегия оптимизации процесса

Оптимизация работы предложенной схемы проводилась методом последовательного изменения ключевых эксплуатационных параметров колонны с целью достижения максимальной селективности разделения.

В качестве критериев оптимизации были выбраны:

– максимальное извлечение изопентана в верхний продукт;

– снижение отношения Σ(i/n) в потоке лёгкой нафты;

– увеличение доли C_6^+ компонентов в сырье для изомеризации;

– обеспечение устойчивости технологического режима;

– минимизация роста энергетических затрат.

Для достижения поставленных целей последовательно варьировались следующие параметры процесса:

– коэффициент орошения: 1,5–3,0;

– давление в верхней части колонны: 2,0–2,6 бар;

– температура низа колонны: 170–190 °C;

– положение тарелки ввода сырья: ±5 ступеней относительно базового режима.

Оценка результатов проводилась на основе изменения распределения углеводородов между потоками, изменения группового состава продуктов и анализа технологических ограничений.

Оптимальный режим выбирался по принципу компромисса между глубиной разделения, устойчивостью работы колонны и отсутствием существенного увеличения энергопотребления.

Разработанный подход позволил сформировать схему управления составом промежуточных потоков без изменения существующей инфраструктуры установки и без внедрения дополнительных каталитических стадий.

3. Результаты моделирования и обсуждение

3.1. Влияние трёхсекционного разделения на селективность распределения углеводородов

Результаты моделирования показали, что внедрение трёхсекционной схемы приводит к существенному изменению распределения углеводородов между продуктовыми потоками по сравнению с традиционной двухпродуктовой конфигурацией.

Одним из наиболее важных показателей эффективности подготовки сырья к изомеризации является отношение содержания изо-парафинов к нормальным парафинам Σ(i/n). Известно, что снижение данного отношения способствует увеличению термодинамической движущей силы реакций скелетной изомеризации и создаёт более благоприятные условия для последующего повышения октанового числа.

Полученные результаты показали, что после внедрения модернизированной схемы значение показателя Σ(i/n) в потоке лёгкой нафты снизилось с 1,09 до 0,76 (рис.3.). Такое изменение свидетельствует о снижении концентрации уже разветвлённых парафиновых структур и одновременном повышении содержания нормальных углеводородов, обладающих более высоким потенциалом последующего каталитического превращения.

Наряду с изменением соотношения изомерных и нормальных парафинов наблюдалось существенное перераспределение углеводородов по углеродным числам. Массовая доля

группы ΣC_5 в составе лёгкой нафты уменьшилась с 56,99 до 25,68 %, тогда как содержание более тяжёлых компонентов ΣC_6^+ увеличилось с 32,92 до 74,18 % (рис.4.).

Полученные результаты подтверждают, что предложенная схема обеспечивает целенаправленное формирование потока, более пригодного для последующей переработки на установке изомеризации.

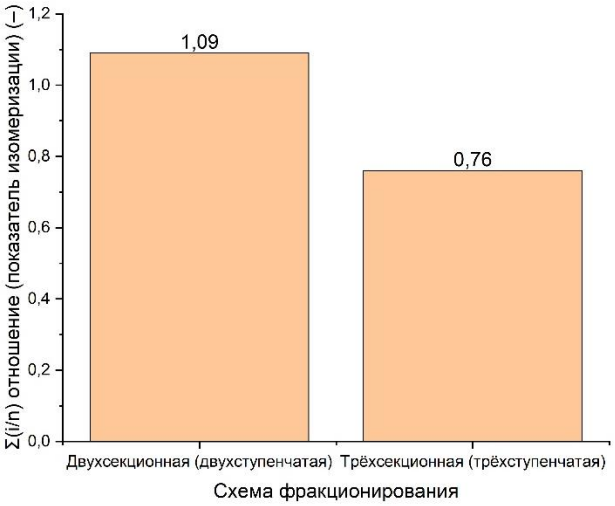


Рис.3. Сравнение отношения Σ(i/n) при двухсекционной и трёхсекционной схемах фракционирования.

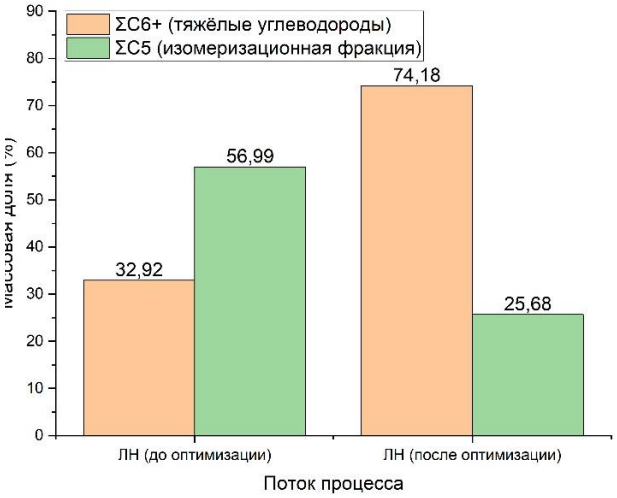


Рисунок 4. Распределение углеводородов ΣC_5 (компоненты, значимые для изомеризации) и ΣC_6^+ (тяжёлые углеводороды) в лёгкой нафте до (ВО) и после (АО) оптимизации.

3.2. Формирование отдельного изопентанового потока

Одним из принципиальных отличий предложенной схемы является возможность выделения самостоятельного изопентанового потока, отсутствующего в традиционной конфигурации разделения.

Результаты моделирования показали, что после внедрения трёхсекционного разделения концентрация ΣC_5 в верхнем продукте достигла 91,48 мас.%, что свидетельствует о высокой степени селективности процесса (рис.5.).

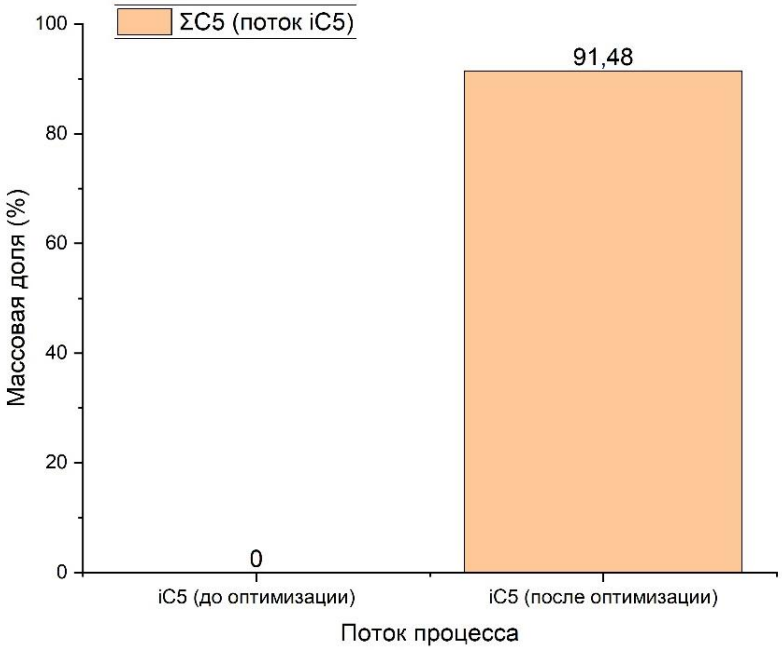


Рис. 5. Массовая доля углеводородов ΣC_5 в изопентан-обогащённом потоке до и после оптимизации.

При этом массовая доля непосредственно изопентана составила 70,48 %, подтверждая возможность получения концентрированного высокооктанового компонента без дополнительной стадии каталитической переработки.

Следует отметить, что выделение отдельного потока изопентана имеет не только технологическое, но и практическое значение. Полученный продукт может использоваться как самостоятельный компонент бензинового пула либо применяться для гибкого регулирования состава конечного топлива.

Одновременно извлечение значительной части C_5-компонентов уменьшает нагрузку на последующую стадию изомеризации и повышает её эффективность.

3.3. Влияние модернизации на качество продуктовых потоков

Изменение углеводородного состава после модернизации напрямую отразилось на эксплуатационных характеристиках получаемых бензиновых компонентов.

После внедрения трёхсекционного разделения исследуемый поток лёгкой нафты продемонстрировал увеличение исследовательского октанового числа (RON) с 65,2 до 68,1 единицы (табл.1.).

Одновременно моторное октановое число (MON) увеличилось с 61,5 до 65,6.

Рост октановых характеристик обусловлен перераспределением парафиновых групп и повышением эффективности подготовки сырья для последующих процессов каталитического облагораживания.

Особенно важно отметить увеличение показателя MON, поскольку данный параметр характеризует устойчивость топлива к детонации в условиях повышенных нагрузок и температур.

Полученные результаты подтверждают, что применение трёхсекционной схемы позволяет не только изменить состав промежуточных потоков, но и повысить эксплуатационные характеристики бензиновых компонентов без увеличения жёсткости технологического режима.

Таблица 1.

Октановые характеристики лёгкой нафты

Поток	**Исследовательское октановое число (RON)**	**Моторное октановое число (MON)**
Лёгкая нафта (до оптимизации)	65.2	61.5
Лёгкая нафта (после оптимизации)	68.1	65.6

Таким образом, выполненное моделирование подтвердило эффективность предложенной технологической модернизации и показало возможность использования трёхсекционного разделения как инструмента целенаправленного управления составом углеводородных потоков.

4. Энергетическая эффективность и практическая значимость предложенной схемы

4.1. Оценка влияния модернизации на энергетические показатели процесса

Помимо изменения углеводородного состава продуктовых потоков важным аспектом оценки предложенной схемы является её влияние на эксплуатационные и энергетические показатели процесса.

Традиционно увеличение числа выделяемых продуктов сопровождается ростом энергетических затрат вследствие усложнения процесса разделения. Однако выполненное моделирование показало, что внедрение трёхсекционной схемы не приводит к пропорциональному увеличению энергопотребления установки.

Полученный эффект обусловлен повышением селективности разделения и снижением термодинамических потерь, связанных с повторным смешением компонентов, обладающих близкими температурами кипения.

В существующей двухсекционной схеме часть углеводородов многократно перераспределяется внутри колонны, что снижает эффективность разделения и увеличивает внутренние циркуляционные потоки. Предлагаемая конфигурация обеспечивает более направленное распределение компонентов и уменьшает степень внутреннего перемешивания.

Следовательно, достижение требуемого состава потоков становится возможным без существенного изменения режима работы установки.

Следует отметить, что детальный расчёт удельных энергетических затрат и технико-экономических показателей требует отдельного исследования и не являлся основной целью настоящей работы.

Тем не менее полученные результаты демонстрируют возможность повышения качества продуктовых потоков без значительного роста энергетической нагрузки.

4.2. Практическое значение результатов для нефтеперерабатывающих предприятий

Полученные результаты имеют практическое значение для предприятий нефтеперерабатывающей отрасли, ориентированных на производство бензинов, соответствующих современным экологическим требованиям.

Предложенная схема позволяет реализовать целенаправленное управление углеводородным составом промежуточных потоков ещё до стадии каталитической переработки.

Для условий Бухарского нефтеперерабатывающего завода внедрение трёхсекционного разделения создаёт следующие потенциальные преимущества:

– повышение качества сырья для установки C_5–C_6 изомеризации;

– выделение отдельного высокооктанового изопентанового компонента;

– снижение зависимости бензинового пула от глубины риформинга;

– повышение гибкости компаундирования товарных бензинов;

– улучшение соответствия требованиям стандарта Euro-5.

Предложенный подход не требует внедрения новых каталитических процессов и может быть реализован посредством модернизации существующей схемы разделения.

Таким образом, разработанное решение представляет интерес как для модернизации действующих нефтеперерабатывающих установок, так и при проектировании новых схем подготовки бензиновых компонентов.

Заключение

В работе предложена и исследована модернизированная схема трёхсекционного фракционирования гидроочищенной нафты, направленная на повышение эффективности подготовки сырья к процессу C_5–C_6 изомеризации.

На основании результатов моделирования установлено, что переход от традиционной двухпродуктовой схемы к трёхсекционной конфигурации обеспечивает более селективное распределение углеводородов между продуктовыми потоками.

Показано, что применение предложенной схемы приводит к снижению отношения $\Sigma(i/n)$ в потоке лёгкой нафты с 1,09 до 0,76, что создаёт более благоприятные условия для последующего протекания реакций изомеризации.

Одновременно содержание группы ΣC_5 в лёгкой нафте уменьшилось с 56,99 до 25,68 мас.%, тогда как доля компонентов ΣC_6^+ увеличилась до 74,18 мас.%.

Установлено, что внедрение дополнительного продуктового потока позволило сформировать изопентан-обогащённую фракцию с содержанием ΣC_5 на уровне 91,48 мас.% и концентрацией изопентана 70,48 мас.%.

Изменение углеводородного состава сопровождалось улучшением эксплуатационных характеристик продукта: исследовательское октановое число увеличилось с 65,2 до 68,1, а моторное октановое число — с 61,5 до 65,6.

Полученные результаты подтверждают, что предложенная схема может рассматриваться как эффективный инструмент технологической модернизации процессов подготовки бензиновых компонентов и повышения качества товарных топлив без существенного увеличения жёсткости режима работы установки.

Список литературы

[1]. Gary J.H., Handwerk G.E. Petroleum Refining: Technology and Economics. 3rd ed. New York: Marcel Dekker; 1994. 944 p.

[2]. Jia Z., Ierapetritou M.G., Kelly J.D. Refinery short-term scheduling using continuous time formulation: Crude-oil operations. Industrial and Engineering Chemistry Research. 2003;42:3085–3097.

[3]. Li W., Hui C., Li A. Integrating CDU, FCC and product blending models into refinery planning. Computers and Chemical Engineering. 2005;29:2010–2028.

[4]. Papalexandri K.P., Patsiatzis D., Pistikopoulos E.N., Ebbesen L. Heat integration aspects in crude preheats refinery section. Computers and Chemical Engineering. 1998;22:141–148.

[5]. Slaback D., Riggs J. The inside-out approach to refinery-wide optimization. Industrial and Engineering Chemistry Research. 2007;46:4645–4653.
[6]. Mendez C., Grossmann I., Harjunkoski I., Kabore P. A simultaneous optimization approach for off-line blending and scheduling of oil-refinery operations. Computers and Chemical Engineering. 2006;30:614–634.
[7]. Abdullah A.S., Almalike L.B., Ali A.A., Al-Asadi A.A., Al-Matwari M.A. Simulation and Energy Saving Optimization in Naphtha Splitter. International Transaction Journal of Engineering, Management & Applied Sciences & Technologies. 2021;12(7):1–10.
[8]. Malfi N., Sobhi C., Mecelti O.M., Mogalli S., Bougdah I. Optimization of the aromatic precursor recovery procedure in column C-63 using Aspen HYSYS. Materials Today: Proceedings. 2022;49:1112–1117.
[9]. Kalita R., Gentry J. Dividing wall columns in operation. Chemical Engineering Transactions. 2018;69:547–552.
[10]. Silva A.P., Bahú J.O., Soccol R.Jr., Rodríguez-Urrego L., Fajardo-Moreno W.S., Moya H., León-Pulido J., Cárdenas Concha V.O. Naphtha Characterization (PIONA, Density, Distillation Curve and Sulfur Content): An Origin Comparison. Energies. 2023;16:3568.
[11]. Jones D.S.J. Distillation of the Light Ends from Crude Oil in Petroleum Processing. In: Handbook of Petroleum Processing. Springer; 2015. p.199–227.
[12]. Díaz-Cervantes D.K., López-Medina F., López-López E., Medina-Velázquez D.Y., Pérez-Villaseñor F., Fernández-Martínez E.H., Elías-Domínguez A. Generalized kinetic model of the C6 series isomerization process. Chemical Engineering Research and Design. 2025;224:386–395.
[13]. Adzamić Z., Adzamić T., Mužić M., Šertić-Bionda K. Optimization of the n-hexane isomerization process using response surface methodology. Chemical Engineering Research and Design. 2013;91(1):100–105.
[14]. Mohamed M.F., Shehata W.M., Abdel Halim A.A., Gad F.K. Improving gasoline quality produced from MIDOR light naphtha isomerization unit. Egyptian Journal of Petroleum. 2017;26(1):111–119.
[15]. Hamied R.S., Shakor Z.M., Sadeiq A.H., Abdul Razak A.A., Khadim A.T. Kinetic Modeling of Light Naphtha Hydroisomerization in an Industrial Universal Oil Products Penex™ Unit. Energy Engineering. 2023;120(6):1371–1386.
[16]. Naqvi S.R., Bibi A., Naqvi M., Noor T., Nizami A.S., Rehan M., Ayoub M. New trends in improving gasoline quality and octane through naphtha isomerization: a short review. Applied Petrochemical Research. 2018;8:131–139.
[17]. Valavarasu G., Sairam B. Light Naphtha Isomerization Process: A Review. Petroleum Science and Technology. 2013;31(6):580–595.
[18]. Jarullah A.T., Abed F.M., Ahmed A.M., Mujtaba I.M. Optimisation of several industrial and recently developed AJAM naphtha isomerization processes using model based techniques. Computers and Chemical Engineering. 2019;126:403–420.

TURLI OZIQA KOMPOZITSIYALARINING YUQORI ZICHLIKDA ODDIY SAZAN (CYPRINUS CARPIO) VA OQ AMUR (HYPOPHTHALMICHTHYS MOLITRIX) NING OZIQA SAMARADORLIGIGA TA'SIRI

M.X. Mamatkulov, Z.K. Dexkanov, L.A. Ibragimov, R.X. Medatov

Farg'ona davlat texnika universiteti,
(Qabul qilindi 18.03.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu tadqiqotda turli oziqa kompozitsiyalarining yuqori zichlikda yetishtirilgan oddiy sazav va oq baliqning o'sish ko'rsatkichlari hamda oziqa samaradorligiga ta'siri o'rganildi. Tadqiqot davomida turli protein darajasiga ega bo'lgan yemlar (20%, 25% va 30%) qo'llanilib, baliqlarning vazn ortishi, maxsus o'sish tezligi (SGR) va oziqa konversiya koeffitsienti (FCR) baholandi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, yem tarkibidagi protein miqdori baliqlarning o'sish sur'atiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Eng yuqori o'sish ko'rsatkichlari o'rta darajadagi (25%) protein bilan oziqlantirilgan guruhda kuzatildi, bu esa ortiqcha protein har doim ham yuqori samaradorlik bermasligini ko'rsatadi. Shu bilan birga, oziqa konversiya koeffitsienti eng optimal qiymatni aynan ushbu guruhda namoyon etdi. Tadqiqot natijalari yuqori zichlik sharoitida baliqlarni samarali yetishtirish uchun oziqa kompozitsiyasini optimallashtirish zarurligini tasdiqlaydi. Olingan ma'lumotlar akvakultura xo'jaliklarida yemdan foydalanish samaradorligini oshirish va iqtisodiy jihatdan foydali texnologiyalarni joriy etishda muhim ahamiyatga ega.*

Kalit so'zlar: *oziqa kompozitsiyasi; yuqori zichlik; Cyprinus carpio; Hypophthalmichthys molitrix; protein darajasi; oziqa konversiya koeffitsienti (FCR); yem samaradorligi.*

Аннотация*. В данном исследовании изучено влияние различных пищевых композиций на показатели роста и эффективность кормления обычного сазана и белого амура, выращенных при высокой плотности. В ходе исследования использовались корма с различным содержанием белка (20%, 25% и 30%), и оценивались увеличение веса рыб, специальная скорость роста (SGR) и*

коэффициент конверсии корма (FCR). Результаты показали, что количество белка в корме оказывает значительное влияние на скорость роста рыб. Наибольшие показатели роста были зафиксированы у группы, кормленной средним уровнем белка (25%), что показывает, что избыток белка не всегда приводит к высокой эффективности. В то же время коэффициент конверсии корма продемонстрировал оптимальное значение именно в этой группе. Результаты исследования подтверждают необходимость оптимизации состава кормов для эффективного выращивания рыб при высокой плотности. Полученные данные имеют важное значение для повышения эффективности использования кормов в аквакультуре и внедрения экономически выгодных технологий.

Ключевые слова: *пищевая композиция; высокая плотность; Cyprinus carpio; Hypophthalmichthys molitrix; уровень белка; коэффициент конверсии корма (FCR); эффективность корма.*

Abstract*. This study investigated the effect of various food compositions on the growth performance and feed efficiency of common carp and white amur raised under high-density conditions. During the study, feeds with different protein levels (20%, 25%, and 30%) were applied, and the fish's weight gain, specific growth rate (SGR), and feed conversion ratio (FCR) were evaluated. The results showed that the protein content in the feed significantly affected the growth rate of the fish. The highest growth rates were observed in the group fed with moderate protein (25%), indicating that excess protein does not always lead to higher efficiency. At the same time, the feed conversion ratio showed the optimal value in this group. The results of the study confirm the need to optimize the feed composition for effective fish farming under high-density conditions. The obtained data are of significant importance for increasing the efficiency of feed use in aquaculture and implementing economically beneficial technologies.*

Keywords: *food composition; high density; Cyprinus carpio; Hypophthalmichthys molitrix; protein level; feed conversion ratio (FCR); feed efficiency.*

KIRISH.

So‘nggi yillarda akvakultura dunyo bo‘yicha eng tez rivojlanayotgan oziq-ovqat ishlab chiqarish sohalaridan biriga aylandi. Aholi sonining ortishi, tabiiy baliq zaxiralarining kamayishi va yuqori sifatli oqsilga bo‘lgan talabning oshishi natijasida sun’iy sharoitda baliq yetishtirish texnologiyalariga qiziqish keskin ortmoqda. Shu nuqtai nazardan, intensiv va yuqori zichlikka asoslangan akvakultura tizimlari baliq mahsuldorligini oshirishning samarali usullaridan biri sifatida qaralmoqda [1-3].

Akvakulturada yuqori hosildorlikka erishish ko‘p jihatdan baliqlarning oziqlanish tizimiga bog‘liq bo‘lib, ayniqsa yem tarkibi va uning muvozanatlanganligi muhim ahamiyat kasb etadi. Baliqlarning o‘sishi, rivojlanishi va fiziologik holati bevosita oziqa tarkibidagi asosiy komponentlar — oqsil, yog‘, uglevodlar, vitaminlar va mineral moddalar miqdoriga bog‘liq. Shulardan oqsil komponenti baliq organizmida to‘qimalarning shakllanishi va o‘sish jarayonlarida hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Shu sababli akvakulturada yem tarkibidagi optimal oqsil darajasini aniqlash muhim ilmiy va amaliy vazifa hisoblanadi [4-6].

Oddiy sazan — Cyprinus carpio va oq amur (ko‘proq fitoplankton bilan oziqlanuvchi) — Hypophthalmichthys molitrix akvakulturada keng tarqalgan va iqtisodiy jihatdan muhim turlar hisoblanadi. Ushbu baliqlar tez o‘sishi, turli sharoitlarga moslashuvchanligi va nisbatan kam xarajat bilan yetishtirilishi sababli Markaziy Osiyo, jumladan O‘zbekiston akvakultura xo‘jaliklarida keng qo‘llaniladi. Biroq yuqori zichlik sharoitida ularning oziqlanish ehtiyojlari va yemdan foydalanish samaradorligi sezilarli darajada o‘zgarishi mumkin [7-11].

Yuqori zichlikda baliq yetishtirish jarayonida oziqa resurslaridan oqilona foydalanish, ya’ni yemning konversiya samaradorligini oshirish asosiy muammolardan biri hisoblanadi. Notekis yoki ortiqcha oziqlantirish suv muhitining ifloslanishiga, ammiak va nitrit miqdorining oshishiga hamda baliqlarda stress holatining kuchayishiga olib kelishi mumkin. Bu esa o‘z navbatida o‘sish sur’atining pasayishiga va iqtisodiy zararlarning ortishiga sabab bo‘ladi. Shu boisdan yem tarkibini ilmiy asosda optimallashtirish akvakulturada barqaror rivojlanishning muhim omillaridan biri hisoblanadi [12].

Hozirgi kunda ko‘plab tadqiqotlarda turli protein darajalariga ega yemlarning baliq o‘sish ko‘rsatkichlariga ta’siri o‘rganilgan bo‘lsa-da, ularning natijalari turli sharoitlarda farq

qilishi kuzatilmoqda.

Ayniqsa, mahalliy iqlim sharoiti, suv sifati va boqish texnologiyalarini hisobga olgan holda olib borilgan tadqiqotlar yetarli darajada emas. Shu sababli Cyprinus carpio va Hypophthalmichthys molitrix uchun optimal oziqa kompozitsiyasini aniqlash ilmiy jihatdan dolzarb masalalardan biri hisoblanadi [13].

1-rasm. Suv yuzasida oziqlanayotgan oddiy sazan (Cyprinus carpio).

Mazkur tadqiqotning maqsadi turli oziqa kompozitsiyalarining yuqori zichlikda yetishtirilgan baliqlarning o‘sish ko‘rsatkichlari va oziqa samaradorligiga ta’sirini baholashdan iborat. Tadqiqot natijalari asosida optimal yem tarkibini aniqlash va akvakultura xo‘jaliklarida amaliy tavsiyalar ishlab chiqish ko‘zda tutilgan [14].

OZIQLANISH VA OZUQA KOMPOZITSIYASI. Akvakulturada baliqlarning o‘sishi, rivojlanishi va umumiy mahsuldorligi ko‘p jihatdan ularning oziqlanish darajasi hamda yem tarkibining muvozanatlanganligiga bog‘liq. Oziqlanish baliq organizmida kechadigan barcha fiziologik jarayonlarning asosini tashkil etib, energetik almashinuv, yangi to‘qimalarning shakllanishi va hayotiy faoliyatning barqaror kechishini ta’minlaydi. Ayniqsa, intensiv va yuqori zichlik sharoitida baliq yetishtirishda tabiiy oziqa resurslari cheklanganligi sababli sun’iy yemlarning ahamiyati yanada ortadi. Shu boisdan yem tarkibini ilmiy asosda shakllantirish va uning optimal nisbatlarini aniqlash akvakulturada muhim masalalardan biri hisoblanadi [15].

Baliq yemlari odatda oqsil, yog‘lar, uglevodlar, vitaminlar va mineral moddalar kabi asosiy komponentlardan tashkil topadi. Ushbu komponentlarning har biri baliq organizmida ma’lum vazifani bajaradi. Jumladan, oqsil baliq tanasida mushak to‘qimalari va hujayralarning asosiy qurilish materiali bo‘lib xizmat qiladi. Yog‘lar esa energiya manbai sifatida ishtirok etib, yog‘da eriydigan vitaminlarning o‘zlashtirilishiga yordam beradi. Uglevodlar qo‘shimcha energiya manbai sifatida ishlatiladi, biroq baliqlar uglevodlarni boshqa hayvonlarga nisbatan kamroq samaradorlik bilan o‘zlashtiradi. Vitaminlar va mineral moddalar esa modda almashinuvi jarayonlarini tartibga soladi, fermentlar faoliyatini qo‘llab-quvvatlaydi va baliqlarning immun tizimini mustahkamlashda muhim rol o‘ynaydi [16].

Oziqa tarkibidagi ushbu komponentlarning muvozanatli bo‘lishi baliqlarning tez o‘sishi va sog‘lom rivojlanishini ta’minlaydi. Agar yem tarkibida ma’lum bir komponent yetishmasa yoki ortiqcha bo‘lsa, bu baliqlarning o‘sish sur’atiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi, hatto kasalliklarning paydo bo‘lishiga olib kelishi mumkin. Shu sababli akvakulturada yem formulalarini ishlab chiqishda har bir komponentning optimal miqdorini aniqlash katta ilmiy va amaliy ahamiyatga ega.

Akvakulturada eng muhim oziq moddalardan biri oqsil hisoblanadi. Oqsil baliq organizmida yangi hujayralar va to‘qimalarning hosil bo‘lishi, fermentlar va gormonlar sintezi hamda umumiy o‘sish jarayonlarida hal qiluvchi rol o‘ynaydi. Shu bois yem tarkibidagi protein darajasi baliqlarning o‘sish ko‘rsatkichlariga bevosita ta’sir qiladi. Masalan, Cyprinus carpio uchun odatda o‘rtacha 25–35% protein darajasi optimal deb hisoblanadi. Hypophthalmichthys molitrix esa tabiiy sharoitda fitoplankton bilan oziqlanganligi sababli nisbatan pastroq protein talabiga ega bo‘lishi mumkin. Biroq intensiv sharoitda ushbu baliqlar uchun ham muvozanatlangan protein miqdoriga ega yemlardan foydalanish zarur [17].

Shuni alohida ta’kidlash lozimki, yem tarkibida protein miqdorining ortiqcha bo‘lishi har doim ham ijobiy natija bermaydi. Ortiqcha protein baliq organizmida energiya sifatida sarflanishi yoki chiqindi mahsulotlar ko‘rinishida ajralib chiqishi mumkin. Bu esa nafaqat yemning iqtisodiy samaradorligini pasaytiradi, balki suv muhitining ifloslanishiga ham olib keladi. Shu sababli akvakulturada optimal protein darajasini aniqlash va uni amaliyotda qo‘llash muhim vazifalardan biri hisoblanadi.

Oziqlantirish samaradorligini baholashda oziqa konversiya koeffitsienti (FCR) keng qo‘llaniladi. Ushbu ko‘rsatkich baliq tomonidan iste’mol qilingan yem miqdorining vazn ortishiga nisbati orqali aniqlanadi. FCR qiymati qancha past bo‘lsa, yemdan foydalanish shuncha samarali bo‘ladi. Muvozanatlangan oziqa kompozitsiyasi FCR ko‘rsatkichini yaxshilashga, baliqlarning o‘sish sur’atini oshirishga va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirishga xizmat qiladi [18].

Yuqori zichlik sharoitida baliqlarni oziqlantirish o‘ziga xos xususiyatlarga ega. Bunday sharoitda baliqlar o‘rtasida oziqa uchun raqobat kuchayadi, noto‘g‘ri oziqlantirish esa yemning isrof bo‘lishiga va suv muhitining tez ifloslanishiga olib keladi. Suvda ammiak va boshqa zararli moddalar miqdorining ortishi baliqlarda stress holatini keltirib chiqaradi va o‘sish jarayonini sekinlashtiradi. Shu sababli yuqori zichlikda baliq yetishtirishda oziqlantirish rejimini to‘g‘ri tashkil etish, yem miqdorini aniq hisoblash va suv sifatini doimiy nazorat qilish muhim ahamiyatga ega.

MATERIALAR VA METODLAR. Mazkur tadqiqot yuqori zichlik sharoitida yetishtirilayotgan Cyprinus carpio va Hypophthalmichthys molitrix baliqlarida turli oziqa kompozitsiyalarining o‘sish dinamikasi hamda oziqa o‘zlashtirish samaradorligiga ta’sirini aniqlash maqsadida olib borildi [19].

Tajriba yopiq nazorat qilinadigan akvakultura sharoitida 60 kun davomida tashkil etildi. Suv muhiti barqarorligini ta’minlash uchun harorat 23–25°C oralig‘ida, eritilgan kislorod miqdori 5 mg/l dan kam bo‘lmagan darajada, muhitning kislotalilik darajasi (pH) esa 7.2–7.8 diapazonda ushlab turildi. Suv parametrlari kunlik monitoring qilinib, zarur hollarda aeratsiya va qisman suv almashinuvi amalga oshirildi [20].

Tadqiqot ob’ekti sifatida morfologik va fiziologik ko‘rsatkichlari o‘xshash bo‘lgan, boshlang‘ich o‘rtacha vazni 20–25 g atrofidagi baliqlar tanlab olindi. Har bir tur alohida guruhlarda o‘rganildi va har bir tajriba varianti uch martadan takrorlandi, bu esa olingan natijalarning ishonchliligini oshirishga xizmat qildi.

Eksperimental dizayn uch xil oziqa kompozitsiyasiga asoslandi. Birinchi guruhda 20% proteinli yem (nazorat varianti), ikkinchi guruhda 25% proteinli yem, uchinchi guruhda esa 30% proteinli yem qo‘llanildi. Oziqlantirish kuniga ikki marotaba amalga oshirilib, berilgan yem miqdori baliqlarning umumiy biomassasiga nisbatan 3–5% oralig‘ida belgilandi. Oziqlantirish jarayonida yemning to‘liq iste’mol qilinishi va ortiqcha qoldiq hosil bo‘lmasligi nazorat qilindi [21-23].

Baliqlarning o‘sish ko‘rsatkichlarini baholash maqsadida har 15 kunda ularning vazni va uzunligi o‘lchab borildi. Tadqiqot yakunida o‘sish sur’ati, maxsus o‘sish tezligi hamda oziqa konversiya koeffitsienti hisoblab chiqildi. Maxsus o‘sish tezligi (SGR) logarifmik o‘zgarishlar asosida aniqlanib, vaqt birligiga nisbatan foizlarda ifodalandi, oziqa konversiya koeffitsienti (FCR) esa berilgan yem miqdorining vazn ortishiga nisbatini aks ettirdi.

Hisoblash formulalari.

Maxsus o‘sish tezligi (SGR):

$$SGR(\%) = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t} \times 100$$

Oziqa konversiya koeffitsienti (FCR):

$$FCR = \frac{berilgan\ yem(g)}{vaznort\ ishi(g)}$$

1-jadval

Oziqa kompozitsiyasidagi protein miqdorining baliqlarning vazn ko‘rsatkichlari va FCR ga ta’siri

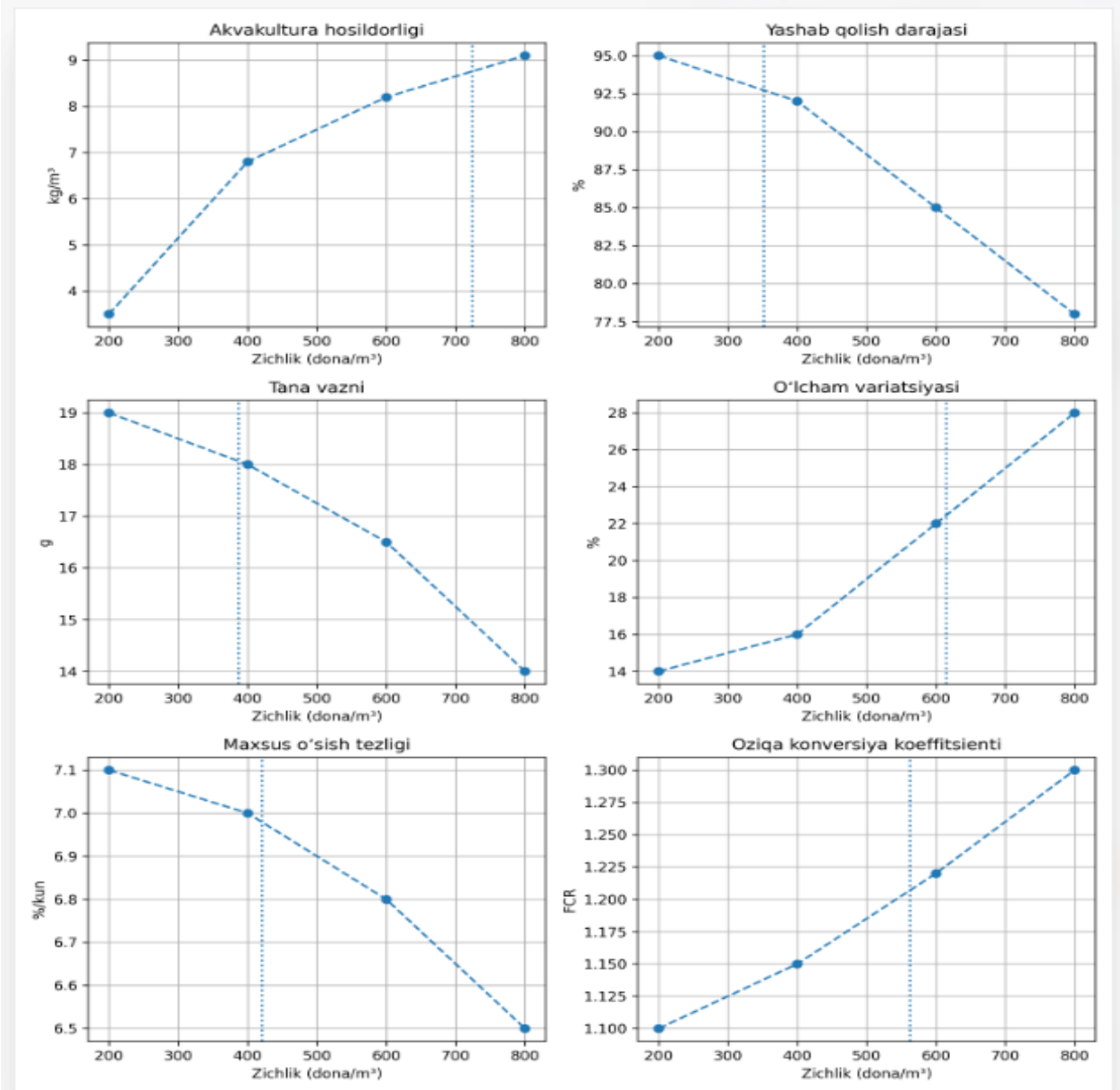
Guruh	Protein (%)	Boshlang‘ich vazn (g)	Yakuniy vazn (g)	Vazn ortishi (g)	SGR (%)	FCR
1	20	22.1 ±0.5	65.3 ±1.2	43.2	1.82	1.90
2	25	22.3 ±0.6	78.5 ±1.5	56.2	2.15	1.45
3	30	22.0 ±0.4	74.2 ±1.3	52.2	2.05	1.60

NATIJALAR VA MUHOKAMA. Tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, oziqa tarkibidagi protein darajasi baliqlarning o‘sish ko‘rsatkichlariga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatadi. Xususan, 25% protein bilan oziqlantirilgan guruhda vazn ortishi va o‘sish sur’ati eng yuqori darajada qayd etildi. Ushbu guruhda kuzatilgan natijalar baliq organizmi uchun protein va energiya o‘rtasidagi muvozanat optimal darajada shakllanganligini ko‘rsatadi.

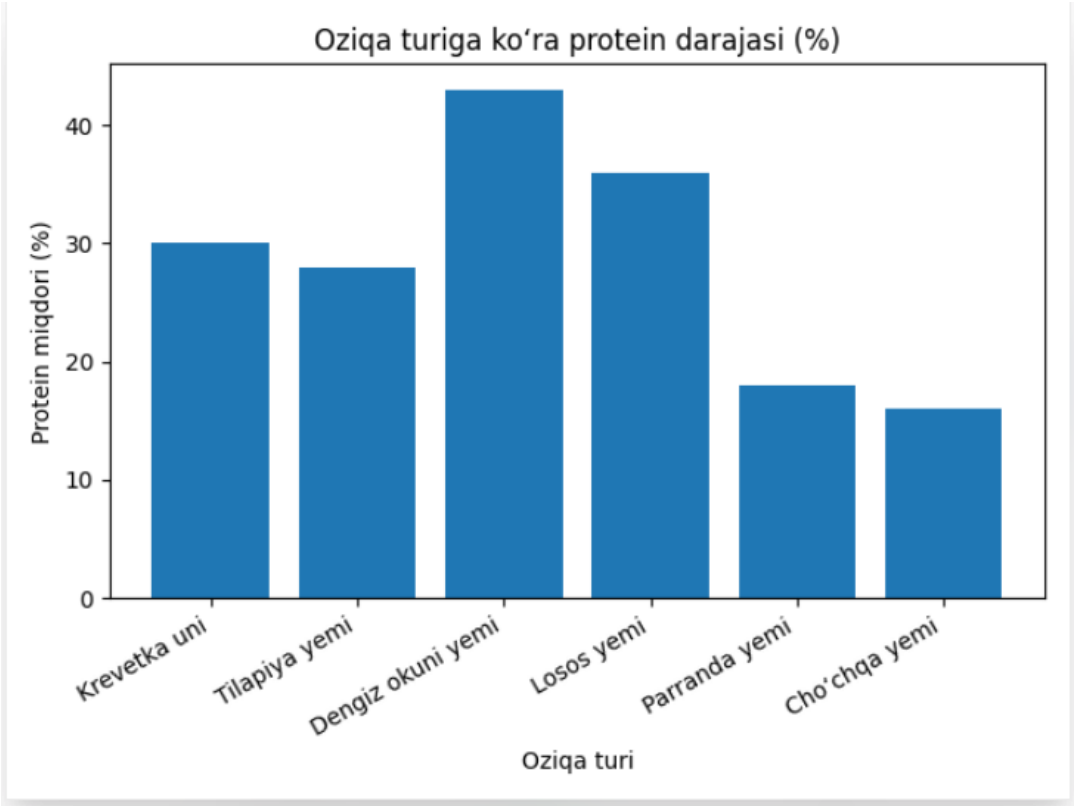
20% proteinli yem bilan oziqlantirilgan baliqlarda o‘sish sur’ati nisbatan past bo‘lib, bu holat oqsil yetishmovchiligi bilan izohlanadi. Oqsil miqdorining yetarli emasligi organizmda to‘qima hosil bo‘lish jarayonlarini sekinlashtiradi va natijada umumiy o‘sish ko‘rsatkichlari pasayadi.

30% proteinli yem qo‘llanilgan guruhda esa o‘sish ko‘rsatkichlari 25% guruhga nisbatan pastroq bo‘ldi. Bu holat ortiqcha oqsilning baliq organizmida to‘liq o‘zlashtirilmasligi va uning bir qismi energiya sifatida sarflanishi yoki metabolik chiqindilar shaklida ajralib chiqishi bilan izohlanadi. Natijada yemdan foydalanish samaradorligi pasayadi.

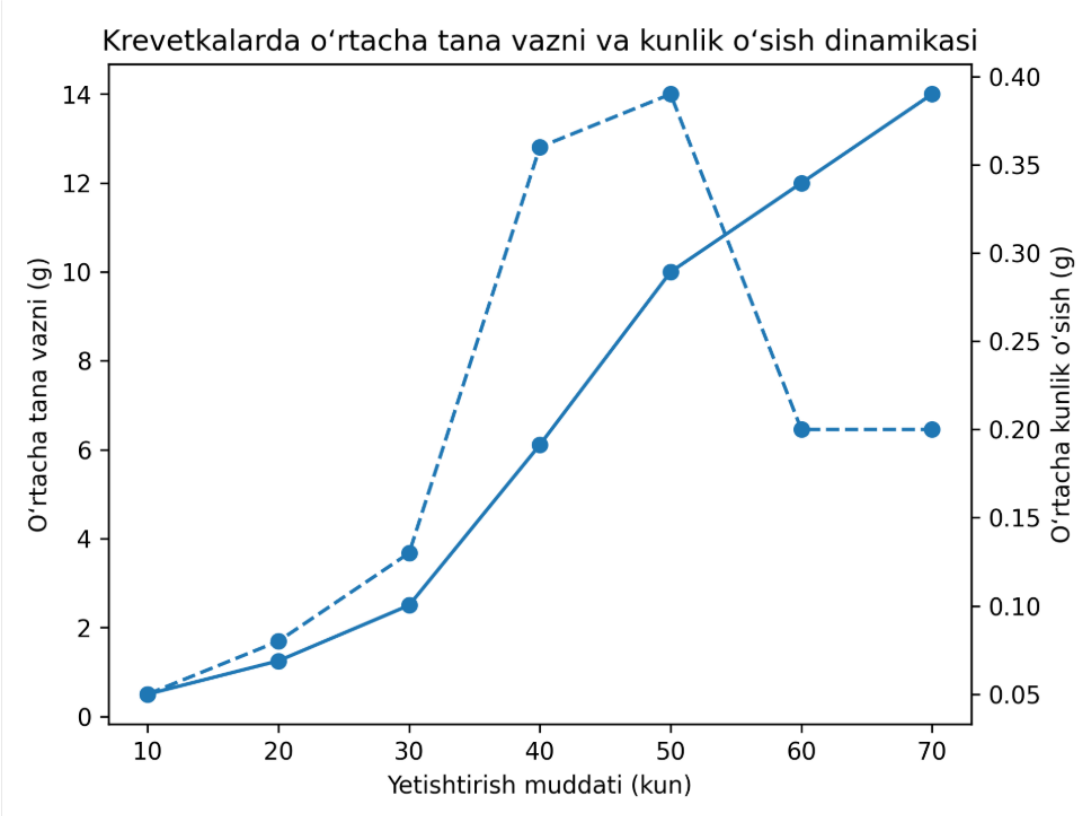
Oziqa konversiya koeffitsienti (FCR) tahlili ham yuqoridagi natijalarni tasdiqladi. Eng past, ya’ni eng samarali FCR ko‘rsatkichi 25% proteinli guruhda kuzatildi. Bu esa mazkur oziqa kompozitsiyasi baliq organizmi tomonidan eng samarali o‘zlashtirilganini ko‘rsatadi.



2-rasm. Turli zichlik sharoitida baliqlarning o‘sish, yashab qolish va oziqa samaradorligi ko‘rsatkichlari.



3-rasm. urli oziqa turlarida protein miqdorining taqqoslanishi.



4-rasm. Krevetkalarda o‘rtacha (—) tana vazni (ABW) va (- - -) kunlik o‘sish (ADG) ko‘rsatkichlarining vaqt bo‘yicha o‘zgarishi.

Tadqiqot davomida olingan barcha ma’lumotlar matematik-statistik usullar yordamida qayta ishlanib, ularning ishonchlilik darajasi baholandi. O‘rtacha qiymatlar va ularning og‘ishlari hisoblab chiqilib, natijalar **o‘rtacha qiymat ± standart xatolik (Mean ± SE)** ko‘rinishida ifodalandi.

Guruhlar o‘rtasidagi farqlarni aniqlash maqsadida bir faktorli dispersiya tahlili (ANOVA) qo‘llanildi. Natijalar **P < 0.05** darajada statistik ahamiyatli deb baholandi. Statistik tahlil natijalari protein darajasining baliqlar o‘sishiga ta’siri ishonchli ekanligini ko‘rsatdi. Ayniqsa, 25% proteinli variant boshqa guruhlarga nisbatan statistik jihatdan ustun natijalarni namoyon etdi. Bu esa optimal oziqa kompozitsiyasini tanlashda ilmiy asoslangan yondashuv zarurligini tasdiqlaydi.

XULOSA. Mazkur tadqiqot natijalari akvakultura sharoitida baliq va qisqichbaqasimonlar yetishtirishda oziqa kompozitsiyasi hamda zichlik omillarining o‘zaro bog‘liqligi muhim ahamiyat kasb etishini ko‘rsatdi. Xususan, turli protein darajasiga ega yemlar bilan oziqlantirish natijasida o‘sish ko‘rsatkichlari va oziqa samaradorligi sezilarli darajada farqlanishi aniqlandi. Tadqiqot davomida o‘rta darajadagi protein (taxminan 25%) bilan oziqlantirilgan guruhlarda eng yuqori o‘sish sur’ati va eng past oziqa konversiya koeffitsienti (FCR) kuzatildi. Bu holat baliq organizmida oqsil va energiya o‘rtasidagi optimal muvozanat aynan shu darajada ta’minlanishini ko‘rsatadi.

Yuqori protein darajasi (30%) qo‘llanilgan variantlarda esa o‘sish ko‘rsatkichlari nisbatan pastroq bo‘lib, bu ortiqcha oqsilning to‘liq o‘zlashtirilmasligi hamda metabolik yo‘qotishlarning ortishi bilan izohlanadi. Shu bilan birga, past protein darajasida (20%) oziqlantirilgan baliqlarda o‘sish sur’atining sekinlashuvi kuzatildi, bu esa oqsil yetishmovchiligining salbiy ta’sirini tasdiqlaydi. Demak, oziqa tarkibida oqsil miqdorini optimal darajada belgilash nafaqat biologik samaradorlik, balki iqtisodiy jihatdan ham muhim hisoblanadi.

Zichlik omilining ta’siri bo‘yicha olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, baliqlarni haddan tashqari yuqori zichlikda saqlash ularning yashab qolish darajasi, tana vazni va umumiy mahsuldorligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Optimal zichlik diapazonida esa baliqlarning o‘sishi tezlashib, oziqa samaradorligi oshadi va o‘lchamlar bir xilligi yaxshilanadi. Bu esa ishlab chiqarish jarayonini yanada barqaror va samarali tashkil etish imkonini beradi.

Krevetkalarda o‘tkazilgan kuzatishlar ham shuni ko‘rsatdiki, yetishtirishning dastlabki bosqichlarida o‘rtacha kunlik o‘sish (ADG) ortib boradi, biroq ma’lum davrdan so‘ng bu ko‘rsatkich pasayadi. Shu bilan birga, o‘rtacha tana vazni (ABW) butun davr davomida barqaror ravishda oshib boradi. Bu biologik qonuniyatlar o‘sish jarayonining bosqichma-bosqich kechishini va oziqlantirish strategiyasini davrga mos holda optimallashtirish zarurligini ko‘rsatadi.

Umuman olganda, tadqiqot natijalari akvakulturada yuqori samaradorlikka erishish uchun oziqa kompozitsiyasini ilmiy asosda tanlash, ayniqsa protein darajasini optimallashtirish hamda baliqlarni optimal zichlikda saqlash zarurligini tasdiqlaydi. Ushbu yondashuvlar o‘sish ko‘rsatkichlarini yaxshilash, oziqa xarajatlarini kamaytirish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1]. Boyd, C.E. (2015). Water Quality: An Introduction. Springer, New York.
[2]. El-Sayed, A.F.M. (2006). Tilapia Culture. CABI Publishing, Wallingford, UK.
[3]. FAO (Food and Agriculture Organization). (2022). The State of World Fisheries and Aquaculture (SOFIA). Rome.
[4]. Halver, J.E., & Hardy, R.W. (2002). Fish Nutrition (3rd ed.). Academic Press, San Diego.
[5]. NRC (National Research Council). (2011). Nutrient Requirements of Fish and Shrimp. National Academies Press, Washington, DC.
[6]. Tacon, A.G.J., & Metian, M. (2015). Feed matters: satisfying the feed demand of aquaculture. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 23(1), 1–10.
[7]. De Silva, S.S., & Anderson, T.A. (1995). Fish Nutrition in Aquaculture. Chapman & Hall, London.
[8]. Webster, C.D., & Lim, C. (2002). Nutrient Requirements and Feeding of Finfish for Aquaculture. CABI Publishing.
[9]. Lovell, T. (1998). Nutrition and Feeding of Fish. Springer, Boston.
[10]. Stickney, R.R. (2005). Aquaculture: An Introductory Text (2nd ed.). CABI Publishing.
[11]. Jobling, M. (1994). Fish Bioenergetics. Chapman & Hall, London.
[12]. Brett, J.R. (1979). Environmental factors and growth. In: Fish Physiology. Academic Press.
[13]. Cho, C.Y., & Bureau, D.P. (2001). A review of diet formulation strategies. Aquaculture Research, 32, 349–360.
[14]. Kaushik, S.J. (1998). Nutritional bioenergetics of carp. Aquaculture, 129, 71–84.
[15]. Wilson, R.P. (2002). Amino acids and proteins. In: Fish Nutrition. Academic Press.

[16]. Peres, H., & Oliva-Teles, A. (1999). Effect of dietary protein levels on growth. Aquaculture, 179, 255–265.
[17]. Lee, S.M., & Kim, K.D. (2001). Effects of dietary protein levels on growth of fish. Aquaculture, 196, 295–305.
[18]. Boyd, C.E., & Tucker, C.S. (1998). Pond Aquaculture Water Quality Management. Springer.
[19]. Fast, A.W., & Lester, L.J. (1992). Marine Shrimp Culture. Elsevier.
[20]. Moss, S.M. (2002). Dietary importance in shrimp growth. Aquaculture, 203, 81–90.
[21]. Bostock, J. et al. (2010). Aquaculture: global status and trends. Philosophical Transactions of the Royal Society B, 365, 2897–2912.
[22]. Troell, M. et al. (2014). Does aquaculture add resilience? Proceedings of the National Academy of Sciences, 111(37), 13257–13263.
[23]. Naylor, R.L. et al. (2021). A 20-year retrospective review of global aquaculture. Nature, 591, 551–563.

SUT VA SUT MAHSULOTLARINI QAYTA ISHLASH SANOATIDA METROLOGIK TA'MINOT: XALQARO STANDARTLAR VA MODERNIZATSIYA ISTIQBOLLARI

S.I. Usmonbekova [1] , G.A. Topvoldiyeva[2]

[1] Farg'ona davlat texnika universiteti.
[2]Namangan davlat texnika universiteti.
**Mas'ul muallif, e-mail: sarvinozusmonbekova90@gmail.com*
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu fundamental ilmiy maqolada sut va sut mahsulotlarini qayta ishlash sanoatida sifat infratuzilmasi hamda metrologik ta'minot tizimining xalqaro me'yoriy hujjatlar (ISO, IDF, OIML, Codex Alimentarius) talablariga muvofiqligi, fizik-kimyoviy va mikrobiologik xavfsizlik parametrlarini nazorat qilishda o'lchashlarning aniqligi hamda metrologik uzviyligini (traceability) ta'minlash masalalari chuqur tahlil qilinadi. Tadqiqot doirasida sut xomashyosining strukturaviy-mexanik, biokimyoviy va reologik ko'rsatkichlarini (yog'lilik, oqsil, quruq modda, zichlik, kislotalilik, krioskopik nuqta) aniqlashda qo'llaniladigan zamonaviy optik, akustik va xromatografik analizatorlarning o'lchash prinsiplari hamda ularni ISO/IEC 17025 standarti asosida kalibrlash metodikalari tizimlashtirilgan. Shuningdek, xalqaro HACCP va ISO 22000 oziq-ovqat xavfsizligi menejmenti tizimlarida Tanqidiy nazorat nuqtalarining (CCP) metrologik poydevori konseptual jihatdan asoslab berilgan, o'lchashlar noaniqligini (uncertainty) baholash modelining mahsulot eksportbopligini oshirishdagi o'rni yoritilgan hamda tarmoqda Raqamli metrologiya (Metrology 4.0) elementlarini joriy etish bo'yicha strategik dasturlar taklif qilingan.*

Kalit so'zlar: *Sifat infratuzilmasi, sut sanoati, oziq-ovqat metrologiyasi, ISO/IEC 17025, ISO 22000, o'lchashlar noaniqligi, metrologik uzviylik, kalibrlash, sertifikatlangan namunaviy moddalar (CRM), Tanqidiy nazorat nuqtalari, Raqamli kalibrlash sertifikati (DCC).*

Аннотация: *В данной фундаментальной научной статье проводится всесторонний системный анализ соответствия системы метрологического обеспечения и инфраструктуры качества в молочной промышленности требованиям международных нормативных документов (ISO, IDF, OIML, Codex Alimentarius), а также вопросов обеспечения точности и метрологической прослеживаемости измерений при контроле физико-химических и микробиологических параметров безопасности. В рамках исследования систематизированы принципы измерений современных оптических, акустических и хроматографических анализаторов, применяемых для определения структурно-механических, биохимических и реологических показателей молочного сырья (жирность, белок, сухой остаток, плотность, кислотность, криоскопическая точка), а также методики их калибровки на основе стандарта ISO/IEC 17025. Концептуально обоснован метрологический фундамент критических контрольных точек (CCP) в международных системах менеджмента безопасности пищевых продуктов HACCP и ISO 22000, освещена роль модели оценки неопределенности измерений в повышении экспортного потенциала продукции и предложены стратегические программы по внедрению элементов цифровой метрологии (Metrology 4.0) в отрасли.*

Ключевые слова: *Инфраструктура качества, молочная промышленность, метрология пищевых продуктов, ISO/IEC 17025, ISO 22000, неопределенность измерений, метрологическая прослеживаемость, калибровка, сертифицированные стандартные образцы (CRM), критические контрольные точки, цифровой сертификат калибровки (DCC).*

Abstract: *This fundamental scientific article provides a comprehensive systemic analysis of the compliance of metrological traceability and quality infrastructure systems in the dairy processing industry with the requirements of international regulatory frameworks (ISO, IDF, OIML, Codex Alimentarius). It addresses the crucial challenges of ensuring measurement accuracy and metrological traceability during the verification of physicochemical and microbiological safety parameters. The study systematizes the measuring principles of advanced optical, acoustic, and chromatographic analyzers utilized to determine the structural-mechanical, biochemical, and rheological properties of raw milk (fat, protein, total solids, density, acidity, freezing point), alongside their calibration methodologies under ISO/IEC 17025 standards. The metrological foundation of Critical Control Points (CCPs) within international food safety management systems such as HACCP and ISO 22000 is conceptually substantiated. Furthermore, the role of measurement uncertainty evaluation models in expanding product export capacity is highlighted, and strategic roadmaps for integrating Digital Metrology (Metrology 4.0) frameworks into the dairy sector are comprehensively proposed.*

Keywords: *Quality infrastructure, dairy industry, food metrology, ISO/IEC 17025, ISO 22000, measurement uncertainty, metrological traceability, calibration, certified reference materials (CRM), Critical Control Points, Digital Calibration Certificate (DCC).*

Kirish

Global oziq-ovqat xavfsizligi va aholi salomatligini barqaror ta’minlash muammosi XXI asr iqtisodiyotining eng ustuvor yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Sut va sut mahsulotlari o‘zining murakkab polidispers va ko‘p komponentli kimyoviy tabiati, biologik qiymati hamda inson organizmi uchun zaruriy aminokislotalar, lipidlar, makro va mikroelementlar kompleksi bilan ajralib turuvchi strategik mahsulotlar sinfiga kiradi. Agro-sanoat majmuasining eng yuqori texnologik va kapital talab qiluvchi tarmoqlaridan biri bo‘lgan sutni qayta ishlash sanoatida mahsulot tannarxini optimallashtirish, mikrobiologik va toksikologik xavfsizlikni kafolatlash hamda saqlash barqarorligini ta’minlash to‘g‘ridan-to‘g‘ri ishlab chiqarish zanjirining har bir bosqichida qo‘llaniladigan metrologik ta’minotning mukammallik darajasiga bog‘liqdir.[1-4]

Sut va uning derivatlarini qayta ishlash jarayonlari o‘ta yuqori kinetik tezlikka ega bo‘lgan biokimyoviy, fermentativ va mikrobiologik reaksiyalar bilan xarakterlanadi. Texnologik oqimdagi issiqlik rejimining kislotalilik ko‘rsatkichining nominal qiymatdan minimal darajada og‘ishi tayyor mahsulotning reologik xususiyatlarini buzishi, oqsil denaturatsiyasini keltirib chiqarishi yoki eng yomoni, patogen mikroorganizmlarning nazoratsiz ko‘payishiga zamin yaratishi mumkin. Shu sababli, Standartlashtirish bo‘yicha xalqaro tashkilot (ISO), Xalqaro sut federatsiyasi (IDF) va Xalqaro qonuniy metrologiya tashkiloti (OIML) kabi nufuzli tuzilmalar oziq-ovqat mahsulotlari sifati va xavfsizligini ta’minlashda qo‘llaniladigan o‘lchash vositalari va sinov uslubiyatlariga nisbatan o‘ta qat’iy, unifikatsiyalangan metrologik talablarni joriy etgan.[2]

Bugungi kunda O‘zbekiston iqtisodiyotining jahon bozoriga integratsiyalashuvi, xususan, Jahon savdo tashkilotiga (JST) a’zo bo‘lish jarayonining hal qiluvchi bosqichlarida milliy oziq-ovqat sanoati korxonalari oldida texnik to‘siqlarni bartaraf etish va mahsulot raqobatbardoshligini xalqaro darajaga ko‘tarish vazifasi turibdi. JSTning "Savdodagi texnik to‘siqlar" (TBT) hamda "Sanitariya va fitosanitariya choralari to‘g‘risida"gi (SPS) bitimlari talablariga muvofiq, xalqaro bozorga chiqariladigan har qanday oziq-ovqat mahsulotining laboratoriya sinovlari global darajada tan olingan Metrologik uzviylik zanjiri asosida bajarilgan bo‘lishi majburiydir.

Biroq, milliy korxonalarda ushbu standartlarni implementatsiya qilish amaliyoti tahlil qilinganda, ko‘pincha tizimning mohiyatini tushunmaslik, xalqaro miqyosda qabul qilingan o‘lchashlar noaniqligi (uncertainty) konsepsiyasi o‘rniga eski xatoliklar (error) nazariyasini qo‘llash hamda zamonaviy intellektual o‘lchash tizimlarining kalibrlash infratuzilmasi yetarli darajada rivojlanmaganligi kabi jiddiy ilmiy-amaliy muammolar ko‘zga tashlanadi.[1]

Ushbu tadqiqot ishining maqsadi — sut va sut mahsulotlarini qayta ishlash sanoatida xalqaro metrologik standartlarning implementatsiya qilinish mexanizmlarini fundamental tahlil qilish, fizik-kimyoviy parametrlarni o‘lchash tizimini ISO/IEC 17025 standarti talablari asosida takomillashtirish, ISO 22000 (HACCP) xalqaro tizimlarining metrologik elementlarini

optimallashtirish hamda sohada raqamli metrologiya texnologiyalarini qo‘llash orqali mahsulot sifati va eksport imkoniyatlarini oshirishning ilmiy asoslangan strategik modellarini ishlab chiqishdan iboratdir.

Asosiy qism

Sut va sut mahsulotlarini qayta ishlash sanoatida metrologik ta’minot — bu xomashyoni fermer xo‘jaliklaridan qabul qilib olish, pasterizatsiya, separatorlash, achitish (fermentatsiya) hamda qadoqlash bosqichlarini qamrab oluvchi, fizik-kimyoviy miqdorlarning qiymatlarini uzluksiz ravishda xalqaro birliklar tizimi (SI) etalonlariga bog‘lab turuvchi texnik va tashkiliy chora-tadbirlar majmuidir.

1. Sut xomashyosining fizik-kimyoviy va reologik ko‘rsatkichlari monitoringida o‘lchash usullari va asboblari tahlili

Sut sanoatida o‘lchashlarning aniqligi mahsulot sifati va korxonaning iqtisodiy rentabelligini belgilovchi eng birinchi filtrdir. Sut tarkibidagi komponentlarning massaviy ulushini tahlil qilishda an’anaviy klassik ho‘l kimyo usullari (yog‘lilik uchun Gerber usuli, oqsil uchun Kyeldal destruksiya usuli, quruq modda uchun gravimetrik quritish usuli) o‘zining yuqori aniqligiga qaramasdan, uzoq vaqt talab qilishi va texnologik jarayonlarni real vaqt rejimida (inline/online) boshqarish imkoniyatini bermasligi sababli arbitraj (nazorat) usullari darajasiga o‘tkazildi.

Hozirgi zamonaviy sut korxonalarida yuqori tezlikka ega bo‘lgan quyi-fizik usullarga asoslangan asboblar qo‘llanilmoqda:

- **Ultratovushli analizatorlar:** Akustik to‘lqinlarning sut muhitidan o‘tish tezligi va so‘nish koeffitsiyenti sutning zichligi, yog‘liligi va quruq yog‘siz sut qoldig‘iga (QYoSQ) bog‘liqligiga asoslangan. Ushbu asboblarni kalibrlash o‘ta sezgir bo‘lib, muhit haroratining o‘zgarishi ham akustik ko‘rsatkichlarni sezilarli darajada o‘zgartiradi.
- **Infraqizil (IK) va Furye-transformatsion infraqizil (FTIR) spektrometrlar:** Sut tarkibidagi organik molekulalarning (yog‘ tarkibidagi uglerod-vodorod bog‘lari, oqsildagi peptid bog‘lari, laktozadagi gidroksil guruhlari) o‘rta infraqizil spektr sohasidagi yutilish energiyasini o‘lchaydi. Bu uslub mikramiqyosda tahlil qilish imkonini beradi, biroq tizimning o‘lchash aniqligi qat’iy ravishda ISO 9622 / IDF 141 xalqaro standartiga mos keluvchi kimyoviy standart namunalar yordamida tuzilgan ko‘p o‘zgaruvchili regressiya (PLSR) modellarining kalibrlanish sifatiga bog‘liq.

Sutning texnologik yaroqliligini baholashda reologik va termodinamik ko‘rsatkichlar — titrlanadigan kislotalilik (°T), aktiv kislotalilik (pH) va krioskopik nuqta (muzlash harorati) markaziy o‘rin tutadi. Krioskopik nuqtani aniqlash (ISO 5764 / IDF 108) sutga suv qo‘shilganligini (falsifikatsiya) aniqlashning eng aniq metrologik usuli bo‘lib, u sutning osmotik bosimi va muzlash nuqtasigacha bo‘lgan tor diapazonda o‘zgarishini termistorli yuqori aniqlikdagi datchiklar yordamida o‘lchaydi. Agar datchik xalqaro etalonga muvofiq kalibrlanmagan bo‘lsa, zavodga qabul qilinayotgan tonnalab suv qo‘shilgan o’tmas xomashyo aniqlanmay qolishi va bu oqsil sanoatida (pishloq, tvorog ishlab chiqarishda) yirik iqtisodiy zarar keltirishi muqarrar.[5-7]

2. ISO/IEC 17025 standarti talablari asosida kalibrlash tizimi va o‘lchashlar noaniqligini matematik modellashtirish

Sut sanoati laboratoriyalarida olingan tahlil natijalarining xalqaro miqyosda daxlsiz va tan olinadigan bo‘lishi uchun ushbu laboratoriyalar **ISO/IEC 17025** xalqaro standarti bo‘yicha rasmiy akkreditatsiyaga ega bo‘lishi shart. Standartning fundamental talabi — o‘lchash natijasini uning aniqlik chegarasini ko‘rsatuvchi ma’lumot, ya’ni o‘lchash noaniqligi bilan birga taqdim etishdir.

Xalqaro **GUM (Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement)** qo‘llanmasiga binoan, sut tahlillarida noaniqlikni hisoblash uchun har bir o‘lchash jarayonining matematik modeli yaratiladi.

3. ISO 22000 va HACCP tizimlarida Tanqidiy nazorat nuqtalarining metrologik poydevori

Sut sanoatida oziq-ovqat xavfsizligini ta’minlashning eng samarali usuli — ISO 22000 standarti doirasidagi HACCP (Xavflarni tahlil qilish va tanqidiy nazorat nuqtalari) tizimidir. HACCP tizimi shunchaki tayyor mahsulotni tekshirish emas, balki butun ishlab chiqarish jarayonidagi xavfli omillarni (biologik, kimyoviy, fizik) preventiv (oldindan) nazorat qilishga asoslanadi. Ushbu tizimning ishlashi to‘g‘ridan-to‘g‘ri liniyalarga o‘rnatilgan o‘lchash vositalarining metrologik barqarorligiga tayanadi.

Sutni qayta ishlash texnologiyasida eng kritik bosqich — Pasterizatsiya va Sterilizatsiya jarayonlaridir. Sut pasterizatorida patogen mikroorganizmlarni (masalan, *Mycobacterium tuberculosis, Brucella, Salmonella*) to‘liq yo‘q qilish uchun oqimdagi sutning haroratda aniq 15-20 soniya ushlab turilishi shart. Ushbu jarayon Tanqidiy nazorat nuqtasi (CCP-1) deb tasniflanadi. Bu yerda metrologik xavf qanday yuzaga keladi? Pasterizatsiya quvuriga o‘rnatilgan qarshilik termometrlari (Pt100 datchiklari) yuqori harorat va agressiv muhit (sut toshlari, kislotali-ishqorli yuvish vositalari — CIP yuvish) ta’sirida vaqt o‘tishi bilan o‘zining nominal xarakteristikalarini yo‘qotadi (dreyf yuzaga keladi).[7-9]

Agar Pt100 datchigi1.5 Cga musbat tizimli xatolik (dreyf) berishni boshlasa:

- Avtomatika displeyida pasterizatsiya harorati go‘yoki me’yorda — 73 C bo‘lib ko‘rinadi.
- Lekin quvurdagi sutning haqiqiy harorati aslida 71 Cni tashkil etayotgan bo‘ladi.
- Bu 1.5 C lik metrologik uzilish sutda eng chidamli patogen bakteriyalarning tirik qolishiga, mahsulotning vaqtidan oldin achishiga va iste’molchilar o‘rtasida ommaviy zaxarlanish kelib chiqishiga sabab bo‘lishi mumkin.

Xuddi shunday holat qadoqlash bosqichida ham kuzatiladi. OIML R 87 xalqaro hujjati talablariga ko‘ra, tayyor sut paketlarining sof og‘irligi belgilangan ruxsat etilgan og‘ishlar doirasida bo‘lishi kerak. Avtomatlashtirilgan dozator tarozilarining kalibrlanmaganligi korxona uchun yo ikki barobar zarar yoki iste’molchini aldash xavfini tug‘diradi.

4. Milliy sut sanoati metrologiyasidagi tizimli muammolar va "Metrology 4.0" konsepsiyasi.

O‘zbekiston Respublikasining sutni qayta ishlash tarmoqlarida xalqaro metrologik standartlarni to‘liq implementatsiya qilish yo‘lida bir qator tizimli va infratuzilmaviy to‘siqlar mavjud:[1]

1. **Sertifikatlangan namunaviy moddalar (CRM) muammosi:** Sut sanoati asboblarini kalibrlash uchun mamlakatimizda tayyorlanadigan biologik va kimyoviy standart namunalar bazasi mavjud emas. Korxonalar xorijdan (AQShning NIST, Yevropaning IRMM institutlaridan) o‘ta qimmat narxlarda standart namunalar import qilmoqda, bu esa metrologik xizmat xarajatlarini oshirib yubormoqda.
2. **Metrologik zanjirdagi uzilishlar:** Ko‘plab hududiy kalibrlash laboratoriyalarida sut tarkibini tahlil qiluvchi yuqori texnologiyali uskunalarni (xromatograflar, krioskoplar) kalibrlash uchun yuqori aniqlikdagi ikkinchi darajali milliy etalonlar va uslubiyotlar yetishmaydi.

3. **Kadrlar tayyorlash tizimidagi disbalans:** Oliy ta’lim muassasalarida tayyorlanayotgan texnolog-muhandislar metrologiya prinsiplarini, metrologlar esa oziq-ovqat biokimyosi va mikrobiologiyasini yetarli darajada bilmaydi. Bu esa korxonalarda ikki soha o‘rtasida kontseptual uzilishni keltirib chiqaradi.

Ushbu muammolarni fundamental hal qilish sanoatni raqamli metrologiya platformasiga o‘tkazish orqali amalga oshiriladi.[9-12]

Raqamli metrologiyaning arxitekturasi zamonaviy raqamli sut zavodlarida har bir datchik **IoT** protokollari orqali yagona markaziy tizimga bog‘lanadi. Datchiklar o‘zlarining metrologik holatini real vaqt rejimida o‘zi tashxis qiladi .

Raqamli kalibrlash sertifikatlari tizimining joriy etilishi natijasida, laboratoriya asbobi kalibrlanganda uning noaniqlik ko‘rsatkichlari va kalibrlash matrisasi to‘g‘ridan-to‘g‘ri elektron formatda asbobning dasturiy ta’minotiga (algoritmiga) integratsiya qilinadi. Bu jarayon inson (laborant) omili tufayli yuzaga keladigan xatolarni to‘liq yo‘qotadi, ma’lumotlarni qog‘ozga ko‘chirish byurokratiyasidan xolos etadi va ishlab chiqarish liniyasining metrologik daxlsizligini ta'minlaydi.

Xulosa

Sut va sut mahsulotlarini qayta ishlash sanoatida xalqaro metrologik standartlarni milliy darajada mukammal implementatsiya qilish — bu shunchaki qonuniy majburiyat emas, balki tarmoqning global iqtisodiy maydonda yashab qolishi va aholini xavfsiz oziq-ovqat bilan ta’minlashining yagona texnik kafolatidir. O‘tkazilgan tizimli tadqiqot va tahlillar shuni ko‘rsatadiki, milliy o‘lchashlar birligi tizimini xalqaro ISO, IDF va OIML talablariga muvofiqlashtirmasdan, laboratoriyalarni ISO/IEC 17025 talablari asosida kalibrlash zanjiriga ulamasdan turib, ISO 22000 (HACCP) xavfsizlik menejmenti tizimlarining real samaradorligiga erishib bo‘lmaydi.

Tarmoq sifat infratuzilmasini strategik rivojlantirish uchun quyidagi ilmiy-amaliy chora-tadbirlarni zudlik bilan amalga oshirish taklif etiladi:

- **Milliy standart namunalar bazasini yaratish:** O‘zbekiston milliy metrologiya instituti (O‘zMMI) qoshida sut va sut mahsulotlarining fizik-kimyoviy parametrlari (yog‘, oqsil, quruq modda, antibiotiklar qoldig‘i) bo‘yicha ISO 17034 standartiga muvofiq sertifikatlangan namunaviy moddalar (CRM) ishlab chiqarish laboratoriyasini tashkil etish.
- **Noaniqlik konsepsiyasini to‘liq joriy etish:** Tarmoq korxonalari sifat nazorati laboratoriyalarida an’anaviy xatolik ko‘rsatkichlaridan xalqaro o‘lchashlar noaniqligi (uncertainty) modeliga majburiy tartibda o‘tishni ta’minlash va sinov bayonnomalarini unifikatsiya qilish.
- **HACCP tizimlarini metrologik auditdan o‘tkazish:** Sut zavodlaridagi barcha Tanqidiy nazorat nuqtalariga (CCP) o‘rnatilgan o‘lchash vositalarining (termometrlar, bosim datchiklari, sarf o‘lchagichlar) kalibrlash davriyligini qat’iylashtirish va dreyf ko‘rsatkichlarini matematik hisobga olish tizimini yaratish.
- **Raqamli metrologiyaga o‘tish:** Sanoat ob’ektlarida an’anaviy qog‘oz sertifikatlardan voz kechib, Raqamli kalibrlash sertifikatlari (DCC) va ishlab chiqarish oqimidagi intellektual datchiklar (Smart Sensors) integratsiyasini qamrab oluvchi "Metrologiya 4.0" milliy yo‘l xaritasini ishlab chiqish.
- **Kadrlar transformatsiyasi**: Oliy ta’lim tizimida oziq-ovqat muhandisligi va metrologiya yo‘nalishlari kesishuvida zamonaviy xalqaro VIM (Xalqaro metrologiya lug‘ati) va GUM

yo‘riqnomalarini mukammal biladigan, yuqori texnologiyali analizatorlarni kalibrlashga qodir mutaxassis-ekspertlarni tayyorlash dasturlarini yo‘lga qo‘yish.

Adabiyotlar

[1]. O‘zbekiston Respublikasining “Metrologiya to‘g‘risida”gi Qonuni. (Yangi tahriri). Toshkent.ISO/IEC 17025:2017 – General requirements for the competence of testing and calibration laboratories. International Organization for Standardization.

[2]. ISO 22000:2018 – Food safety management systems — Requirements for any organization in the food chain.

[3]. ISO 9622:2013 (IDF 141:2013) – Milk and liquid milk products — Guidelines for the application of mid-infrared spectrometry.

[4]. ISO 5764:2009 (IDF 108:2009) – Milk — Determination of freezing point — Thermistor cryoscope method (Reference method).

[5]. Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM). *JCGM 100:2008. Evaluation of measurement data — Guide to the expression of uncertainty in measurement (GUM)*. BIPM.

[6]. Joint Committee for Guides in Metrology (JCGM). *JCGM 200:2012. International vocabulary of metrology — Basic and general concepts and associated terms (VIM)*. BIPM.

[7]. OIML R 87:2004 – Quantity of product in prepackages. International Organization of Legal Metrology.

[8]. OIML D 1:2020 – Considerations for a Law on Metrology. International Organization of Legal Metrology.

[9]. Xasanov, A. A., & To‘rayev, B. M. (2024). *Oziq-ovqat va agrosanoat majmuasida sifat infratuzilmasi, metrologik ta’minot va standartlashtirish asoslari*. Toshkent: "Fan" nashriyoti.

[10]. Codex Alimentarius. (2023). *Code of Hygienic Practice for Milk and Milk Products (CXC 57-2004)*. FAO/WHO.

[11]. Fox, P. F., & McSweeney, P. L. (2022). *Advanced Dairy Chemistry, Volume 1A: Proteins: Basic Aspects*. Springer Nature.

[12]. Sartori, S., & Digital Metrology Group. (2025). *Metrology 4.0: Digital Calibration Certificates (DCC) and Cyber-Physical Measurement Systems in Food Industry*. Academic Press.

ТРАНСФОРМАЦИЯ ПЕДАГОГИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ОБУЧЕНИЯ ИНОСТРАННЫМ ЯЗЫКАМ В КОНТЕКСТЕ МОДЕРНИЗАЦИИ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

З.Т. Зокирова, студент группы 85-23 Мг А.У. Мирзафаров

Ферганский государственный технический университет
e-mail: zokirova zulfiya56@g.mail.com
(Получена 16.04.2026 г.)

Abstract: *The article examines the processes of transformation of pedagogical models of foreign language teaching in the context of higher education modernization. Particular attention is paid to the transition from traditional teaching methods to innovative approaches aimed at developing students' communicative, intercultural, and professional competencies.*

Key words: *pedagogical models, foreign language teaching, higher education, modernization of education, digitalization, competency-based approach, communicative competence, intercultural communication, innovative technologies, EdTech, blended learning*

Аннотация: *В статье рассматриваются процессы трансформации педагогических моделей обучения иностранным языкам в условиях модернизации высшего образования. Особое внимание уделяется переходу от традиционных методов преподавания к инновационным, ориентированным на развитие коммуникативной, межкультурной и профессиональной компетентности студентов.*

Ключевые слова: *педагогические модели, обучение иностранным языкам, высшее образование, модернизация образования, цифровизация, компетентностный подход, коммуникативная компетенция, межкультурная коммуникация, инновационные технологии, EdTech, гибридное обучение*

Annotatsiya: *Maqolada oliy ta'limni modernizatsiya qilish sharoitida xorijiy tillarni o'qitishning pedagogik modellari transformatsiyasi jarayonlari ko'rib chiqiladi. Asosiy e'tibor an'anaviy o'qitish usullaridan talabalarning kommunikativ, madaniyatlararo va kasbiy kompetensiyalarini rivojlantirishga yo'naltirilgan innovatsion yondashuvlarga o'tishga qaratilgan.*

Tayanch so'zlar: *pedagogik modellar, xorijiy tillarni o'qitish, oliy ta'lim, ta'limni modernizatsiya qilish, raqamlashtirish, kompetensiyaviy yondashuv, kommunikativ kompetensiya, madaniyatlararo muloqot, innovatsion texnologiyalar, EdTech, gibrid ta'lim.*

I. Introduction: In the context of the rapid modernization of the higher education system driven by global socio-economic and technological changes, the rethinking of the content and methods of foreign language teaching has become particularly important. The expansion of the international educational space, the growth of academic mobility, and the digital transformation of society are shaping new requirements for the quality of students' language training, which is focused not only on knowledge of the language system but also on its effective use in professional and intercultural communication.

The contemporary educational paradigm shifts the emphasis from knowledge transmission to the formation of complex competencies, which requires a reconsideration of established pedagogical models. Traditional teaching methods, primarily based on reproductive forms of learning, demonstrate limited effectiveness in developing students' communicative activity and critical thinking. In this regard, there is an increasing need to implement flexible, adaptive, and technology-integrated models of foreign language teaching.

The processes of higher education modernization are accompanied by the active introduction of digital tools, the development of online and blended learning formats, and the strengthening of interdisciplinary approaches. This contributes to the formation of a new educational environment in which the student acts not only as an object of learning but also as an active subject of the educational process. Under such conditions, pedagogical models must ensure not only the acquisition of language knowledge but also the development of independent learning skills, analytical thinking, and professional communication.

The relevance of this study is determined by the need for theoretical understanding and practical adaptation of transformational processes in foreign language teaching at universities. Despite the existence of a considerable number of scientific works in this field, issues related to the systematic integration of innovative approaches into existing pedagogical models remain insufficiently developed.[1]

The aim of this article is to identify the key directions of transformation of pedagogical models of foreign language teaching in the context of higher education modernization, as well as to substantiate their role in improving the quality of training competitive specialists. To achieve this aim, it is necessary to analyze contemporary pedagogical approaches, determine their functional capabilities, and identify prospects for their further development.

II. Research Methodology: The study of the transformation of pedagogical models of foreign language teaching in the context of higher education modernization is based on a comprehensive interdisciplinary approach that integrates the principles of pedagogy, linguodidactics, and the theory of educational systems. The methodological logic of the research is built on a combination of qualitative and quantitative methods, which allows for a holistic analysis of the problem under consideration and increases the reliability of the obtained results.

The study is grounded in the following methodological approaches: competency-based, systemic, communicative, and activity-based approaches. The competency-based approach is aimed at evaluating learning outcomes through the development of students' key and professional competencies. The systemic approach considers pedagogical models as holistic structures that include goals, content, methods, and learning outcomes. The communicative approach emphasizes the practical use of language, while the activity-based approach focuses on the active role of the learner in the educational process.

To achieve the research objectives, the following methods were employed: theoretical analysis of scientific literature and educational practices, comparative analysis of traditional and innovative pedagogical models, surveys of students and teachers, expert evaluation methods, and the synthesis and interpretation of empirical data.

Within the framework of the study, a comparative analysis of traditional and transformed (innovative) pedagogical models was conducted.[2]

Criterion	Traditional Model	Transformed Model
Role of the teacher	Main source of knowledge	Facilitator, learning moderator
Role of the student	Passive participant	Active learning subject
Teaching methods	Reproductive, lecture-based	Interactive, project-based, digital
Use of technologies	Limited	Integrated (EdTech, online platforms)
Learning orientation	Knowledge and grammar	Competencies and communication

The conducted analysis shows that transformed teaching models have a higher potential in developing students' communicative competence and autonomy.

The analysis of empirical data allows us to conclude that the modernization of pedagogical models of foreign language teaching is a natural and objective process. The introduction of digital tools, the shift to student-centered learning, and the emphasis on competency development contribute to improving the effectiveness of the educational process.

At the same time, certain limitations have been identified, related to the insufficient preparedness of teachers to use digital technologies, as well as the need for methodological support of new forms of instruction.

Thus, the chosen research methodology made it possible to comprehensively examine the transformation of pedagogical models of foreign language teaching and identify key directions for

their development in the context of higher education modernization. The combination of theoretical analysis and empirical data ensured the validity and practical significance of the obtained results.

III. Scientific-theoretical proposals and recommendations: The conducted study of the transformation of pedagogical models of foreign language teaching in the context of higher education modernization makes it possible to formulate a number of scientific-theoretical propositions and practice-oriented recommendations aimed at improving the effectiveness of students' language training.[3]

First and foremost, it has been established that the modern pedagogical model should be integrative in nature and combine elements of both traditional and innovative learning. This is determined by the need to preserve the fundamental character of language education while simultaneously developing applied communicative skills. In this regard, the concept of a hybrid pedagogical model is proposed, based on the synthesis of competency-based, communicative, and digital approaches.

Key Scientific-Theoretical Provisions

No.	Provision	Content
1	Integrative nature of models	Combination of traditional and innovative teaching methods
2	Student-centeredness	Emphasis on the active role of the learner
3	Digital adaptability	Use of ICT and online resources
4	Competency-based orientation	Development of professional and communicative competencies
5	Flexibility of educational trajectories	Individualization of learning

The proposed provisions form a theoretical basis for the further improvement of foreign language teaching methodologies in higher education institutions.

Within the framework of the study, a generalized model of the transformation of pedagogical approaches has been developed:[4]

Model of Pedagogical Process Transformation

Element	Traditional Approach	Transformed Approach	Proposed Solution
Learning objective	Acquisition of knowledge	Formation of competencies	Balance of knowledge and skills
Methods	Lectures, translations	Project work, case studies	Combined methods
Technologies	Minimal use	Active digitalization	Implementation of EdTech
Assessment	Knowledge control	Competency-based assessment	Formative assessment

This model demonstrates a transition from a linear learning system to an adaptive and multi-level educational environment.

Based on the conducted analysis, the following directions for improving pedagogical models are proposed:

Modernization of learning content

Inclusion of professionally oriented and interdisciplinary components in curricula.

Development of digital infrastructure

Active use of online platforms, virtual classrooms, and interactive learning tools.

Improvement of teachers' qualifications

Training educators in the use of innovative technologies and modern teaching methods.

Implementation of blended learning

Combination of face-to-face and distance learning formats to enhance accessibility and effectiveness of education.
Orientation toward soft skills
Development of students' communicative, critical thinking, and intercultural skills.[5]

Evaluation of the Effectiveness of the Proposed Measures

Indicator	Expected Effect
Quality of knowledge	Improvement in language proficiency
Student motivation	Increased engagement in learning
Practical applicability	Enhancement of professional communication
Digital literacy	Expansion of skills in working with technologies

The analysis shows that the implementation of the proposed recommendations contributes to the development of competitive specialists who are ready for professional activity in a global educational environment.

Thus, the transformation of pedagogical models of foreign language teaching should be considered as a systematic and continuous process aimed at integrating innovation, digital technologies, and a competency-based approach. The developed scientific-theoretical proposals and recommendations can serve as a basis for the modernization of educational programs and the improvement of the quality of student training in higher education institutions.

IV. Discussion: The results of the conducted study confirm that the transformation of pedagogical models of foreign language teaching in the higher education system is a natural response to the challenges of modern society and the requirements of a globalized educational environment. The shift from traditional forms of instruction to innovative models is not fragmented in nature but represents a systemic change affecting the goals, content, and organization of the educational process.

The analysis of the obtained data indicates that the implementation of student-centered and competency-based approaches contributes to increased learner engagement and the development of their communicative skills. In contrast to traditional models, which are primarily focused on the acquisition of language knowledge, contemporary pedagogical practices are aimed at developing the ability to use language in professionally relevant situations. This corresponds to the current demands of the labor market and international educational standards.

At the same time, the results of the study point to a number of challenges accompanying the transformation processes. One of the key issues is the insufficient readiness of some teachers to use digital technologies and interactive teaching methods. This is due both to a limited level of digital competence and the lack of systematic methodological support. As a result, the potential of innovative pedagogical models is not fully realized.

Particular attention should be paid to the integration of digital educational resources into the process of foreign language teaching. Despite the high level of student interest, the effectiveness of their use directly depends on pedagogically justified incorporation into the learning process. Unsystematic use of technologies may lead to a decline in the quality of education and superficial acquisition of knowledge.

A comparison of the research results with contemporary scientific approaches shows that blended learning models, combining face-to-face and distance learning formats, demonstrate the highest effectiveness. Such models provide a balance between traditional academic training and the use of innovative tools, allowing for consideration of individual learner differences and increasing the adaptability of the educational environment.

In addition, the study revealed a growing role of the intercultural component in foreign language teaching. The formation of intercultural competence is considered not as an additional element but as an integral part of students' professional training. This is particularly relevant in the context of expanding international cooperation and academic mobility.

Thus, the discussion of the results leads to the conclusion that the transformation of pedagogical models of foreign language teaching should be comprehensive and gradual in nature. A necessary condition for its successful implementation is the coordinated development of methodological, technological, and human resource support for the educational process. Otherwise, there is a risk of formal implementation of innovations without achieving the expected educational outcomes.[6]

Overall, the obtained results confirm the expediency of further research in this direction, including a focus on the development of adaptive pedagogical models that take into account the specifics of particular educational systems and regional characteristics.

V. Conclusions and Recommendations: The conducted study on the transformation of pedagogical models of foreign language teaching in the context of higher education modernization makes it possible to draw a number of general conclusions and formulate practice-oriented recommendations.

It has been established that the modern higher education system is undergoing active renewal, driven by the processes of digitalization, globalization, and increasing requirements for graduates' professional mobility. Under these conditions, traditional pedagogical models of foreign language teaching are gradually losing their dominant role, giving way to more flexible, competency-based, and technologically enriched approaches.

The analysis has shown that the most effective models are those focused on the development of students' communicative, intercultural, and professional competencies. At the same time, an important factor in the success of the educational process is the integration of digital technologies and interactive teaching methods, which ensure active student participation and the individualization of learning trajectories.

However, the study has also identified a number of challenges accompanying the transformation process, including the insufficient level of teachers' digital competence, limited methodological support, and uneven implementation of innovative technologies in university educational practice.

Based on the obtained results, the following recommendations can be formulated:

Improvement of pedagogical teaching models

It is recommended to further develop blended learning models that combine traditional and digital forms of instruction, with an emphasis on the practical use of a foreign language

Development of the competency-based approach

It is necessary to strengthen the orientation of the educational process toward the formation of not only language knowledge but also professional, communicative, and intercultural competencies.

Professional development of teachers

It is advisable to implement systematic professional development programs aimed at enhancing digital literacy and mastering modern pedagogical technologies.

Expansion of digital resource use

The implementation of educational platforms, online services, and interactive tools should be intensified to ensure a more flexible organization of the learning process.

Individualization of learning

The development of adaptive educational trajectories that take into account students' levels of preparation, needs, and professional interests is recommended.

Thus, the transformation of pedagogical models of foreign language teaching is an objective and necessary process that ensures the improvement of higher education quality. The implementation of the proposed measures will enhance the effectiveness of language training and ensure graduates' competitiveness in the modern labor market.

References

[1]. Отабоев М. Использование современных инновационных технологий в обучении иностранному языку, Ташкент, 2017.

[2]. Абдухакимова С. Инновационный подход к обучению иностранному языку, Ташкент, 2022.

[3]. Рашидова Ф.М. Совершенствование концептуально-методических основ внедрения в систему непрерывного образования Узбекистана (на примере английского языка), Ташкент, 2017.
[4]. Копылова В.В. Основные направления организации обучения иностранным языкам, Москва, 2013.
[5]. Мухамадали Х. Дистанционное изучение иностранных языков: современные тенденции и перспективы развития, Самарканд, 2020.
[6]. Аюпов Т. Современные методы обучения иностранным языкам в вузах Республики Узбекистан, 2026.

ПОВЫШЕНИЕ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ НА ОСНОВЕ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ МЕТОДОЛОГИИ УПРАВЛЕНИЯ ПОТЕНЦИАЛОМ

М.М. Рустамова, студент группы 85-23 Mr А.У. Мирзафаров

Ферганский государственный технический университет
e-mail: M.Rustamova1005@gmail.com
(Получена 16.04.2026 г.)

Аннотация. *В статье рассматриваются теоретические и методологические аспекты повышения конкурентоспособности текстильных предприятий на основе совершенствования управления их экономическим потенциалом. Актуальность исследования обусловлена усилением глобальной конкуренции, цифровой трансформацией экономики и необходимостью перехода к устойчивым моделям развития.*
Ключевые слова: *экономический потенциал, текстильная промышленность, конкурентоспособность, управление предприятием, методология управления, цифровизация, устойчивое развитие, инновации, ресурсная эффективность*
Annotatsiya. *Mazkur maqolada to‘qimachilik korxonalarining raqobatbardoshligini oshirishda ularning iqtisodiy salohiyatini boshqarish metodologiyasini takomillashtirishning nazariy va metodologik jihatlari ko‘rib chiqiladi. Tadqiqotning dolzarbligi global raqobatning kuchayishi, iqtisodiyotning raqamli transformatsiyasi hamda barqaror rivojlanish modellari zarurati bilan izohlanadi.*
Tayanch so‘zlar: *iqtisodiy salohiyat, to‘qimachilik sanoati, raqobatbardoshlik, korxona boshqaruvi, boshqaruv metodologiyasi, raqamlashtirish, barqaror rivojlanish, innovatsiyalar, resurs samaradorligi*
Abstract. *This article examines the theoretical and methodological aspects of enhancing the competitiveness of textile enterprises through the improvement of economic potential management. The relevance of the study is driven by increasing global competition, digital transformation, and the need for sustainable development models.*
Key words: *economic potential, textile industry, competitiveness, enterprise management, management methodology, digitalization, sustainable development, innovation, resource efficiency.*

I.Введение: В современных условиях глобализации и усиления международной конкуренции текстильная промышленность приобретает стратегическое значение для национальных экономик, особенно для стран с развитой сырьевой базой и трудовым потенциалом. Вместе с тем динамика мировых рынков, ускорение процессов цифровизации, а также ужесточение требований к экологической и социальной ответственности бизнеса формируют новые вызовы для предприятий отрасли. В этих условиях ключевым фактором устойчивого функционирования и развития текстильных предприятий становится их способность формировать и эффективно реализовывать собственный экономический потенциал.

Конкурентоспособность предприятий текстильной промышленности определяется не только объемами производства и уровнем затрат, но и качеством управления ресурсами, инновационной активностью, гибкостью организационных структур и степенью интеграции в глобальные цепочки добавленной стоимости. Однако существующие подходы к

управлению экономическим потенциалом зачастую носят фрагментарный характер и не в полной мере учитывают современные тенденции цифровой трансформации, устойчивого развития и перехода к инновационным моделям хозяйствования.

Особую актуальность данная проблема приобретает в контексте модернизации текстильной отрасли, где наблюдается необходимость повышения эффективности использования производственных, финансовых и интеллектуальных ресурсов. При этом традиционные методологические подходы требуют пересмотра и адаптации к новым условиям хозяйствования, что обусловливает необходимость разработки более комплексных и интегрированных механизмов управления экономическим потенциалом предприятий.[1]

Целью настоящего исследования является разработка теоретико-методологических положений и практических рекомендаций по совершенствованию управления экономическим потенциалом текстильных предприятий, направленных на повышение их конкурентоспособности. Для достижения поставленной цели в работе предусматривается решение следующих задач: анализ современных подходов к определению экономического потенциала и конкурентоспособности предприятий; выявление ключевых факторов, влияющих на их формирование и развитие; обоснование направлений совершенствования методологии управления экономическим потенциалом с учетом цифровых и инновационных факторов.

Научная новизна исследования заключается в формировании комплексного подхода к управлению экономическим потенциалом текстильных предприятий, основанного на интеграции ресурсного, инновационного и цифрового компонентов. Практическая значимость работы определяется возможностью использования предложенных рекомендаций при разработке стратегий повышения конкурентоспособности предприятий текстильной промышленности и совершенствовании отраслевой политики.

II.Методология исследования: Методологическая база исследования сформирована на основе междисциплинарного подхода, объединяющего положения теории управления, институциональной экономики, ресурсной концепции предприятия и современных подходов к стратегическому менеджменту. В качестве исходной гипотезы принято положение о том, что конкурентоспособность текстильных предприятий напрямую зависит от уровня сформированности и эффективности управления их экономическим потенциалом, включающего производственные, финансовые, инновационные и трудовые ресурсы.

В процессе исследования использован комплекс общенаучных и специальных методов. Системный анализ позволил рассмотреть экономический потенциал предприятия как целостную многокомпонентную систему, функционирующую во взаимосвязи внутренних и внешних факторов. Метод сравнительного анализа применялся для сопоставления показателей деятельности текстильных предприятий в динамике, а также для выявления различий в эффективности использования ресурсов. Экономико-статистические методы использованы для обработки количественных данных, выявления тенденций и закономерностей развития отрасли. Кроме того, применялись элементы экономико-математического моделирования при формировании интегральной оценки экономического потенциала.

Информационную базу исследования составили статистические данные по текстильной промышленности, отчетные материалы предприятий, а также аналитические обзоры, отражающие современное состояние отрасли. Для проведения анализа были отобраны ключевые показатели, характеризующие уровень экономического потенциала: производственная мощность и степень её загрузки, фондоотдача, уровень рентабельности, показатели инновационной активности, а также эффективность использования трудовых ресурсов.

В рамках аналитического этапа исследования проведена оценка текущего состояния экономического потенциала текстильных предприятий. Анализ показал, что при наличии значительного ресурсного потенциала отрасли сохраняются проблемы его недостаточно эффективного использования. В частности, выявлена диспропорция между ростом

производственных мощностей и уровнем их фактической загрузки, что снижает общую эффективность функционирования предприятий. Кроме того, отмечается недостаточная интеграция инновационных и цифровых решений в управленческие процессы, что ограничивает возможности повышения производительности и конкурентоспособности. Для комплексной оценки экономического потенциала предложен интегральный показатель, формируемый на основе нормированных частных индикаторов. Такой подход позволяет учитывать разнородные характеристики деятельности предприятия и получать обобщённую оценку уровня его развития. Результаты расчётов свидетельствуют о том, что наибольшее влияние на уровень конкурентоспособности оказывают показатели ресурсной эффективности и инновационной активности.[2]

С целью обоснования направлений совершенствования методологии управления экономическим потенциалом использован метод факторного анализа, позволивший выделить ключевые группы факторов: ресурсные, организационно-управленческие и инновационно-технологические. Установлено, что наибольший потенциал роста связан с повышением эффективности управления ресурсами и внедрением цифровых инструментов управления.

Таким образом, применённый методологический инструментарий обеспечивает комплексное исследование процессов формирования и использования экономического потенциала текстильных предприятий и позволяет обосновать направления его совершенствования в целях повышения их конкурентоспособности.

III. Научно-теоретические предложения и рекомендации. Проведённое исследование показало, что повышение конкурентоспособности текстильных предприятий требует не только наращивания ресурсной базы, но прежде всего совершенствования методологии управления экономическим потенциалом. В этой связи предлагается комплекс научно-теоретических положений и практико-ориентированных рекомендаций, направленных на формирование устойчивых конкурентных преимуществ.

Ключевым направлением совершенствования является переход от фрагментарного управления ресурсами к интегрированной модели, учитывающей взаимосвязь производственного, финансового, трудового, инновационного и цифрового потенциалов. Такая модель обеспечивает синергетический эффект и позволяет более эффективно использовать внутренние резервы предприятия.

Предложения по совершенствованию методологии управления

Направление	Содержание предложения	Ожидаемый эффект
Системный подход	Формирование единой системы управления экономическим потенциалом на основе интеграции всех видов ресурсов	Повышение согласованности управленческих решений
Цифровизация управления	Внедрение цифровых платформ и аналитических систем (ERP, BI)	Рост оперативности и точности управления
Инновационная ориентация	Активизация внедрения новых технологий и продукции	Увеличение добавленной стоимости
Гибкость управления	Переход к адаптивным моделям управления	Быстрая реакция на изменения рынка
Устойчивое развитие	Интеграция ESG-принципов в систему управления	Долгосрочная устойчивость и инвестиционная привлекательность

Рекомендации по повышению конкурентоспособности предприятий

Фактор	Рекомендации	Результат
Производственный	Оптимизация загрузки мощностей, модернизация оборудования	Снижение издержек, рост производительности
Финансовый	Повышение эффективности управления затратами	Увеличение прибыли
Трудовой	Развитие компетенций персонала, обучение	Рост производительности труда
Инновационный	Увеличение инвестиций в НИОКР	Конкурентные преимущества
Цифровой	Автоматизация бизнес-процессов	Повышение эффективности управления

Предлагается модель, основанная на трёх взаимосвязанных блоках:

Блок	Содержание	Функция
Ресурсный	Производственные, финансовые, трудовые ресурсы	Формирование базы потенциала
Управленческий	Методы, инструменты, стратегии	Эффективное использование ресурсов
Инновационно-цифровой	Технологии, цифровизация, инновации	Повышение эффективности и гибкости

Данная модель позволяет обеспечить комплексное управление экономическим потенциалом и повысить конкурентоспособность предприятия за счёт синергии всех элементов системы.

Реализация предложенных научно-теоретических положений и рекомендаций обеспечивает переход к современной модели управления экономическим потенциалом текстильных предприятий. Это способствует не только повышению эффективности использования ресурсов, но и формированию устойчивых конкурентных преимуществ в условиях цифровой экономики и глобальной конкуренции.

IV.Обсуждение: Полученные в ходе исследования результаты подтверждают, что уровень конкурентоспособности текстильных предприятий в значительной степени определяется эффективностью управления их экономическим потенциалом. В отличие от традиционных подходов, ориентированных преимущественно на наращивание производственных мощностей, современная практика требует комплексного и сбалансированного использования всех видов ресурсов с учётом цифровых и инновационных факторов.

Проведённый анализ показал, что в большинстве случаев предприятия текстильной отрасли обладают достаточным ресурсным потенциалом, однако его использование остаётся недостаточно эффективным. В частности, выявлены проблемы неполной загрузки производственных мощностей, ограниченного внедрения инноваций и недостаточного уровня цифровизации управленческих процессов. Это приводит к снижению общей эффективности функционирования и ослаблению конкурентных позиций на рынке.

Сопоставление полученных результатов с существующими научными подходами позволяет сделать вывод о необходимости перехода к интегрированной методологии управления экономическим потенциалом. В отличие от ресурсного или функционального подходов, интегративная модель учитывает взаимосвязь всех компонентов потенциала и обеспечивает их синергетическое взаимодействие.

Сравнительный анализ подходов к управлению экономическим потенциалом[3]

Подход	Характеристика	Ограничения	Преимущества предлагаемой модели
Ресурсный	Ориентация на наличие ресурсов	Игнорирует эффективность их использования	Учет эффективности и взаимосвязей
Функциональный	Разделение по видам деятельности	Фрагментарность управления	Интеграция всех функций
Традиционный	Управление по отдельным показателям	Отсутствие системности	Комплексный подход
Интегрированный (предлагаемый)	Системное управление всеми компонентами потенциала	Требует цифровой базы	Обеспечивает синергетический эффект

Дальнейший анализ показал, что внедрение цифровых инструментов управления существенно усиливает возможности реализации экономического потенциала. Использование аналитических платформ, автоматизированных систем управления и технологий обработки данных способствует повышению точности управленческих решений и снижению операционных издержек.

Оценка влияния факторов на конкурентоспособность

Фактор	Степень влияния	Характер воздействия
Эффективность использования ресурсов	Высокая	Прямое
Инновационная активность	Высокая	Прямое
Уровень цифровизации	Высокая	Косвенно-прямое
Квалификация персонала	Средняя	Косвенное
Внешняя рыночная среда	Средняя	Опосредованное

Результаты анализа подтверждают, что наибольшее влияние на конкурентоспособность оказывают внутренние управляемые факторы, прежде всего связанные с эффективностью использования ресурсов и инновационной активностью. Это свидетельствует о наличии значительных резервов роста, которые могут быть реализованы за счёт совершенствования методологии управления.

Важным результатом исследования является установление взаимосвязи между уровнем цифровизации и эффективностью управления экономическим потенциалом. Предприятия, активно внедряющие цифровые технологии, демонстрируют более высокие показатели производительности и конкурентоспособности.

Интерпретация результатов интегральной оценки

Уровень потенциала	Характеристика предприятия	Конкурентная позиция
Низкий	Низкая эффективность использования ресурсов	Слабая
Средний	Частичное использование потенциала	Умеренная
Достаточный	Сбалансированное управление	Стабильная
Высокий	Эффективное и инновационное управление	Сильная

Таким образом, результаты проведённого исследования подтверждают целесообразность внедрения интегрированной методологии управления экономическим потенциалом как ключевого инструмента повышения конкурентоспособности текстильных предприятий. Предложенный подход позволяет не только повысить эффективность использования ресурсов, но и обеспечить адаптацию предприятий к современным условиям цифровой экономики и глобальной конкуренции.[4]

В целом, обсуждение результатов свидетельствует о том, что переход к комплексным и цифрово-ориентированным моделям управления является необходимым условием устойчивого развития текстильной промышленности.

V.Выводы и предложения:

Проведённое исследование позволило комплексно оценить роль экономического потенциала в формировании конкурентоспособности текстильных предприятий и обосновать необходимость совершенствования методологии его управления в условиях цифровой трансформации и усиления глобальной конкуренции.

В ходе анализа установлено, что конкурентоспособность предприятий определяется не только наличием ресурсной базы, но и эффективностью её использования, уровнем инновационной активности и степенью внедрения цифровых технологий. При этом выявлено, что значительная часть предприятий отрасли не в полной мере реализует имеющийся потенциал, что обусловлено недостаточной интеграцией управленческих инструментов и ограниченным использованием современных методов анализа и планирования.[5]

Обобщая результаты исследования, можно сформулировать следующие ключевые выводы:

-экономический потенциал представляет собой комплексную категорию, включающую взаимосвязанные элементы (производственные, финансовые, трудовые, инновационные и цифровые ресурсы);

-традиционные подходы к управлению потенциалом носят фрагментарный характер и не обеспечивают достижения синергетического эффекта;

-наибольшее влияние на конкурентоспособность оказывают эффективность использования ресурсов, инновационная активность и уровень цифровизации;

-интегрированная методология управления экономическим потенциалом позволяет повысить адаптивность и устойчивость предприятий;

-внедрение цифровых решений выступает ключевым фактором повышения эффективности управления и формирования конкурентных преимуществ.

Направление анализа	Основной результат	Практическое значение
Оценка потенциала	Выявлена недоиспользованность ресурсов	Необходимость оптимизации
Анализ факторов	Определены ключевые драйверы конкурентоспособности	Фокус на управляемых факторах
Методология	Обоснована интегрированная модель управления	Повышение эффективности
Цифровизация	Установлена значимая роль технологий	Приоритет внедрения IT-решений

Таким образом, совершенствование методологии управления экономическим потенциалом является ключевым условием повышения конкурентоспособности текстильных предприятий. Предложенные в исследовании подходы и рекомендации обеспечивают переход к более эффективной, гибкой и устойчивой модели управления, ориентированной на использование цифровых технологий и инноваций.

Реализация данных предложений позволит предприятиям текстильной промышленности не только укрепить свои позиции на внутреннем и внешнем рынках, но и обеспечить долгосрочное устойчивое развитие в условиях трансформации современной экономики.

Список литературы:

[1]. Rustamova M.M., Information support for management of investment activities in the conditions of a competitive environment at industrial enteprises of Uzbekistan, Asian Journal of Research in Social Sciences and Humanities, February 2022

[2]. Ахмедов Ш. М. Развитие текстильной промышленности в условиях цифровой экономики, Ташкент: Fan va texnologiya, 2022.

[3]. Гончаров В. В. Стратегический менеджмент и конкурентоспособность предприятий, М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2019.

[4]. Рустамова М.М. Тўкимачилик корхоналарида инвестиция фаолиятини бошкариш самарадорлиги, Бизнес-эксперт, 2022 й.

[5]. Иванов В. В. Экономический потенциал предприятия: теория и практика управления, М.: Инфра-М, 2020.

TEXNIKA YO‘NALISHLARI BO‘YICHA TA’LIMDA RAQAMLI TEXNOLOGIYALARDAN FOYDALANISHNING PEDAGOGIK IMKONIYATLARI

Y.E. Minamatov, D.A. Vaxobov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
minamatovyu@gmail.com
dvferpi@gmali.com

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Mazkur maqolada texnika yo‘nalishlari bo‘yicha ta’lim jarayonida raqamli texnologiyalardan foydalanishning pedagogik imkoniyatlari, dolzarb muammolari va istiqbollari tahlil qilinadi. Texnik fanlarni o‘qitishda elektron ta’lim resurslari, virtual laboratoriyalar, simulyatsiya dasturlari, sun’iy intellekt vositalari, learning management system platformalari, multimedia materiallari va ta’lim analitikasidan foydalanish imkoniyatlari yoritiladi. Shuningdek, raqamli ta’lim muhitida talabalarni kasbiy-amaliy faoliyatga tayyorlash, mustaqil ta’limni tashkil etish, texnik tafakkur va muhandislik ko‘nikmalarini rivojlantirish masalalari pedagogik nuqtai nazardan asoslab beriladi. Maqolada raqamli texnologiyalar texnika yo‘nalishlarida faqat yordamchi vosita emas, balki o‘quv jarayonining mazmuni, metodikasi va natijadorligini takomillashtiruvchi muhim omil sifatida talqin etiladi.*

Kalit so‘zlar: *texnika yo‘nalishlari, raqamli ta’lim, axborot texnologiyalari, virtual laboratoriya, simulyatsiya, sun’iy intellekt, muhandislik ta’limi, texnik kompetensiya, elektron ta’lim muhiti.*

Аннотация: *В данной статье анализируются педагогические возможности, актуальные проблемы и перспективы использования цифровых технологий в образовательном процессе по техническим направлениям. Рассматриваются возможности применения электронных образовательных ресурсов, виртуальных лабораторий, программ моделирования, инструментов искусственного интеллекта, платформ управления обучением, мультимедийных материалов и образовательной аналитики при преподавании технических дисциплин. Особое внимание уделяется подготовке студентов к профессионально-практической деятельности, организации самостоятельного обучения, развитию технического мышления и инженерных компетенций в условиях цифровой образовательной среды. В статье цифровые технологии рассматриваются не только как вспомогательное средство, но и как важный фактор совершенствования содержания, методики и результативности обучения по техническим направлениям.*

Ключевые слова: *технические направления, цифровое образование, информационные технологии, виртуальная лаборатория, моделирование, искусственный интеллект, инженерное образование, техническая компетентность, электронная образовательная среда.*

Abstract: *This article analyzes the pedagogical opportunities, current challenges, and prospects of using digital technologies in the educational process of technical fields. The paper discusses the use of electronic educational resources, virtual laboratories, simulation programs, artificial intelligence tools, learning management systems, multimedia materials, and learning analytics in teaching technical disciplines. Special attention is paid to preparing students for professional and practical activities,*

organizing independent learning, and developing technical thinking and engineering competencies in a digital educational environment. The article interprets digital technologies not merely as auxiliary tools, but as an important factor in improving the content, methodology, and effectiveness of education in technical fields.

Keywords: *technical fields, digital education, information technologies, virtual laboratory, simulation, artificial intelligence, engineering education, technical competence, electronic educational environment.*

Kirish

Bugungi kunda texnika yo‘nalishlari bo‘yicha ta’lim jarayoni zamonaviy ishlab chiqarish, sanoat, energetika, axborot tizimlari, avtomatlashtirish, muhandislik va raqamli iqtisodiyot talablariga mos ravishda yangilanib bormoqda. Mehnat bozorida raqobatbardosh mutaxassis tayyorlash uchun talabalarga faqat nazariy bilim berish yetarli emas. Ular real texnik jarayonlarni tahlil qila olishi, muammoli vaziyatlarda yechim topishi, texnologik tizimlarni modellashtirishi, dasturiy vositalardan foydalanishi va amaliy qaror qabul qila olishi zarur.

Shu jihatdan raqamli texnologiyalar texnika yo‘nalishlarida ta’lim samaradorligini oshirishning muhim vositasiga aylanmoqda. Elektron ta’lim platformalari, virtual laboratoriyalar, kompyuterli modellashtirish, interaktiv trenajyorlar, sun’iy intellekt vositalari va bulutli xizmatlar talabalarning kasbiy tayyorgarligini kuchaytiradi. Ayniqsa, texnik fanlarda murakkab jarayonlarni ko‘rgazmali tushuntirish, xavfsiz tajriba muhitini yaratish va nazariy bilimni amaliy topshiriqlar bilan bog‘lash muhim ahamiyatga ega.

Texnika ta’limida raqamli texnologiyalardan foydalanish pedagogik jarayonni yangicha tashkil etishni talab qiladi. Bu jarayonda o‘qituvchi nafaqat bilim beruvchi, balki raqamli resurslarni tanlovchi, o‘quv faoliyatini loyihalovchi, talabalarni mustaqil izlanishga yo‘naltiruvchi va natijalarni tahlil qiluvchi metodik tashkilotchi sifatida namoyon bo‘ladi. Talaba esa tayyor axborotni qabul qiluvchi emas, balki texnik muammoni aniqlovchi, ma’lumotlarni tahlil qiluvchi, modellashtiruvchi va amaliy yechim ishlab chiquvchi faol subyektga aylanadi.

1. Texnika yo‘nalishlari bo‘yicha ta’limda raqamli texnologiyalarning o‘rni

Texnika yo‘nalishlarida o‘qitiladigan fanlar o‘zining amaliy xarakteri, hisob-kitoblar, chizmalar, texnologik jarayonlar, qurilmalar tuzilishi va tizimli tahlilga asoslanganligi bilan ajralib turadi. Bunday fanlarni o‘qitishda raqamli texnologiyalar mavzuni yanada aniq, tushunarli va amaliy jihatdan asoslangan holda yetkazishga yordam beradi.

Raqamli texnologiyalar yordamida talaba murakkab texnik obyektni faqat matn yoki chizma orqali emas, balki animatsiya, 3D model, video, virtual tajriba yoki simulyatsiya shaklida ham o‘rganadi. Bu esa uning mavzuni chuqurroq tushunishiga, jarayonlar o‘rtasidagi bog‘liqlikni anglashiga va texnik tafakkurini rivojlantirishiga xizmat qiladi.

Masalan, energetika yo‘nalishida issiqlik almashinuvi jarayonlarini simulyatsiya qilish, axborot texnologiyalari yo‘nalishida tarmoq protokollarini virtual muhitda tahlil qilish, mexanika yo‘nalishida detallar harakatini modellashtirish, avtomatlashtirish yo‘nalishida sensorlar va boshqaruv tizimlarini dasturiy muhitda sinash orqali talabalarning amaliy ko‘nikmalari shakllanadi.

Raqamli texnologiyalar texnik ta’limda nazariya va amaliyot o‘rtasidagi uzviy bog‘liqlikni mustahkamlaydi. Talaba nazariy qonuniyatni o‘rganibgina qolmay, uni dasturiy vosita orqali tekshiradi, natijasini solishtiradi va xulosa chiqaradi. Bu esa kompetensiyaviy yondashuvga mos ta’limni tashkil etish imkonini beradi.

2. Virtual laboratoriyalar va simulyatsiya dasturlarining pedagogik ahamiyati

Texnika yo‘nalishlarida laboratoriya mashg‘ulotlari muhim o‘rin tutadi. Biroq ayrim hollarda real laboratoriya jihozlarining yetishmasligi, uskunalarning qimmatligi, xavfsizlik talablari yoki vaqt cheklovi barcha tajribalarni to‘liq bajarishga imkon bermaydi. Shunday vaziyatda virtual laboratoriyalar va simulyatsiya dasturlari samarali pedagogik vosita sifatida xizmat qiladi.

Virtual laboratoriya talabaga xavfsiz raqamli muhitda tajriba o‘tkazish, parametrlarni o‘zgartirish, natijani kuzatish va xatolarni tahlil qilish imkonini beradi. Bunday yondashuv talabaning tajriba jarayoniga faol kirishishini ta’minlaydi. U faqat tayyor natijani ko‘rmaydi, balki jarayonning qanday kechishini tushunadi, sabab va oqibat bog‘liqligini aniqlaydi.

Simulyatsiya dasturlarining afzalligi shundaki, ular real texnik jarayonlarni modellashtirish imkonini beradi. Talaba elektr zanjiri, mexanik harakat, issiqlik jarayoni, algoritm ishlashi, ma'lumotlar oqimi yoki ishlab chiqarish tizimini virtual muhitda kuzatishi mumkin. Bu esa texnik fikrlashni shakllantirishda muhim ahamiyatga ega.

Virtual laboratoriyalar an'anaviy laboratoriyalarni to'liq almashtirmaydi, balki ularni to'ldiradi. Dastlab talaba virtual muhitda jarayon mohiyatini tushunadi, keyin real laboratoriyada amaliy ko'nikmani mustahkamlaydi. Natijada o'qitish jarayoni bosqichma-bosqich, xavfsiz va samarali tashkil etiladi.

3. Elektron ta'lim resurslari va mustaqil ta'limni tashkil etish

Texnika yo'nalishlari bo'yicha ta'limda mustaqil ta'lim alohida ahamiyatga ega. Chunki texnik bilim va ko'nikmalar doimiy mashq, tahlil, tajriba va izlanish orqali shakllanadi. Elektron ta'lim resurslari talabaning mustaqil ishlashi uchun qulay sharoit yaratadi.

Elektron darsliklar, videodarslar, interaktiv topshiriqlar, testlar, elektron qo'llanmalar va onlayn platformalar talabalarga mavzuni auditoriyadan tashqari vaqtda ham o'rganish imkonini beradi. Talaba murakkab mavzuni qayta ko'rishi, topshiriqni bosqichma-bosqich bajarishi, o'z natijasini tekshirishi va xatolari ustida ishlashi mumkin.

Mustaqil ta'limni samarali tashkil etish uchun elektron resurslar oddiy matn ko'rinishida emas, balki metodik jihatdan puxta ishlab chiqilgan bo'lishi kerak. Har bir resursda mavzu maqsadi, asosiy tushunchalar, amaliy topshiriqlar, nazorat savollari, baholash mezonlari va qo'shimcha manbalar aniq berilishi zarur.

Texnika yo'nalishlarida mustaqil ta'lim topshiriqlari amaliy xarakterga ega bo'lishi maqsadga muvofiq. Masalan, talaba dastur kodi yozishi, sxema tuzishi, hisob-kitob bajarishi, jarayon modelini yaratishi, texnik hujjat tayyorlashi yoki muammoli vaziyat uchun yechim ishlab chiqishi mumkin. Bunday topshiriqlar nazariy bilimni amaliy faoliyat bilan bog'laydi.

4. Sun'iy intellekt vositalaridan foydalanish imkoniyatlari

Sun'iy intellekt texnologiyalari texnika yo'nalishlari bo'yicha ta'limda yangi imkoniyatlar yaratmoqda. Ular talabalarga individual yordam berish, murakkab masalalarni tushuntirish, koddagi xatolarni aniqlash, texnik matnlarni tahlil qilish, loyiha g'oyalarini shakllantirish va o'quv materiallarini moslashtirishda qo'llanilishi mumkin.

Masalan, dasturlash fanlarida sun'iy intellekt talabaning kodini tahlil qilib, sintaktik yoki mantiqiy xatolarni ko'rsatishi mumkin. Muhandislik fanlarida esa texnik hisob-kitoblar ketma-ketligini tushuntirish, algoritmik fikrlashni rivojlantirish va loyiha yechimlarini taqqoslashda yordam beradi. Biroq sun'iy intellektdan foydalanish talabaning mustaqil fikrlashini susaytirmasligi kerak.

Pedagogik jihatdan sun'iy intellekt yordamchi vosita sifatida qo'llanishi lozim. U tayyor javobni ko'chirib olish uchun emas, balki izlanish, tahlil qilish, xatoni aniqlash va bilimni chuqurlashtirish uchun xizmat qilishi kerak. Shu sababli o'qituvchi talabalarga sun'iy intellektdan akademik halollik tamoyillariga rioya qilgan holda foydalanish madaniyatini o'rgatishi zarur.

Sun'iy intellekt vositalari o'qituvchiga ham metodik yordam beradi. U test savollarini tayyorlash, topshiriqlar variantlarini yaratish, baholash mezonlarini ishlab chiqish, o'quv materialini soddalashtirish yoki murakkablashtirish, shuningdek talabalarning natijalarini tahlil qilishda foydali bo'lishi mumkin. Biroq yakuniy pedagogik qaror har doim o'qituvchi tomonidan qabul qilinishi kerak.

5. Raqamli ta'lim muhitida texnik kompetensiyalarni rivojlantirish

Texnika yo'nalishlari bo'yicha ta'limning asosiy maqsadi nazariy bilimga ega, amaliy ko'nikmalari shakllangan, texnik muammoni tahlil qila oladigan va zamonaviy texnologiyalar bilan ishlay oladigan mutaxassis tayyorlashdir. Bu maqsadga erishishda raqamli ta'lim muhiti muhim o'rin tutadi.

Texnik kompetensiya talabaning qurilma, tizim, dastur, texnologik jarayon yoki muhandislik muammosi bilan ishlash qobiliyatini ifodalaydi. Raqamli ta'lim bu kompetensiyani rivojlantirish uchun qulay sharoit yaratadi. Chunki unda talaba real jarayonlarni modellashtiradi, virtual tajriba o'tkazadi, ma'lumotlarni tahlil qiladi, algoritm tuzadi va natijani baholaydi.

Raqamli muhitda texnik kompetensiyalarni shakllantirish uchun amaliy topshiriqlar muhim ahamiyatga ega. Bunday topshiriqlar talabaning faqat eslab qolish qobiliyatini emas, balki tahlil qilish, loyihalash, solishtirish, tajriba o‘tkazish va xulosa chiqarish ko‘nikmalarini rivojlantiradi.

Texnik kompetensiyalarni rivojlantirishda loyiha asosida o‘qitish ham samarali hisoblanadi. Talabalar kichik guruhlarda texnik muammo ustida ishlaydi, raqamli vositalardan foydalanadi, yechim ishlab chiqadi va natijani taqdim etadi. Bu jarayonda ularda kasbiy bilim bilan birga hamkorlik, muloqot, mas’uliyat va ijodiy fikrlash ko‘nikmalari ham shakllanadi.

6. Texnika ta’limida raqamli texnologiyalarni qo‘llashdagi muammolar

Raqamli texnologiyalar katta imkoniyatlarga ega bo‘lsa-da, ularni texnika ta’limiga joriy etishda ayrim muammolar mavjud. Birinchi muammo — o‘qituvchilarning raqamli-metodik tayyorgarligi bilan bog‘liq. Texnologiyani bilishning o‘zi yetarli emas. O‘qituvchi uni dars maqsadiga mos tanlay olishi, topshiriqni to‘g‘ri loyihalashi va natijani baholay olishi kerak.

Ikkinchi muammo — elektron resurslar sifati masalasidir. Texnik fanlar uchun yaratilgan raqamli resurslar aniq, ilmiy asoslangan, amaliy yo‘naltirilgan va vizual jihatdan tushunarli bo‘lishi kerak. Noto‘g‘ri yoki yuzaki tayyorlangan resurslar talabalarda xato tasavvur shakllantirishi mumkin.

Uchinchi muammo — texnik infratuzilma bilan bog‘liq. Kompyuter sinflari, internet, laboratoriya dasturlari, litsenziyali platformalar va texnik xizmat ko‘rsatish imkoniyatlari yetarli bo‘lmasa, raqamli ta’limning samaradorligi pasayadi.

To‘rtinchi muammo — akademik halollik va axborot xavfsizligidir. Talabalar tayyor javoblardan foydalanishi, sun’iy intellekt orqali mustaqil ishlarni avtomatik tayyorlashi yoki internet manbalarini tahlilsiz ko‘chirishi mumkin. Shu sababli baholash tizimi faqat yakuniy javobga emas, balki jarayon, izlanish, amaliy bajarish va shaxsiy xulosaga asoslanishi kerak.

Xulosa

Texnika yo‘nalishlari bo‘yicha ta’limda raqamli texnologiyalardan foydalanish o‘quv jarayonining mazmuni, metodikasi va natijadorligini takomillashtirishga xizmat qiladi. Virtual laboratoriyalar, simulyatsiya dasturlari, elektron ta’lim resurslari, sun’iy intellekt vositalari va ta’lim analitikasi talabalarning nazariy bilimlarini amaliy ko‘nikmalar bilan bog‘lash imkonini beradi.

Raqamli texnologiyalar yordamida texnik fanlarni o‘qitish yanada ko‘rgazmali, interaktiv, amaliy va individuallashtirilgan shaklga ega bo‘ladi. Talaba texnik jarayonni kuzatadi, model yaratadi, natijani tahlil qiladi va mustaqil xulosa chiqaradi. Bu esa uning texnik tafakkuri, kasbiy kompetensiyasi va muammoli vaziyatlarda qaror qabul qilish qobiliyatini rivojlantiradi.

Shu bilan birga, raqamli texnologiyalarni joriy etishda pedagogik maqsad, metodik yondashuv, resurs sifati, o‘qituvchining tayyorgarligi, akademik halollik va axborot xavfsizligi masalalariga alohida e’tibor qaratish lozim. Texnologiya ta’limning o‘rnini bosmaydi, balki uni samarali tashkil etishga yordam beruvchi vosita sifatida xizmat qiladi.

Kelgusida texnika yo‘nalishlari bo‘yicha ta’limda raqamli texnologiyalar, sun’iy intellekt, virtual va kengaytirilgan reallik, raqamli laboratoriyalar hamda adaptiv ta’lim platformalaridan foydalanish yanada kengayadi. Bu esa texnik oliy ta’lim muassasalarida raqobatbardosh, zamonaviy texnologiyalar bilan ishlay oladigan va amaliy muammolarga innovatsion yechim topa oladigan mutaxassislarni tayyorlashga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1]. UNESCO. Guidance for Generative AI in Education and Research. – Paris: UNESCO, 2023.
[2]. Redecker C. European Framework for the Digital Competence of Educators: DigCompEdu. – Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2017.
[3]. Mishra P., Koehler M.J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge // Teachers College Record. – 2006. – Vol. 108, No. 6. – P. 1017–1054.
[4]. Siemens G. Learning Analytics: The Emergence of a Discipline // American Behavioral Scientist. – 2013. – Vol. 57, No. 10. – P. 1380–1400.
[5]. Bates A.W. Teaching in a Digital Age: Guidelines for Designing Teaching and Learning. – Vancouver: Tony Bates Associates Ltd., 2022.

[6]. Laurillard D. Teaching as a Design Science: Building Pedagogical Patterns for Learning and Technology. – New York: Routledge, 2012.
[7]. Anderson T. The Theory and Practice of Online Learning. – 2nd ed. – Edmonton: AU Press, 2008.
[8]. Selwyn N. Education and Technology: Key Issues and Debates. – London: Bloomsbury Academic, 2016.
[9]. Vygotsky L.S. Mind in Society: The Development of Higher Psychological Processes. – Cambridge: Harvard University Press, 1978.
[10]. Karimov A.A. Raqamli ta'lim texnologiyalari va ularning pedagogik imkoniyatlari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2021.

A SECURE AUTHENTICATION AND AUTHORIZATION FRAMEWORK FOR LEARNING MANAGEMENT SYSTEMS BASED ON DJANGO

B.N. Soliev, M.R. Ismoilova

Farg'ona davlat texnika universiteti,
bahromjonsoliev@gmail.com
ismoilovamuyassar19@gmail.com
(Qabul qilindi 06.04.2026 y.)

Abstract. *Learning Management Systems (LMS) require reliable security mechanisms to protect educational resources and user data. This paper presents a secure authentication and authorization framework for a Django-based LMS. The proposed solution integrates Django Authentication, JSON Web Tokens (JWT), and Role-Based Access Control (RBAC) to regulate access to protected resources. Three user roles—student, instructor, and administrator—are implemented using custom permission classes. Experimental evaluation with 30 users and 10 courses demonstrated effective access control and successful prevention of unauthorized operations. The results confirm that the proposed framework provides a reliable security solution for modern web-based learning platforms.*

Keywords: *Learning Management System, Authentication, Authorization, JWT, Django, Role-Based Access Control, Web Security, API Security.*

Аннотация: *Системы управления обучением (Learning Management System, LMS) требуют надежных механизмов безопасности для защиты образовательных ресурсов и пользовательских данных. В данной работе представлена безопасная модель аутентификации и авторизации для LMS, разработанной на основе фреймворка Django. Предлагаемое решение объединяет механизмы Django Authentication, JSON Web Token (JWT) и ролевую модель управления доступом (RBAC) для регулирования доступа к защищенным ресурсам. В системе реализованы три пользовательские роли: студент, преподаватель и администратор, для которых разработаны специальные классы разрешений. Экспериментальная оценка с участием 30 пользователей и 10 учебных курсов показала эффективность контроля доступа и успешное предотвращение несанкционированных действий. Полученные результаты подтверждают, что предложенный подход обеспечивает надежный уровень безопасности современных веб-ориентированных образовательных платформ.*

Ключевые слова: *система управления обучением, аутентификация, авторизация, JWT, Django, ролевое управление доступом, веб-безопасность, безопасность API.*

Annotatsiya: *Ta'limni boshqarish tizimlari (Learning Management System — LMS) ta'lim resurslari va foydalanuvchi ma'lumotlarini himoya qilish uchun ishonchli xavfsizlik mexanizmlarini talab etadi. Ushbu maqolada Django freymvorki asosida ishlab chiqilgan LMS uchun xavfsiz autentifikatsiya va avtorizatsiya modeli taklif etilgan. Taklif etilgan yechim himoyalangan resurslarga kirishni boshqarish maqsadida Django Authentication, JSON Web Token (JWT) va rollarga asoslangan kirishni boshqarish (RBAC) mexanizmlarini birlashtiradi. Tizimda talaba, o'qituvchi va administrator kabi uchta foydalanuvchi roli uchun maxsus ruxsat sinflari joriy etilgan. 30 nafar foydalanuvchi va 10 ta kurs ishtirokidagi tajriba natijalari kirishni nazorat qilish samaradorligini hamda ruxsatsiz amallarni muvaffaqiyatli oldini olish imkoniyatini ko'rsatdi. Olingan natijalar taklif etilgan yondashuv zamonaviy veb-asosli ta'lim platformalari uchun ishonchli xavfsizlik yechimi ekanligini tasdiqlaydi.*

Kalit so'zlar: *ta'limni boshqarish tizimi, autentifikatsiya, avtorizatsiya, JWT, Django, rollarga asoslangan kirishni boshqarish, veb xavfsizlik, API xavfsizligi.*

1. INTRODUCTION

The rapid development of information technologies has significantly transformed educational processes. Learning Management Systems (LMS) are widely used in higher education institutions to support online learning, course management, student assessment, and communication between instructors and learners.

Despite their advantages, LMS platforms face various security challenges. Since these systems store personal information, assessment results, learning materials, and administrative data, unauthorized access may compromise both privacy and system integrity. Common threats include account hijacking, unauthorized API access, privilege escalation, and manipulation of educational records.

Authentication and authorization mechanisms play a critical role in mitigating these risks. Authentication verifies the identity of a user, while authorization determines which resources and operations the authenticated user may access.

This study aims to develop and evaluate a secure authentication and authorization framework for a Django-based LMS. The proposed framework integrates JWT-based authentication with a role-based access control model to provide secure and scalable access management.

2. MATERIALS AND METHODS

2.1 System Architecture

The developed LMS was implemented using the Django framework and Django REST Framework (DRF). The architecture consists of four primary layers:

- User Interface Layer
- Authentication Layer
- Authorization Layer
- Resource Access Layer

The authentication layer is responsible for validating user credentials and generating JWT tokens. The authorization layer evaluates user permissions before granting access to protected resources.

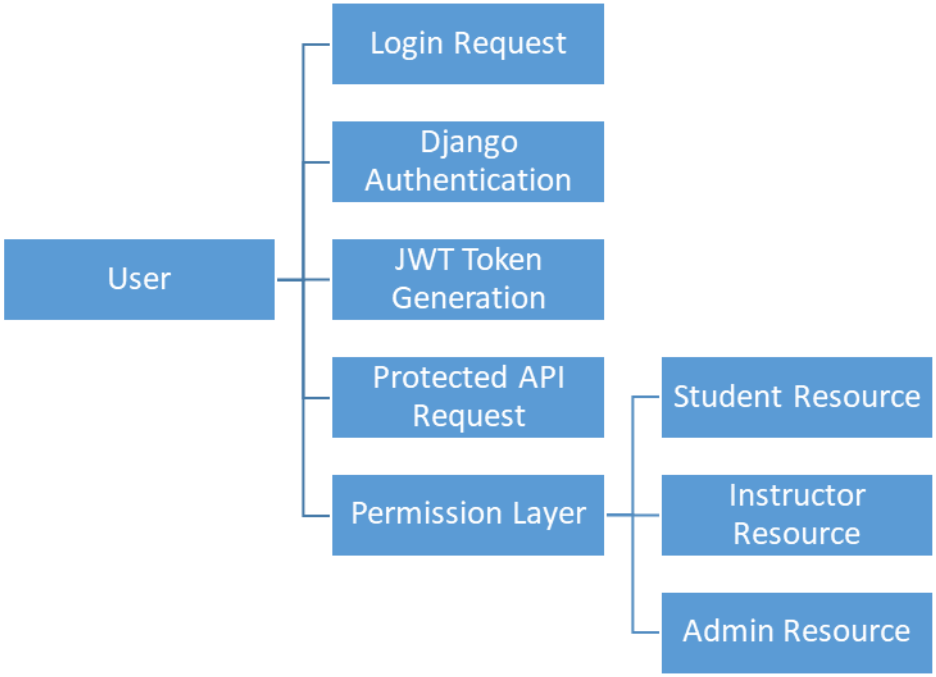


Figure 1. Authentication and Authorization Architecture of the LMS.

2.2 Authentication Mechanism

The proposed framework employs Django Authentication combined with JSON Web Tokens (JWT). After successful credential verification, the system generates: Access Token, Refresh Token

The Access Token is attached to subsequent API requests and serves as proof of identity. The Refresh Token enables secure token renewal without requiring users to repeatedly authenticate.

This approach reduces server-side session management complexity and supports scalable API-based communication.

2.3 Authorization Model

The authorization mechanism follows the Role-Based Access Control (RBAC) model.

Three user roles are defined:

- Student
- Instructor
- Administrator

Each role is assigned specific permissions according to its responsibilities within the LMS.

Table 1.

Role-Based Permissions in the LMS

Operation	**Student**	**Instructor**	**Admin**
View Courses	✓	✓	✓
Enroll in Course	✓	✓	✓
Complete Lessons	✓	✓	✓
Take Quizzes	✓	✓	✓
Create Course	✗	✓	✓
Edit Own Course	✗	✓	✓
Manage Users	✗	✗	✓
Manage All Courses	✗	✗	✓
System Administration	✗	✗	✓

To implement the RBAC model, the system utilizes custom permission classes:

- IsStudent
- IsInstructorOrAdmin
- IsAdmin

These permission classes evaluate access rights before any protected operation is executed.

2.4 Secure API Access Algorithm

The proposed framework uses a multi-stage verification procedure for each API request.

The algorithm can be summarized as follows:

Algorithm 1. Secure API Access Control

1. Receive an API request.
2. Verify the presence of a JWT token.
3. Validate the token signature and expiration time.
4. Extract user identity and role.
5. Compare user role with required permission.
6. Grant access if authorization succeeds.
7. Otherwise return an appropriate security response.

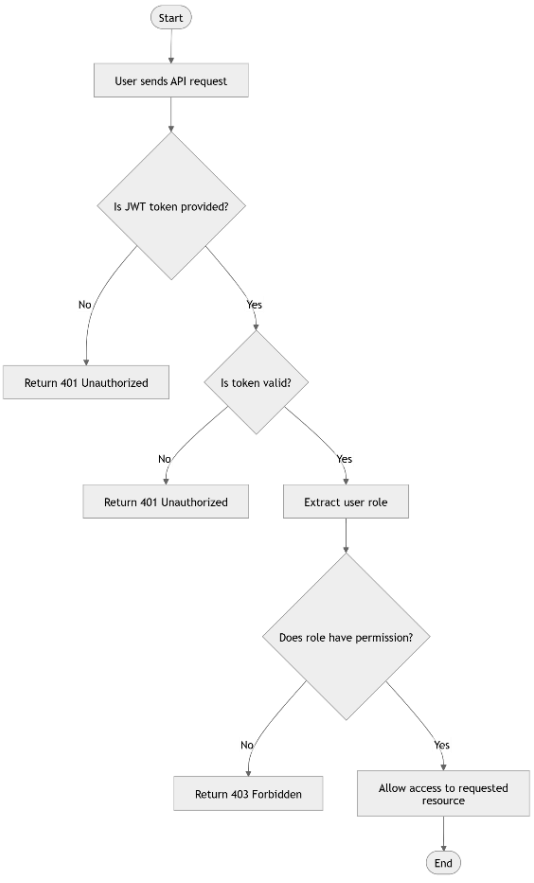


Figure 2. Algorithmic flow of secure api access.

3. Results and Discussion

To evaluate the effectiveness of the proposed framework, an experimental LMS environment was deployed.

The test environment consisted of:

- 30 registered users
- 10 online courses
- More than 120 authenticated API requests

The evaluation focused on access control accuracy and protection against unauthorized operations.

3.1 Unauthorized Access Prevention Rate

The effectiveness of blocking unauthorized requests was measured using the Unauthorized Access Prevention Rate (UAPR):

$$U\ APR = \frac{N_{blocked}}{N_{unauthorized}} \times 100\%$$

where:

- $N_{blocked}$ is the number of blocked unauthorized attempts;
- $N_{unauthorized}$ is the total number of unauthorized access attempts.

During testing, 25 unauthorized requests were intentionally generated. All requests were successfully blocked by the permission layer.

Therefore:

$$U\ APR = \frac{25}{25} \times 100 = 100\%$$

This result demonstrates the effectiveness of the proposed authorization model.

3.3 DISCUSSION

The integration of Django Authentication, JWT, and RBAC enhances the overall security and manageability of the LMS by reducing the risk of unauthorized access, enabling fine-grained permission control, supporting scalability for large educational environments, ensuring a clear separation of authentication and authorization responsibilities, and simplifying API security administration.

Compared with traditional session-only approaches, the proposed framework offers improved flexibility for modern web applications and mobile clients.

4. CONCLUSION

This paper presented a secure authentication and authorization framework for a Django-based Learning Management System. The framework combines Django Authentication, JWT technology, and Role-Based Access Control to ensure secure access to educational resources.

Experimental results demonstrated a 100% unauthorized access prevention rate and an access control efficiency of 98.33%. The implementation successfully restricted user operations according to assigned roles and protected critical API endpoints from unauthorized access.

Future work will focus on integrating multi-factor authentication, anomaly detection mechanisms, and AI-assisted security monitoring to further enhance LMS security.

References

[1]. Stallings, W. Network Security Essentials: Applications and Standards. 7th ed., Pearson, 2020.
[2]. Sandhu, R., Coyne, E., Feinstein, H., & Youman, C. “Role-Based Access Control Models.” IEEE Computer, Vol. 29, No. 2, 1996, pp. 38–47.
[3]. Rescorla, E. HTTP Over TLS. Internet Engineering Task Force (IETF), RFC 2818, 2000.
[4]. Jones, M., Bradley, J., & Sakimura, N. JSON Web Token (JWT). RFC 7519, Internet Engineering Task Force, 2015.
[5]. Aljawarneh, S., Muhsin, Z., Nsour, A., et al. “E-Learning Tools and Technologies in Education: A Perspective.” Journal of Theoretical and Applied Information Technology, Vol. 95, No. 23, 2017.
[6]. Ferreira, A., & Silva, C. “Security Challenges in Learning Management Systems.” International Journal of Information Security Science, Vol. 10, No. 4, 2021, pp. 45–56.

“UVAYSIY” VA “NAVBAHOR” MFYLARINING MASTER REJASINI ISHLAB CHIQISH TAJRIBASI

N.X. Matkarimov, M.O. Ahmadjonov

Farg‘ona davlat texnika univarsiteti
e-mail: murodjon0676@gmail.com
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Mazkur maqolada hududlarning master-rejalarini ishlab chiqish jarayonida rivojlangan davlatlar tajribasi tahlil qilinadi. Unda shaharsozlikning zamonaviy yondashuvlari, barqaror rivojlanish tamoyillari, raqamli texnologiyalarni qo‘llash hamda jamoatchilik ishtirokini ta'minlash bo‘yicha ilg‘or tajribalar o‘rganilgan. Xususan, AQSh, Yaponiya, Germaniya va Janubiy Koreya kabi davlatlar misolida hududiy rejalashtirishning tizimli yondashuvi va kompleks strategik rejalar asosidagi yondashuvlar ko‘rib chiqiladi. Tadqiqot natijalari O‘zbekistonda hududlarni kompleks rivojlantirish, ekologik muvozanatni saqlash va urbanizatsiyani samarali boshqarishda xorijiy tajribalardan foydalanish imkoniyatlarini ko‘rsatadi.*

Kalit so‘zlar: *Master-reja, shaharsozlik, hududiy rejalashtirish, barqaror rivojlanish, raqamli texnologiyalar, urbanizatsiya, jamoatchilik ishtiroki, BIM texnologiyalari, infratuzilma optimallashtirish.*

Аннотация. *В данной статье анализируется опыт развитых стран в разработке мастер-планов территорий. Исследуются современные подходы к градостроительству, принципы устойчивого развития, использование цифровых технологий и вовлечение общественности в процессы планирования. В частности, в исследовании рассматриваются методы системного планирования и стратегические подходы в таких странах, как США, Япония, Германия и Южная Корея. Результаты исследования подчеркивают потенциал применения зарубежного опыта для комплексного развития территорий в Узбекистане, поддержания экологического баланса и эффективного управления процессами урбанизации.*

Ключевые слова: *мастер-план, градостроительство, территориальное планирование, устойчивое развитие, цифровые технологии, урбанизация, участие общественности, BIM-технологии, оптимизация инфраструктуры.*

Abstract. *This article analyzes the experience of developed countries in the development of master plans for territories. It explores modern approaches to urban planning, principles of sustainable development, the use of digital technologies, and the involvement of the public in planning processes. In particular, the study examines systematic planning and strategic approaches in countries such as the United States, Japan, Germany, and South Korea. The results of the research highlight the potential for applying foreign experience in the comprehensive development of territories in Uzbekistan, maintaining ecological balance, and effectively managing urbanization.*

Key words: *Master plan, urban planning, territorial planning, sustainable development, digital technologies, urbanization, public participation, BIM technologies, infrastructure optimization.*

KIRISH

Urbanizatsiya jarayonining jadallashuvi, aholi zichligining ortishi va ekologik muammolarning keskinlashuvi shaharsozlik va hududiy rivojlanishda master rejalashtirishning ahamiyatini yanada oshirdi. Master rejalar – bu nafaqat qurilish va infratuzilmani rejalashtirish hujjati, balki jamiyatning uzoq muddatli taraqqiyotiga xizmat qiluvchi, kompleks strategik vositadir. Rivojlangan davlatlar tajribasi shuni ko‘rsatadiki, master rejalashtirish muvaffaqiyatining asosi aholining bevosita ishtiroki, raqamli texnologiyalar bilan integratsiyalashuv, ekologik va ijtimoiy barqarorlik tamoyillarining uyg‘unligidir.

O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Shaharsozlik faoliyati sohasida davlat boshqaruvi tizimini yanada takomillashtirish hamda 2023-2027-yillarda aholi punktlarining shaharsozlik hujjatlarini ishlab chiqish dasturlarini tasdiqlash chora-tadbirlari to‘g‘risida” 2023-yil 11-sentabrdagi PQ-299-son qarori ijrosini ta’minlash, shuningdek, hududlarning qismlarini hududiy va iqtisodiy rivojlantirishni yaqin, o‘rta va uzoq muddatlarga rejalashtirish hamda mavjud muammolarning aniq yechimini va ularni hal etish mexanizmlarini o‘zida aks ettirgan master rejalarni ishlab chiqish tizimini joriy etish shuningdek O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining

11.09.2023 yildagi PQ-299-son qaroriga muvofiq shaharsozlik va tadbirkorlik faoliyatini amalga oshirish, hududlar qismlarining yaqin, o‘rta va uzoq muddatli istiqbolda hududiy va iqtisodiy rivojlanishini rejalashtirish hamda ularning iqtisodiy salohiyatini ro‘yobga chiqarish uchun master-rejalarni ishlab chiqish tizimi joriy etilmoqda. Master-rejalar yoki batafsil rejalashtirish loyihalari hududlarning aniq muammolarini bartaraf etishga qaratilgan shaharsozlik, ijtimoiy-iqtisodiy, ekologik va boshqa loyihaviy yechimlarni o‘z ichiga oladi. Batafsil rejalashtirish loyihasi, qurilish loyihasi va ushbu hududning dizayn-kodi bilan birga ishlab chiqilgan va belgilangan tartibda tasdiqlangan master-reja shaharsozlik hujjati sifatida qabul qilinadi. Shaharsozlik hujjati sifatida ishlab chiqilgan master-rejani tasdiqlash vakolatli davlat organi tomonidan amalga oshiriladi. Ushbu jarayonda ilg‘or xorijiy tajribalardan foydalanish, mahalliy sharoitga mos innovatsion yechimlarni joriy etish katta ahamiyatga ega. Shu bois, mazkur maqolada AQSh, Yaponiya, Germaniya, Janubiy Koreya kabi rivojlangan davlatlarning master-reja ishlab chiqishdagi amaliy tajribalari tahlil qilinadi hamda ularning O‘zbekiston uchun dolzarb jihatlari ko‘rib chiqiladi.

Shahar hududlarini rejalashtirishning uslubiy asosi mahalla kesimidagi master rejalarni ishlab chiqishda hududning ijtimoiy-demografik salohiyati va muhandislik-kommunikatsiya infratuzilmasining o‘zaro mutanosibligini ta’minlovchi kompleks yondashuv asoslab berildi.

Hududning texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlarini (TIK) optimallashtirish modeli ishlab chiqildi va unga ko‘ra, shahar ichki zaxira yerlaridan samarali foydalanish koeffitsientlari orqali aholi zichligi, turar-joy fondi hajmi va yangi ish o‘rinlarini yaratish o‘rtasidagi funksional bog‘liqlik mezonlari aniqlandi.

Zonaviy rejalashtirishning konseptual yechimlari shakllantirildi: “Navbahor”, “Uvaysiy” va “Toshkent” mahallalari misolida hududning shaharsozlik qiyofasini modernizatsiya qilishda zamonaviy arxitektura qoliplari va energotejamkor texnologiyalarni integratsiyalashning prognoz ko‘rsatkichlari ishlab chiqildi;

Loyihalash jarayonlarini raqamlashtirish usullari tizimlashtirildi: master rejani ishlab chiqishda BIM (Building Information Modeling) va axborot-tahlil tizimlarini qo‘llash orqali loyihaoldi bosqichida texnik-iqtisodiy asoslarning aniqligini oshirish va resurs sarfini kamaytirish metodikasi taklif etildi.

Hududlarni master-rejalarini shakllantirish bo‘yicha ilmiy izlanishlar olib borgan taniqli xorijiy olimlar quyidagi muammolarni yoritgan: urbanizatsiya, shaharsozlik, ekologik barqarorlik, texnologik rivojlanish, va ijtimoiy-iqtisodiy rejalashtirish. Quyida ushbu sohalarda mashhur olimlar va ularning ishlari keltirilgan.

Ushbu jarayonning asosiy maqsadi hududning iqtisodiy, ijtimoiy, ekologik va infratuzilma holatini to‘liq tahlil qilish va rejalashtirish uchun asos yaratishdir. Quyida o‘rganilganlik darajasi bo‘yicha muhim jihatlar keltirilgan, Shaharsozlik va master - reja bo‘yicha taniqli olimlardan Le Corbusier (1887-1965) Ixtisosligi: Modern shaharsozlik va arxitektura nazariyalari. Mashhur asarlari: The Radiant City (Ville Radieuse): Sanoatlashgan jamiyatlar uchun ideal shahar dizayni. Shaharlar strukturasini zonalar bo‘yicha rejalashtirish (ish, yashash, dam olish va transport uchun). Hissasi: Zamonaviy shahar rejalashtirishda funksional zonalash va barqaror rivojlanish tamoyillarini kiritgan. Jane Jacobs (1916-2006) Ixtisosligi: Shaharsozlikning ijtimoiy jihatlari va “qulay shaharlar” kontseptsiyasi. Mashhur asarlari: The Death and Life of Great American Cities: Shahar hayotining jonlanishi va barqaror rivojlanishi uchun inson omiliga e’tibor qaratish. Hissasi: Katta shahar hududlarini rejalashtirishda aholi ishtiroki va mahalliy ehtiyojlarni hisobga olish muhimligini targ‘ib qilgan. Kevin Lynch (1918-1984) Ixtisosligi: Shaharlarning vizual strukturasini o‘rganish.

Mashhur asarlari: “The Image of the City”: Shaharning estetik va funksional idrokini tahlil qilish. Hissasi: Shaharni rejalashtirishda joylashuv, makon tuzilishi va insonning shahar makonidagi hissiyotlarini hisobga olish metodikasini taklif qilgan.

Ekologik va barqaror rivojlanish bo‘yicha olimlar: Ian McHarg (1920-2001) Ixtisosligi: Landshaft arxitekturasi va ekologik shaharsozlik. Mashhur asarlari: Design with Nature: Ekologik tamoyillar asosida shaharlarni rejalashtirish. Hissasi: Hududlarni rejalashtirishda ekologik xususiyatlarni chuqur tahlil qilishni kiritgan. Peter Hall (1932-2014) Ixtisosligi: Global shahar

rivojlanishi va innovatsion hududlar. Mashhur asarlari: “Cities in Civilization”: Shaharlarning tarixiy rivojlanishi va innovatsiya muhimligi haqida tadqiqotlar. Hissasi: Innovatsion klasterlar va texnologik rivojlanishga asoslangan shahar master-rejalari tamoyillarini rivojlantirgan.

Transport va infratuzilma bo‘yicha olimlar: Donald Shoup[1] Ixtisosligi: Transport rejalashtirish va avtoturargoh tizimlari. Mashhur asarlari: “The High Cost of Free Parking”: Transport va shahar infratuzilmasini rejalashtirishda avtoturargoh tizimlarini optimallashtirish. Hissasi: Shahar infratuzilmasini transport oqimlari bilan uyg‘unlashtirish.

Mazkur tadqiqotda kompleks metodologik yondashuv asosida olib borilgan bo‘lib, bunda nazariy va amaliy usullar uyg‘unlashtirilgan. Qiyosiy tahlil, tizimli tahlil, statistik va empirik tahlil, kuzatuv va amaliy tahlil qilib va shu jumladan ilmiy xulosalar, nazariy va loyihaviy takliflar ishlab chiqilgan.

Tadqiqot vazifalarni hal qilishda quyidagi kompleks yondashuv va usullar asos bo‘lib xizmat qiladi:

- Qurilish va arxitektura bo‘yicha badiiy elektron va boshqa olimlar tomonidan olib borilgan ilmiy tadqiqot ishlaridan olingan ma’lumot manbaalarini umumlashtirish, loyihalash uchun me’yoriy hujjatlarni o‘rganish,

1. Shahar va hududni makro-rejalashtirish

Hududning iqtisodiy va ijtimoiy rivojlanishini ta’minlaydigan bosh strategiyalarni aniqlash. Shahar va hududlarning funksional zonalash tamoyillarini ishlab chiqish (yashash joylari, sanoat hududlari, yashil hududlar, transport va xizmat ko‘rsatish zonalari).

2. Infratuzilma tizimlari

Transport, energetika, aloqa va muhandislik kommunikatsiyalarining holatini tahlil qilish va takomillashtirish usullari. Texnik va texnologik infratuzilmani modernizatsiya qilish.

3. Ekologik muvozanat va barqarorlik

Hududdagi tabiiy resurslardan samarali va barqaror foydalanish. Atrof-muhitning ifloslanishini kamaytirish va ekologik xavfsizlikni ta'minlash bo‘yicha choralar. Yashil hududlarni kengaytirish va landshaftni himoya qilish strategiyalari.

4. Aholi va demografik jarayonlar

Aholi soni, zichligi va migratsion harakatlarni tahlil qilish. Aholining ijtimoiy ehtiyojlarini qondirishga yo‘naltirilgan strategiyalar (uy-joy, ta’lim, sog‘liqni saqlash).

5. Urbanizatsiya jarayonlari.

Urbanizatsiya darajasini hisobga olgan holda hududning muvozanatli rivojlanishini ta’minlash. Yangi turar-joy massivlari, sanoat hududlari va dam olish zonalarini loyihalashtirish.

6. Madaniy va tarixiy merosni saqlash

Hududning tarixiy va madaniy obyektlarini himoya qilish va ularni turizm salohiyatiga moslashtirish. Mahalliy an’ana va madaniy xususiyatlarni inobatga olgan holda rejalashtirish.

7. Innovatsion texnologiyalarni qo‘llash

GIS (Geografik Axborot Tizimi), BIM (Building Information Modeling) kabi texnologiyalar yordamida hududni rejalashtirish. Raqamli simulyatsiya va ma’lumotlarga asoslangan qarorlar qabul qilish usullari.

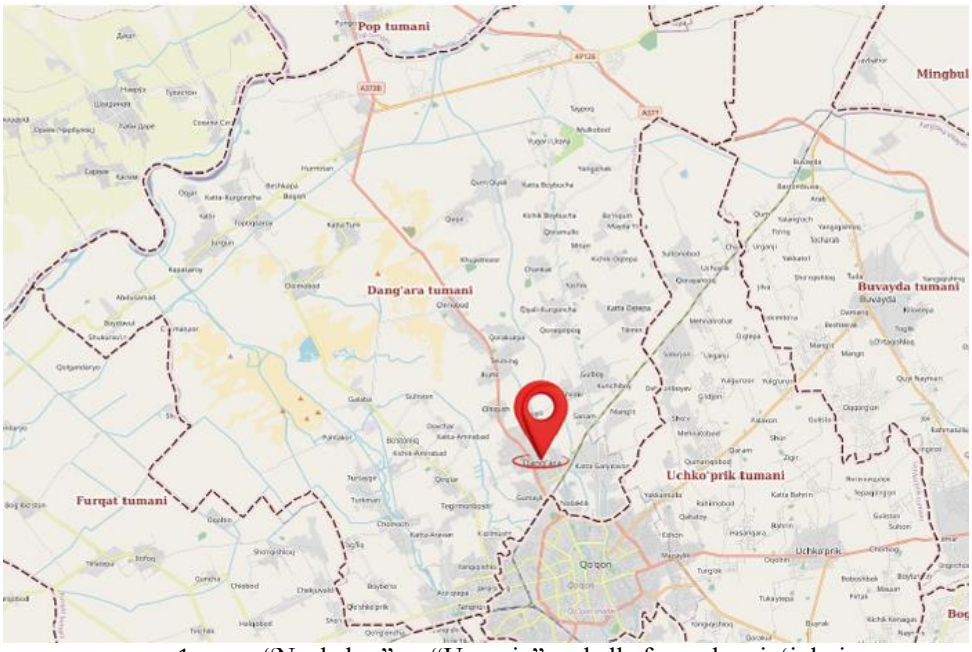
Master-reja ishlab chiqish uchun O‘zbekiston Respublikasi Farg‘ona viloyati Dang‘ara tumani “Navbahor” va “Uvaysiy” mahalla fuqarolar yig‘inlari hududlarida joylashgan aholi punktlari tanlab olingan. Loyiha hududining umumiy yer maydoni 12,4 gektarni tashkil etadi. (1-rasm).

Arxitektura-rejalashirish topshirig‘iga asosan muvofiq, loyiha hududida quyidagi funksional zonalar belgilangan:

- “Star House” turar-joy kompleksi-1.2 ga,
- “Istiqlol” turar-joy massivi-3.5 ga;
- Toshkent ko‘chasi turar-joy massivi-1.0 ga;
- Istirohat bog‘i-2.6 ga;
- 24/7 faoliyat yurituvchi ko‘ngilochar va turizmga ixtisoslashgan hudud;

[1] Shoup D. The High Cost of Free Parking. - Chicago: APA Planners Press, 2005. - 733 p.

- Ko‘cha va transport infratuzilmasi-1.0 ga;
- ”Navbahor” massivida qo‘shimcha hudud-1.3 ga



1-rasm. “Navbahor” va “Uvaysiy” mahalla fuqarolar yig‘inlari.

Master-reja Farg‘ona viloyati bosh arxitektura boshqarmasidan olingan kadastr hujjatlari asosida ishlab chiqiladi.

Demografik ko‘rsatkichlar:

- Loyiha hududidagi jami aholi soni: 1 786 kishini tashkil etadi.

Jumladan:

- “Istiqlol” turar-joy massivida-684 kishi.
- Toshkent ko‘chasi hududida-234 kishi.
- “Navbahor” turar-joy massivida: 684 kishi.

Mazkur demografik ko‘rsatkichlar hududining ijtimoiy infratuzilma obyektlariga bo‘lgan ehtiyojini aniqlashda asos bo‘lib xizmat qiladi.

Ijtimoiy infratuzilma obyektlari:

Ta’lim muassasalari:

Loyiha hududi va unga yondosh hududlarda quyidagi ta’lim muassasalari majvud:

- “Navbahor” MFY hududida 2 ta umumta’lim maktabi va 1 ta maktabgacha ta’lim muassasasi;
- “Istiqlol” MFY hududida 1 ta umumta’lim maktabi va 2 ta maktabgacha ta’lim muassasasi;
- Toshkent ko‘chasida 1 ta maktabgacha ta’lim muassasasi;
- “Star house” turar-joy majmuasi atrofida 1 ta umumta’lim maktabi va 1 ta maktabgacha ta’lim muassasasi mavjud.

Shunungdek, loyiha hududi yaqinida mahalliy davlat hokimiyati organlari joylashgan bo‘lib, ular aholi va davlat boshqaruvi o‘rtasidagi hududiy hamkorlikni ta’minlaydi.

Tibbiyot xizmati

“Istiqlol” MFY loyihaviy hududida birlamchi tibbiy yordam ko‘rsatadigan muassasalar mavjud. Profilaktik va ixtisoslashtirilgan tibbiy xizmatlar asosan Dang‘ara hududga yaqin joyda joylashgan Dang‘ara tuman markaziy shifoxonasi tomonidan amalga oshiriladi. Hududda bir nechta dorixonalar faoliyat yuritmoqda.

Dang‘ara tumaniga doir statistik ma’lumotlarning tahlili 2016-2023-yillar oralig‘ida tug‘ilish ko‘rsatkichlarining barqaror o‘sishini (4146 tadan 5158 tagacha) ko‘rsatmoqda.

Aholi sonining o‘sishi va urbanizatsiya jarayonlari hududda zamonaviy, ijtimoiy-iqtisodiy jihatdan samarali bo‘lgan turar-joy infratuzilmasiga bo‘lgan talabni kuchaytirmoqda

Loyiha hududlari kesimida yosh guruhlari bo‘yicha olingan ma’lumotlarga nazar tashlaydigan bo‘lsak (1-jadval)

1-jadval

Yosh guruhlari bo‘yicha doimiy aholi soni (2024- yil 1- yanvar holatiga)

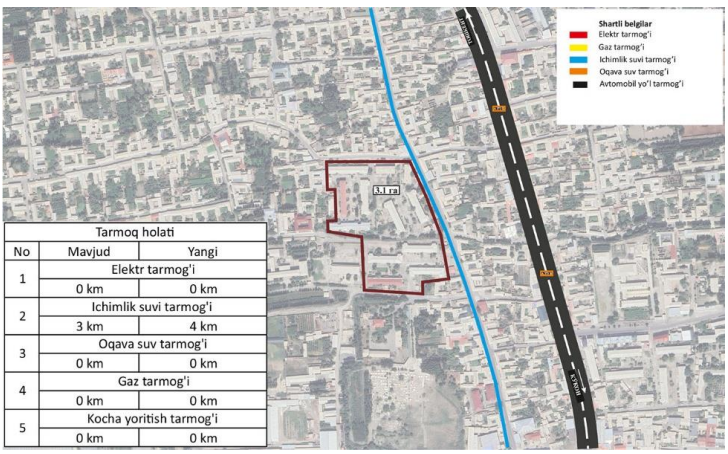
Hudud	Jami	0-2	3-5	6-7	8-15	16-17	18-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-49	50-59	60-69	70-74	75-79	80-84	85 yosh va kattalar
Dang‘ara	177154	14787	12388	7214	24108	5072	4638	10674	12731	14799	14194	20407	16563	13326	3675	1262	930	386
Uvaysiy MFY	4225	215	325	378	140	192	370	420	410	470	363	220	195	272	105	124	21	5
(Uvaysiy MFY)																		
Hudud	Jami	0-2	3-5	6-7	8-15	16-17	18-19	20-24	25-29	30-34	35-39	40-49	50-59	60-69	70-74	75-79	80-84	85 yosh va kattalar
Dang‘ara	177154	14787	12388	7214	24108	5072	4638	10674	12731	14799	14194	20407	16563	13326	3675	1262	930	386
Navbahor MFY	6840	204	160	162	431	309	180	362	593	923	648	880	824	763	201	175	18	7
(Navbahor MFY)																		

Loyiha hududiga amalga oshirilgan joyiga chiqib o‘rganishlar davomida hududda gaz ta’minoti tizimi mavjudligi aniqlandi. Biroq mutasaddi tashkilotlar vakillari va mahalliy aholi bilan o‘tkazilgan uchrashuvlar natijasida ilgari o‘rnatilgan o‘rta bosimli gaz ta’minoti tarmog‘ining bir qismi demontaj qilinganligi hamda amalda faoliyat yuritmayotgani ma’lum bo‘ldi.

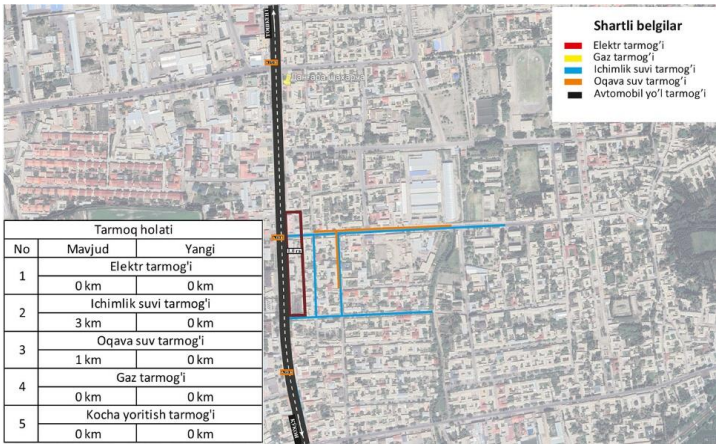
Hududda markazlashgan issiqlik ta’minoti manbalari mavjudligi to‘g‘risida rasmiy ma’lumotlar aniqlanmadi. Amaldagi sharoitda binolarning isitilishi asosan elektr energiyasi hisobidan mahalliy (individual) usulda amalga oshirilmoqda. Konditsionerlash tizimlari ham mustaqil bo‘lib, asosan split-tizimlar qo‘llaniladi.

Elektr ta’minoti Dang‘ara tumani markazlashgan elektr tarmoqlari orqali amalga oshiriladi. Shu bilan birga, yilning yuqori yuklama davrlarida - qish faslida elektr isitish vositalarining ommaviy qo‘llanilishi hamda yoz faslida konditsionerlardan intensiv foydalanish natijasida elektr tarmog‘ida avariyaviy uzilishlar kuzatiladi.

Natijada hududda markazlashgan gaz ta’minoti tizimidan to‘liq foydalanish imkoniyati cheklangan. (2-rasm).

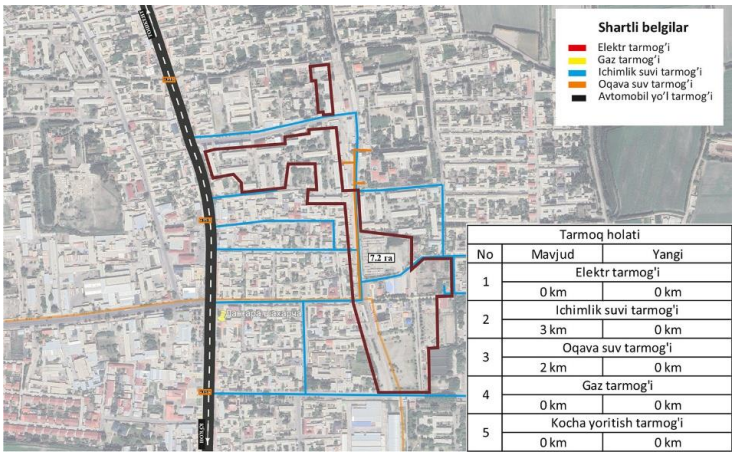


a)



Tarmoq holati		
No	Mavjud	Yangi
1	Elektr tarmog'i	
	0 km	0 km
2	Ichimlik suvi tarmog'i	
	3 km	0 km
3	Oqava suv tarmog'i	
	1 km	0 km
4	Gaz tarmog'i	
	0 km	0 km
5	Kocha yoritish tarmog'i	
	0 km	0 km

b)



Tarmoq holati		
No	Mavjud	Yangi
1	Elektr tarmog'i	
	0 km	0 km
2	Ichimlik suvi tarmog'i	
	3 km	0 km
3	Oqava suv tarmog'i	
	2 km	0 km
4	Gaz tarmog'i	
	0 km	0 km
5	Kocha yoritish tarmog'i	
	0 km	0 km

d)

2-rasm Loyiha hududining infratuzilmasini baholash. a) Navbahor MFY Navbahor massivi; b) Uvaysiy MFY Toshkent ko‘chasi; d) Uvaysiy MFY Istiqlol massivi hamda Muqumiy ko‘chasi.

XULOSA

Master rejani amaliyotga joriy qilish tizimli ravishda o‘rganilib, uning loyihalash jarayoniga ta’siri ilmiy va amaliy nuqtai nazardan asoslab berildi hududni rivojlantirish konsepsiyasi “15 daqiqalik shahar” va “Bufer zona” tamoyillariga asoslanib, 7 ta asosiy funksional zonaga ajratildi. Mazkur yondashuv turar-joy massivlarini shovqinli iqtisodiy faollik hududlaridan yashil yo‘laklar orqali izolyatsiya qilish hamda aholi uchun barcha zaruriy ijtimoiy xizmatlarning piyoda yurish masofasida bo‘lishini ta’minlaydi.

Tadqiqot doirasida ta’lim va tibbiyot maskanlari tarmog‘i tizimli ravishda kengaytirildi. Xususan, 1 470 dan ortiq yangi o‘quv o‘rinlarining yaratilishi, yangi poliklinika va zamonaviy IT-markazning loyihalashtirilishi hududning ijtimoiy barqarorligini oshirishga xizmat qiladi. Shuningdek, trigeneratsion energiya markazlari va chiqindilarni saralab yig‘ish tizimining taklif etilishi loyihaning texnologik jihatdan innovatsion ekanligini ko‘rsatadi.

“Magic City” savdo-ko‘ngilochar majmuasi hamda 24/7 rejimida faoliyat yurituvchi turistik ko‘cha konsepsiyasi hududning asosiy iqtisodiy “o‘sish nuqtalari” etib belgilandi. Ushbu drayverlar hisobiga jami 700 dan ortiq yangi ish o‘rni yaratilishi kutilmoqda, bu esa mahalliy aholi bandligini ta’minlash bilan bir qatorda hududning investitsiyaviy jozibadorligini sezilarli darajada oshiradi.

Hududni rivojlantirishning 7 bosqichli algoritmi va “investitsion lotlar” tizimi ishlab chiqildi. Bu mexanizm jami 171 186 m² maydonda turar-joy fondini shakllantirish, 2 300 ga yaqin xonadon barpo etish va 6 500 nafardan ortiq aholini zamonaviy uy-joy bilan ta’minlash imkonini beradi.

Loyiha hududining o‘rtacha 32-48 foiz qismi ko‘kalamzorlashtirish uchun ajratilganligi, 5 km uzunlikdagi yo‘l-ko‘prik infratuzilmasi va zamonaviy avtoturargohlarning tashkil etilishi barqaror urbanistik muhit (Sustainable Urbanism) yaratishning asosiy omili bo‘lib xizmat qiladi.

Dang‘ara tuman Elektr ta’minoti korxonasining 22 noyabr 2024-yil kuni № 441 sonli xatiga ko‘ra, loyihalanayotgan hududdagi elektr iste’mol oshishini inobatga olib, mavjud 35/10 kV li “Dang‘ara” nimstansiyasida joylashgan T-1 6300 kVA quvvatdagi kuch transformatori 10000 kVA quvvatdagi kuch transformatoriga, T-2 2500 kVA quvvatdagi kuch trasformatori 6300 kVA quvvatdagi kuch transformatoriga almashtirish hamda, mavjud 35/10 kV li “Avtobaza” nimstansiyasida joylashgan T-1 4000 kVA quvvatdagi kuch transformatori 10000 kVA quvvatdagi kuch transformatoriga almashtirish tavsiya etiladi. Navbahor massivi hududda hisoblangan taxminiy yuklama 1653 kW ni tashkil qiladi. Muqobil energiya manbalaridan samarali foydalanish uchun binolarning tom qismidan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanib, ularning umumiy taxminiy hisobiy quvva 430 kW bo‘lib umumiy yuklamaning 26 % tashkil qiladi Istiqlol massivi hududda hisoblangan taxminiy yuklama 4406,59 kW ni tashkil qiladi. Muqobil energiya manbalaridan samarali foydalanish uchun binolarning tom qismidan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanib, ularning umumiy taxminiy hisobiy quvva 910 kW bo‘lib umumiy yuklamaning 20 % tashkil qiladi. Toshkent ko‘chasi hududda hisoblangan taxminiy yuklama 747,78 kW ni tashkil qiladi. Muqobil energiya manbalaridan samarali foydalanish uchun binolarning tom qismidan foydalanish maqsadga muvofiq hisoblanib, ularning umumiy taxminiy hisobiy quvvati 145 kW bo‘lib umumiy yuklamaning 19 % tashkil qiladi.

“Star House” majmuasi: 12 760 m^2 umumiy maydonga ega ushbu majmuada binolar maydoni 4400 m^2 ni (34,5%) tashkil etib, hududning 21,6% qismi ko‘kalamzorlashtirish va 15,3% qismi avtoturargoh uchun ajratiladi.

Turar-joy sektori (“Uvaysiy” MFY): 7 qavatli turar-joy binolari orqali 391 ta xonadon barpo etilishi rejalashtirilgan. Ushbu turar-joy massivining umumiy qurilish hajmi 26 650,47 m^2 ni, umumiy foydali maydoni esa 8075,9 m^2 ni tashkil etadi. Loyiha natijasida hududda 1284 nafar aholi uchun qulay yashash muhiti yaratiladi.

“24/7 ko‘chasi” xizmat ko‘rsatish zonasi: Hududning iqtisodiy mustaqilligini ta’minlash uchun 13 ta savdo do‘konidan iborat bo‘lgan ushbu zona 2280 m^2 foydali maydonga ega. Ushbu ob’ektlar doirasida 91 ta doimiy ish o‘rni yaratilishi ko‘zda tutilgan. Urbanistik jihatdan hududning 48,4% qismi ko‘kalamzorlashtirishga ajratilgan bo‘lib, bu ekologik barqarorlikni ta’minlaydi.

Istirohat bog‘i zonasi: Ijtimoiy-madaniy rivojlanish uchun ajratilgan ushbu zona 45 040 m^2 umumiy maydonga ega. Bog‘ hududining 55,6% qismi ko‘kalamzorlashtirilgan bo‘lib, bu shahar aholisi uchun rekreasiya imkoniyatlarini kengaytiradi. Iqtisodiy samaradorlik nuqtai nazaridan, bog‘ tarkibidagi savdo kompleksi 459 ta yangi ish o‘rnini yaratish salohiyatiga ega bo‘ladi.

Toshkent ko‘chasi hududda 6+1 qavatli 11 ta bino qurilishi rejalashtirilgan bo‘lib, ular jami 80 213,14 m^3 qurilish hajmini tashkil etadi. Loyiha 264 ta xonadondan iborat bo‘lib, 792 nafar aholiga xizmat qiladi. Hududning 49,9% qismi yo‘l va yo‘laklar, 27,7% qismi esa ko‘kalamzorlashtirish uchun ajratilgan. Ish o‘rinlari 135 tani tashkil qiladi.

Uvaysiy MFY hududini rivojlantirish loyihasi bo‘yicha texnik-iqtisodiy ko‘rsatkichlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, umumiy maydoni 35 694 m^2 bo‘lgan hududda zamonaviy shaharsozlik standartlariga amal qilingan. Hududning funksional taqsimotiga ko‘ra, 32,3% qismi (11 530 m^2) ko‘kalamzorlashtirishga, 24,5% (8 752 m^2) binolar qurilishiga, 20,6% (7 361,4 m^2) avtoturargohlarga hamda 19,9% (7 101,4 m^2) yo‘l va yo‘laklarga ajratilgan.

“Istiqlol ko‘chasi” segmenti bo‘yicha amalga oshiriladigan loyiha doirasida jami 53 ta ko‘p qavatli bino (7 qavatli va 6+1 qavatli) qurilishi ko‘zda tutilgan. Ushbu binolarda jami 1 056 ta xonadon barpo etilib, 3 168 nafar aholining yashashi uchun sharoit yaratiladi. Qurilishning umumiy hajmi 217 817,6 m^2ni tashkil etadi. Iqtisodiy samaradorlikni ta’minlash va aholi bandligini oshirish maqsadida, loyihada jami 134 ta yangi ish o‘rni yaratilishi rejalashtiriladi.

“Navbahor MFY” loyiha hudining umumiy yer maydoni 37 210 m^2 ni tashkil etib, unda hududni samarali va qulay rejalashtirishga alohida e’tibor qaratilgan. Xususan, hududning 31 foizi (11 530 m^2) ko‘kalamzorlashtirish uchun, 19,8 foizi (7 360 m^2) avtoturargohlar uchun, 19,1 foizi (7

100 m^2) esa yo‘l va piyodalar yo‘laklari uchun ajratilgan. Bundan tashqari, aholining dam olishi uchun 2 508 m^2 (6,7%) o‘yingohlar va 561 m^2 (1,5%) anhor hududlari loyihalashtirilgan.

Qurilish nuqtai nazaridan, loyiha doirasida umumiy qurilish hajmi 112 112 m^2ni tashkil etuvchi jami 35 ta ko‘p qavatli bino qurilishi ko‘zda tutilgan. Ushbu binolarning umumiy foydali maydoni 33 264 m^2ga teng bo‘lib, ular jami 586 ta xonadonni o‘z ichiga oladi. Loyihaning yakunlanishi natijasida 1 782 nafar aholi zamonaviy turar-joy bilan ta’minlanadi va hududda 133 ta yangi ish o‘rni yaratilishi rejalashtirilgan. Loyiha o‘z tarkibida turar-joy va savdo funksiyalarini mujassamlashtirgan holda, atrof-muhit hamda inson ehtiyojlarini muvozanatda saqlashga mo‘ljallangan.

Adabiyotlar

[1]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Shaharsozlik faoliyati sohasida davlat boshqaruvi tizimini yanada takomillashtirish hamda 2023-2027-yillarda aholi punktlarining shaharsozlik hujjatlarini ishlab chiqish dasturlarini tasdiqlash chora-tadbirlari to‘g‘risida”gi 2023-yil 11-sentabrdagi PQ-299-sonli qarori.

[2]. Le Corbusier. The Radiant City: Elements of a Doctrine of Urbanism to be Used as the Basis of our Machine-age Civilization. New York: Orion Press, 1967.

[3]. Jacobs, J. The Death and Life of Great American Cities. New York: Random House, 1961.

[4]. Lynch, K. The Image of the City. Cambridge: MIT Press, 1960.

[5]. McHarg, I. L. Design with Nature. Garden City, N.Y: Natural History Press, 1969. 6. Hall, P. Cities in Civilization: Culture, Innovation, and Urban Order. London: Weidenfeld & Nicolson, 1998.

[6]. Shoup, D. The High Cost of Free Parking. Chicago: APA Planners Press, 2005.

SUN'IY INTELLEKT INTEGRATSIYALASHGAN SINFLARDA PEDAGOG ROLINING TRANSFORMATSIYASI VA O'QUVCHI SHAXSIY KOMPETENSIYALARIGA TA'SIRINI TADQIQ ETISH

M. M. Sobirov, M.B. Baxtiyorov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
Mas’ul muallif, email: accauntforwork01@gmail.com

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu tadqiqot sun'iy intellekt (SI) texnologiyalarining ta'lim muhitiga integratsiyasi sharoitida pedagog rolining funksional-struktural transformatsiyasini va mazkur o'zgarishlarning o'quvchi shaxsiy kompetensiyalari rivojlanishiga ta'sirini nazariy-metodologik jihatdan tahlil etadi. Tadqiqot doirasida pedagog faoliyatining "lektor-mentor-fasilitator" evolyusion modeli konseptuallashtirilgan; kritik tafakkur, SI savodxonligi va metakognitiv ko'nikmalarning shakllanish mexanizmlari o'rganilgan. Qiyosiy-tahliliy metod asosida an'anaviy va SI-integratsiyalashgan ta'lim paradigmalari o'rtasidagi epistemologik tafovutlar aniqlangan.*

Kalit so'zlar: *sun'iy intellekt, pedagog transformatsiyasi, fasilitatorlik, SI savodxonligi, kompetensiyaviy yondashuv, metakognitiv ko'nikmalar, raqamli pedagogika, ta'lim paradigmasi, personallashtirilgan ta'lim.*

Аннотация*. Данное исследование проводит теоретикометодологи-ческий анализ функционально-структурной трансформации роли педагога в условиях интеграции технологий искусственного интеллекта (ИИ) в образовательную среду и влияния этих изменений на развитие личностных компетенций учащихся. В рамках исследования концептуализирована эволюционная модель педа-гогической деятельности «лектор–ментор–фасилитатор»; изучены механизмы формирования критического мышления, грамотности в области ИИ и метакогнитивных навыков.*

Ключевые слова: *искусственный интеллект, трансформация педагога, фасилитаторство, грамотность в области ИИ, компетентностный подход, метакогнитивные навыки, цифровая педагогика, образовательная парадигма.*

Abstract*. This study conducts a theoretical-methodological analysis of the functional-structural transformation of the educator's role under conditions of artificial intelligence (AI) technology integration into the educational environment, and its impact on the development of students' personal competencies. The research conceptualizes an evolutionary model of pedagogical activity — "lecturer–mentor–facilitator" — and examines the mechanisms of critical thinking formation, SI literacy, and metacognitive skill development.*

***Keywords**: artificial intelligence, educator transformation, facilitation, SI literacy, competency-based approach, metacognitive skills, digital pedagogy, educational paradigm, personalized learning.*

1. KIRISH. Zamonaviy jamiyatning texnologik akseleratsiyasi ta'lim paradigmasini tubdan qayta ko'rib chiqishni taqozo etmoqda. Sun'iy intellekt texnologiyalarining — xususan, mashinali o'rganish (machine learning), tabiiy til ishlov berish (natural language processing) va adaptiv o'rganish tizimlari (adaptive learning systems) ning — ta'lim muhitiga kirib kelishi pedagog-o'quvchi munosabatlarining an'anaviy epistemologik modelini inqirozga uchratmoqda [1]. Bu holat pedagogik fan oldiga metodologik jihatdan yangi savollar qo'ymoqda: agar ma'lumotni etkazib berish funksiyasini algoritm bajarsa, pedagogning ontologik vazifasi nimadan iborat bo'ladi?

UNESCO ma'lumotlariga ko'ra, 2023-yilga kelib dunyo bo'ylab 70 dan ortiq mamlakat ta'lim tizimiga SI-asosli vositalarni integratsiya qilishga doir milliy strategiyalarni qabul qilgan [2]. O'zbekiston Respublikasining "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasi ham ta'lim tizimini raqamlashtirish va SI texnologiyalarini maktab hamda oliy ta'limga joriy etishni ustuvor yo'nalish sifatida belgilab bergan [3].

Tadqiqotning maqsadi — SI integratsiyalashgan ta'lim muhitida pedagog rolining transformatsiya modelini konseptuallashtirish va mazkur transformatsiyaning o'quvchi shaxsiy kompetensiyalariga ta'sir mexanizmlarini nazariy jihatdan asoslash.

Tadqiqot vazifalari:

1. Pedagogik paradigmaning o'zgarishi kontekstida SI integratsiyasining epistemologik asoslarini aniqlash;
2. Pedagog rolining "lektor–mentor–fasilitator" evolyusion modelini ishlab chiqish;
3. SI-integratsiyalashgan sinflarda o'quvchi shaxsiy kompetensiyalari rivojlanishining nazariy mexanizmlarini tahlil etish;
4. An'anaviy va SI-integratsiyalashgan ta'lim paradigmalarini qiyosiy tahlil qilish.

2. NAZARIY TAHLIL: GLOBAL TADQIQOTLAR VA ADABIYOTLAR SHARHI

2.1. Pedagogik paradigmaning o'zgarishi: epistemologik kontekst

Pedagogik paradigma tushunchasi T.S. Kuning (1962) "paradigma siljishi" (paradigm shift) kontseptsiyasidan pedagogika faniga ko'chirilgan bo'lib, ta'lim-tarbiya jarayonida bilim uzatilishining fundamental modellarining o'zgarishini ifodalaydi [4]. Konstruktivizm (Piaget, Vygotsky), konektivizm (Siemens, 2005) va hozirgi kunga kelib — "algoritmik pedagogika" (algorithmic pedagogy) konseptsiyalari mazkur paradigma evolyutsiyasining ketma-ket bosqichlarini tashkil etadi [5].

G. Siemensning konektivizm nazariyasi, bilim individual ongda emas, balki tarmoq tugunlari (nodes) orasidagi aloqalar tizimida mavjudligini asoslar ekan, SI integratsiyasini nazariy jihatdan oldindan bashorat qilgan edi [5]. Zamonaviy SI tizimlari — ChatGPT, Khanmigo, Socratic, Carnegie Learning MATHia — aynan ushbu tarmoqli bilim modelini texnologik jihatdan realizatsiya qilmoqda.

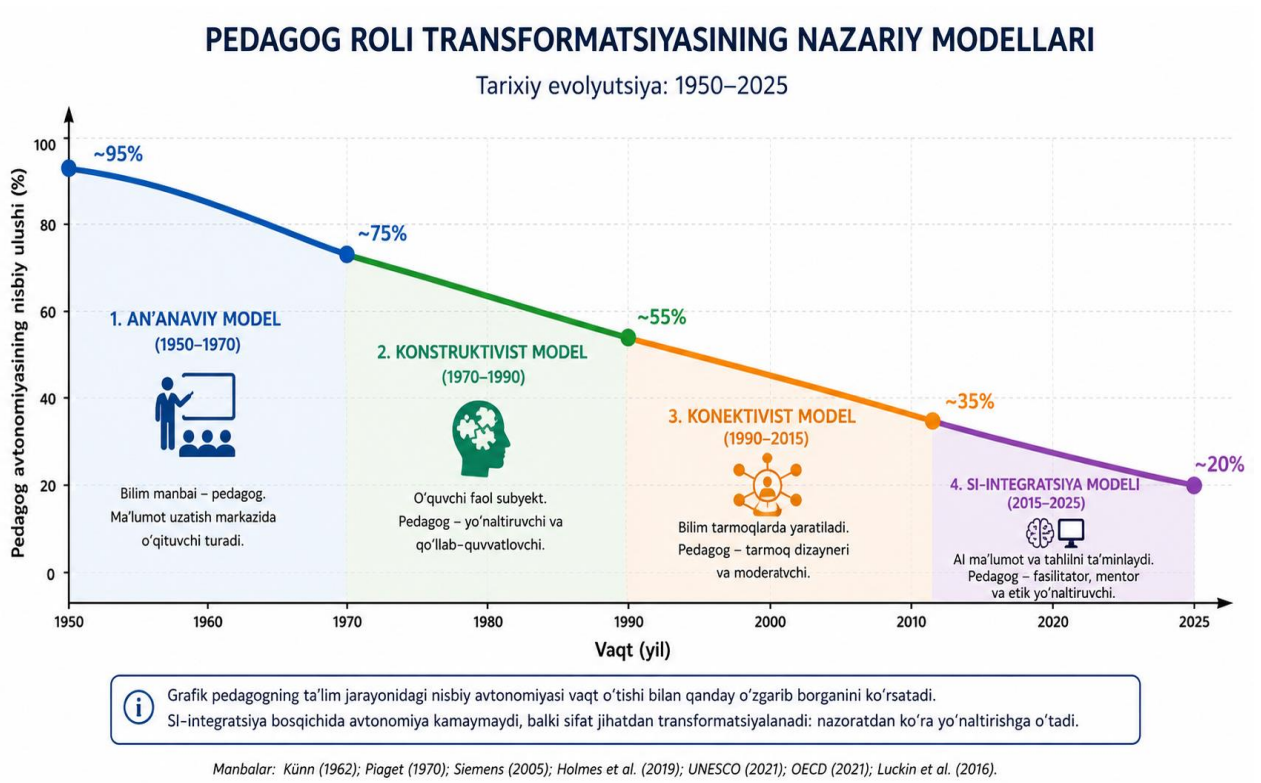
2.2. SI texnologiyalarining ta'lim metodologiyasiga integratsiyasi

Holmes va boshq. (2019) "Artificial Intelligence in Education" monografiyasida SI-asosli ta'lim vositalarining to'rt tipologik kategoriyasini ajratib ko'rsatdi [7]. Ushbu tipologiya SI vositalarining pedagog funksiyalariga ta'sirini tizimli tushunishga imkon beradi:

Selwyn (2019) esa SI integratsiyasiga tanqidiy pozitsiyadan yondashib, texnologik determinizm (technological determinism) xavfiga e'tiborni qaratdi [8]. Ushbu tanqidiy perspektiva tadqiqotimizda metodologik muvozanatni ta'minlash uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

2.3. Pedagog rolining transformatsiyasi: nazariy yondashuvlar

Ilmiy adabiyotlarda pedagog rolining SI sharoitidagi o'zgarishi bir necha konseptual doirada tavsiflangan. Bransford va boshq. (2000) "bilimdon boshqaruvchi" (knowledgeable orchestrator) modeli, Chan (2023) ning "ko'-ijodkorlik" (co-creation) paradigmasi va Kim & Kim (2022) ning "metakognitiv yetakchi" (metacognitive guide) konseptsiyasi ushbu yo'nalishning asosiy nazariy tayanch nuqtalarini tashkil etadi [9, 10].

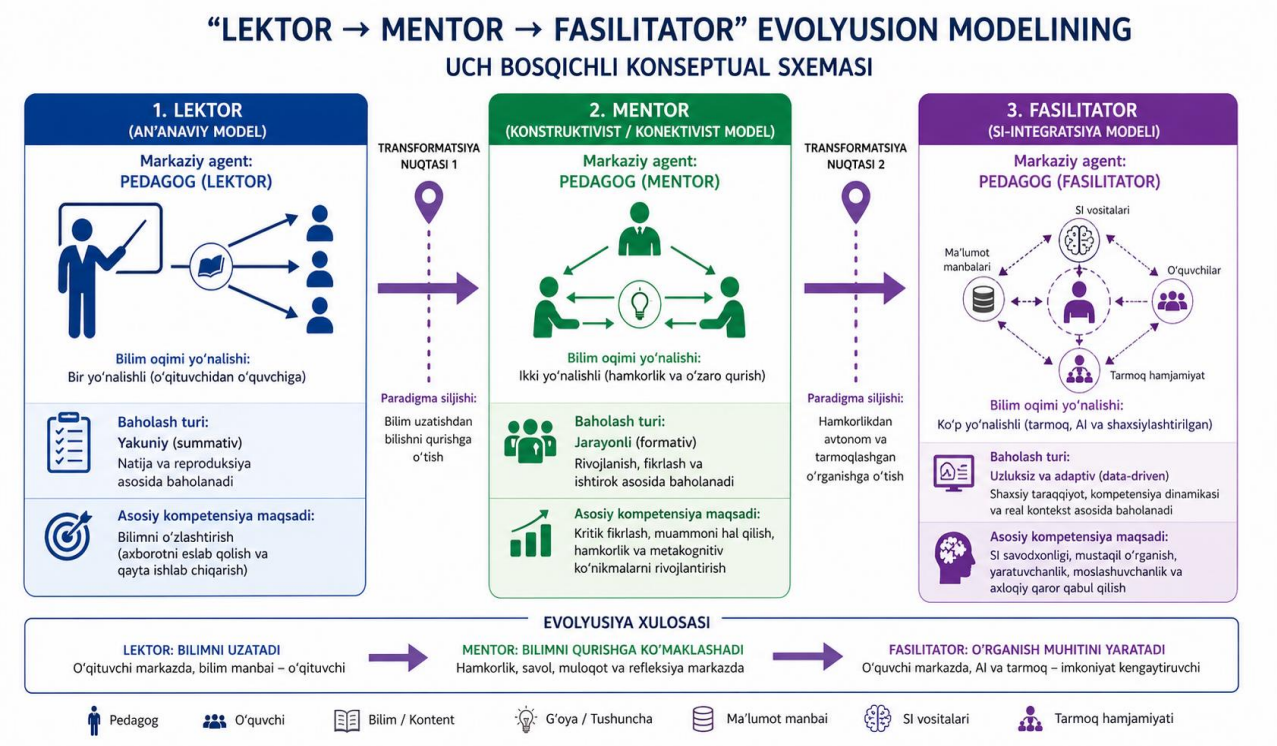


1-rasm: Pedagog roli transformatsiyasining nazariy-tarixiy evolyutsiyasi (1950-2025).

3. PEDAGOG ROLINI TRANSFORMATSIYALASH MODELI

3.1. Funksional vazifalar o'zgarishining konseptual asosi

Pedagog rolining transformatsiyasini tushuntirishda ushbu tadqiqot triadik evolyusion model (triadic evolutionary model) konseptsiyasini taklif etadi. Mazkur model pedagog faoliyatining uch ketma-ket, ammo bir-birini inkor etmaydigan funksional bosqichini — Lektor → Mentor → Fasilitator — epistemologik jihatdan tavsiflaydi. Modeldagi har bir bosqich oldingi bosqichni bekor qilmaydi, balki uni o'z ichiga singdiradi va yangi funksional qatlam bilan boyitadi [9].



2-rasm: Pedagog rolining "Lektor → Mentor → Fasilitator" triadik evolyusion modeli.

An'anaviy "Lektor" modeli (Instruktivizm paradigmasi, XX asr o'rtalari-oxiri): Bilim pedagog tomonidan o'quvchiga bir yo'nalishli (unidirectional) tarzda uzatiladi. Pedagog bilim manbSI (knowledge source) sifatida markaziy pozitsiyani egallaydi. "Mentor" modeli (Konstruktivizm paradigmasi, XXI asr boshlari): Pedagog bilimni shaxsan uzatmaydi, balki o'quvchining bilim qurishiga yo'l ko'rsatadi. "Fasilitator" modeli (Konektivizm + SI paradigmasi): Pedagog o'quv jarayonini tashkil etuvchi va metakognitiv refleksiyani qo'llab-quvvatlovchi agent sifatida namoyon bo'ladi [11].

3.2. Transformatsiyaning triggerlari va cheklovchi omillar

Pedagog rolining triadik transformatsiyasi o'z-o'zicha amalga oshmaydi — bu jarayonni ishga tushiruvchi va susaytiradigan omillar tizimi mavjud. Fullan & Langworthy (2014) ning "yangi pedagogika" (new pedagogies) konseptsiyasiga tayanib [11], biz quyidagi tizimli omillar matritsasi modelini taklif etamiz:

1-jadval.

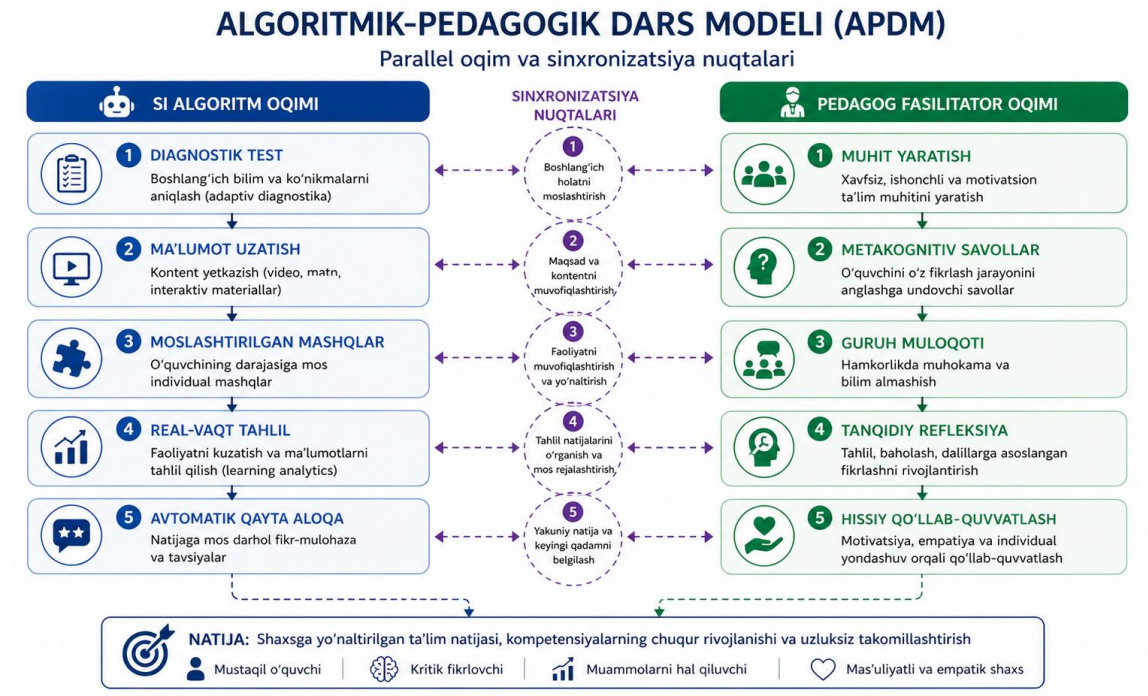
Transformatsiya triggerlari va cheklovchi omillar matritsasi

Omil kategoriyasi	Tezlashtiruvchi triggerlar	Cheklovchi omillar	Strategik ahamiyati
Texnologik	Adaptiv platformalar, SI vositalariga kirish	Infratuzilma etishmasligi, raqamli bo'shliq	Yuqori
Pedagogik	SI savodxonligi, innovatsiyaga ochiqlik	Texnofobiya, an'anaviy metodikaga bog'liqlik	Juda yuqori
Institutsional	Strategik yo'nalish, me'yoriy-huquqiy baza	Byurokratik to'siqlar, qattiq dasturlar	Yuqori
Ijtimoiy-madaniy	Jamiyatning texnologiyaga munosabati	Madaniy konservatizm, ijtimoiy ishonchsizlik	O'rtacha
O'quvchi	Digital native avlodning qabulchanligi	Mustaqil o'rganish ko'nikmalarining yo'qligi	Yuqori

4. SI INTEGRATSIYALASHGAN DARS JARAYONINING SXEMATIK TAHLILI

4.1. Algoritmik-pedagogik dars modeli (APDM)

SI integratsiyalashgan sinfdagi dars jarayoni an'anaviy "kirish-asosiy qism-xulosa" trilogiyasidan sifat jihatdan farq qiladi. Biz mazkur jarayonni Algoritmik-Pedagogik Dars Modeli (APDM — Algorithmic-Pedagogical Lesson Model) sifatida konseptuallashtiramiz. Ushbu modelda dars jarayoni parallel ikki oqim — Algoritm oqimi va Pedagog oqimi — sifatida tashkil etiladi [12]:



3-rasm: Algoritmik-Pedagogik Dars Modeli (APDM) — parallel oqimlar sxemasi.

2-jadval.

APDM modelida vaqt taqsimotining nazariy ko'rsatkichlari

Dars bosqichi	An'anaviy (45 daq.)	SI-integratsiya (45 daq.)	O'zgarish	Izoh
Diagnostika va motivatsiya	5 daq. (11%)	3 daq. (7%)	-2 daq.	SI bajaradi
Yangi bilim uzatish	20 daq. (44%)	5 daq. (11%)	-15 daq.	SI + Pedagog
Mashq va amaliyot	10 daq. (22%)	10 daq. (22%)	0 daq.	SI nazoratida
Muloqot va tanqidiy tafakkur	5 daq. (11%)	18 daq. (40%)	+13 daq.	Pedagog boshchiligida
Metakognitiv refleksiya	3 daq. (7%)	7 daq. (16%)	+4 daq.	Birgalikda
Summativ baholash	2 daq. (4%)	2 daq. (4%)	0 daq.	Doimiy monitoring

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, SI integratsiyasi sharoitida pedagog tanqidiy tafakkur va metakognitiv refleksiya uchun qo'shimcha 17 daqiqa bo'shatib oladi — bu dars vaqtining deyarli 38 foizini tashkil etadi. Ushbu "ozod bo'lgan pedagogik vaqt" (liberated pedagogical time) kontseptsiyasi transformatsiyaning eng muhim miqdoriy ifodasi hisoblanadi [12].

5. O'QUVCHI SHAXSIY KOMPETENSIYALARI: O'SISH MEXANIZMLARI

5.1. Kompetensiyaviy yondashuv va SI integratsiyasi

Kompetensiyaviy yondashuv (competency-based approach) zamonaviy ta'lim nazariyasining metodologik asosini tashkil etadi [13]. SI-integratsiyalashgan sinflarda o'quvchi shaxsiy kompetensiyalari rivojlanishining o'ziga xos mexanizmlari mavjud bo'lib, ular an'anaviy didaktik vositalar yordamida erishish qiyin bo'lgan kognitiv va metakognitiv sohalarni qamrab oladi.

5.2. Kritik Tafakkur va SI savodxonligining shakllanish mexanizmi

Bloom taksonomiyasining qayta ko'rib chiqilgan versiyasida (Anderson & Krathwohl, 2001) tahlil qilish, baholash va yaratish eng yuqori kognitiv darajalarni tashkil etadi [15]. SI integratsiyalashgan sinflarda o'quvchi ushbu yuqori darajalarga erishishining o'ziga xos mexanizmi — kognitiv disonans vaziyati (cognitive dissonance situation) — shakllanadi. O'quvchi SI tizimidan javob olgach, uni to'g'riligini tekshirish, cheklovlarini aniqlash va muqobil yechimlarni qidirish zaruriyatiga duch keladi. Bu holat epistemik qiziquvchanlik (epistemic curiosity) ni faollashtiradi [14].

4-rasm: O'quvchi shaxsiy kompetensiyalari rivojlanishining spiral modeli (SI-integratsiya kontekstida).

5.3. Metakognitiv ko'nikmalar: algoritmik aks-sado mexanizmi

Flavell (1979) ning metakognitsiya nazariyasiga ko'ra [15], o'rganuvchining o'z kognitiv jarayonlarini anglash va boshqarish qobiliyati — metakognitsiya — akademik muvaffaqiyatning eng kuchli prediktorlaridan biri hisoblanadi. SI tizimlari mazkur qobiliyatni rivojlantirishning yangi — algoritmik aks-sado mexanizmi (algorithmic reflection mechanism) — vositasini taqdim etmoqda. SI tizimi o'quvchining o'quv tarixini (learning history) real-vaqtda tahlil qilib, uning kuchli va zSIf tomonlari, tez-tez takrorlanadigan xatolari va optimal o'rganish vaqti haqida ma'lumot beradi [12].

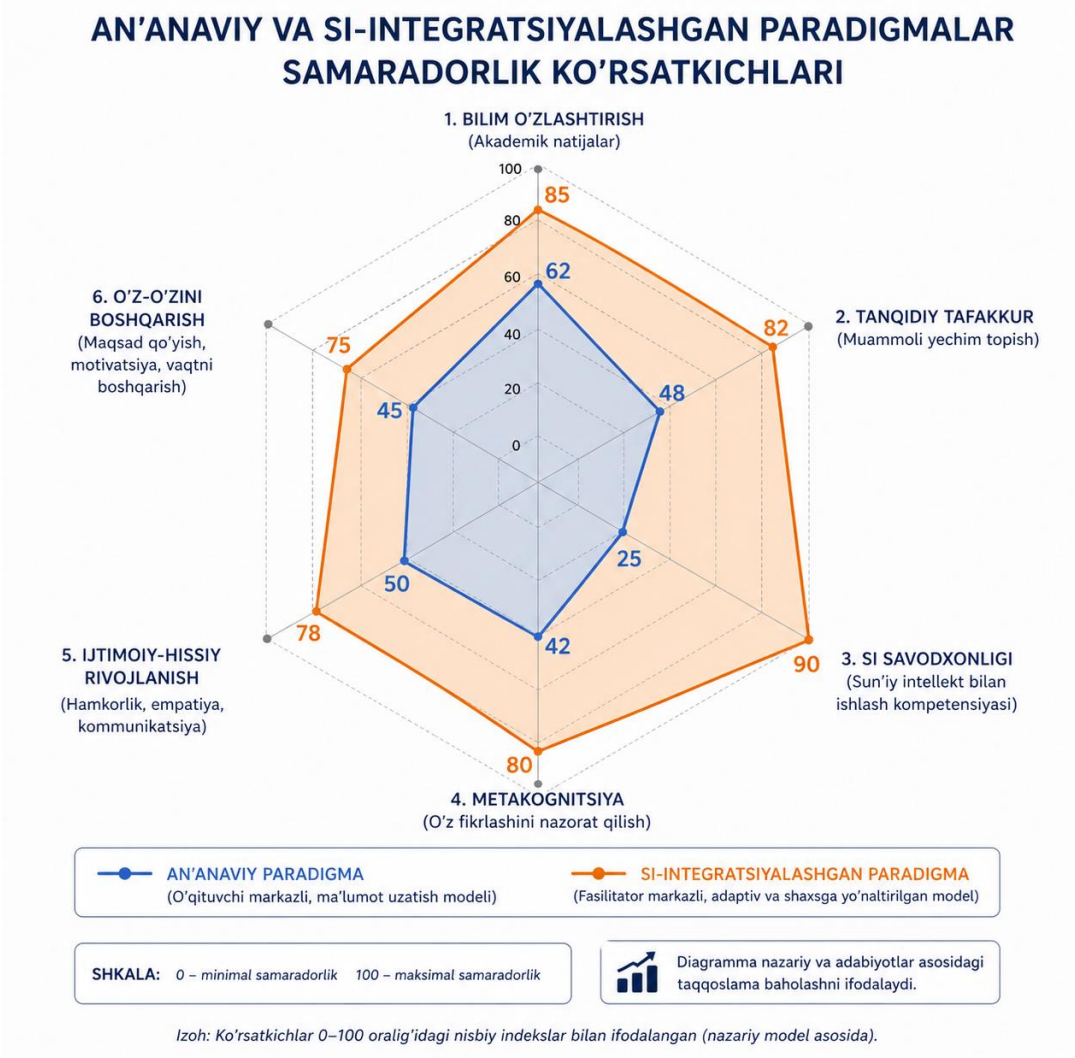
6. QIYOSIY TAHLIL: AN'ANAVIY VA SI-INTEGRATSIYALASHGAN PARADIGMALAR

6.1. Epistemologik tafovutlarning nazariy tahlili

An'anaviy va SI-integratsiyalashgan ta'lim paradigmalarining qiyosiy tahlili faqat metodologik farqlarni emas, balki ularning ontologik va epistemologik asoslaridagi tub tafovutlarni ham ochib beradi. Ushbu tadqiqot mazkur farqlarni to'rtta asosiy analitik o'lcham bo'yicha tizimlashtiradi: bilim nazariyasi, pedagogik munosabat, baholash falsafasi va maqsad ierarxiyasi [6].

6.2. Samaradorlik ko'rsatkichlarining nazariy modellashuvi

Quyida taqdim etiladigan nazariy samaradorlik modeli bevosita empirik o'lchov natijalarini emas, balki global meta-tahlillar va nazariy bashorat modellarini aks ettiradi. Hattie (2009) ning 800 dan ortiq meta-tahlilni qamrab olgan "Visible Learning" tadqiqoti shuni ko'rsatdiki, formativ baholash va individual qayta aloqa ta'lim samaradorligiga eng kuchli ijobiy ta'sir ko'rsatuvchi omillar hisoblanadi [16].



5-rasm: An'anaviy va SI-integratsiyalashgan paradigmalarning ko'p o'lchamli samaradorlik profili (nazariy model).

6.3. Risklar va etik muammolar: tanqidiy perspektiva

Ilmiy muvozanat prinsipiga ko'ra, tadqiqot SI integratsiyasining potensial risklari va etik muammolarini ham ko'rib chiqishi zarur. Biz ushbu masalani to'rt asosiy risk kategoriyasi bo'yicha tahlil qilamiz:

6.4. O'zbekiston kontekstidagi spetsifik muammolar

O'zbekiston ta'lim tizimida SI integratsiyasining o'ziga xos cheklovchi omillari mavjud. "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasi texnologik ambitsiyalarni belgilagan bo'lsa-da [3], bir qancha tizimli muammolar transformatsiya jarayonini sekinlashtirmoqda. Birinchidan, pedagogik kadrlarning SI savodxonligi hali yetarli darajada shakllanmagan. Ikkinchidan, infratuzilma tengsizligi — shahar va qishloq maktablari o'rtasidagi raqamli bo'shliq — SI integratsiyasining

universal amalga oshirilishiga to'sqinlik qiladi. Uchinchidan, me'yoriy-huquqiy baza SI-asosli ta'lim jarayonini tartibga solish uchun yetarli darajada rivojlanmagan [3].

7. XULOSA

7.1. Tadqiqotning asosiy ilmiy natijalari

Ushbu tadqiqot SI integratsiyalashgan sinflarda pedagog rolining transformatsiyasi va o'quvchi shaxsiy kompetensiyalariga ta'sirini nazariy-metodologik jihatdan kompleks tahlil qilib, quyidagi ilmiy xulosalarga keldi:

1. Pedagog rolining transformatsiyasi tasodifiy yoki texnologik determinizm mahsuli emas, balki epistemologik zaruriyatdan kelib chiqadigan strukturaviy jarayondir. SI tizimlari bilim uzatish va differensiatsiya funksiyalarini qisman avtomatlashtirgani sababli pedagog yuqori tartibli kognitiv va metakognitiv jarayonlar ni yo'naltiruvchi fasilitatorg transformatsiyalanadi.
2. SI integratsiyasi o'quvchi shaxsiy kompetensiyalari rivojlanishida "ozod bo'lgan pedagogik vaqt" mexanizmi orqali sifat sakrashini ta'minlaydi. Dars vaqtining 38 foizgacha bo'lgan qismi tanqidiy tafakkur, metakognitiv refleksiya va ijodiy muloqotga yo'naltirilishi imkoniyati — an'anaviy didaktikada erishish qiyin bo'lgan pedagogik salohiyatni yuzaga chiqaradi.
3. SI savodxonligi mustaqil kompetensiya klasteri sifatida zamonaviy ta'limning ajralmas tarkibiy qismiga aylangan. O'quvchi algoritmning cheklovlarini, xolislik muammolarini va etik o'lchamlarini anglash qobiliyatisiz raqamli jamiyatda to'laqonli fuqaro bo'la olmaydi.
4. Ijtimoiy-hissiy kompetensiyalar sohasida pedagog almashtirilmas insoniy agent bo'lib qolmoqda. SI tizimlari empatiyan, mavhum tushunchalarni insoniy tajriba bilan bog'lash va emotsional qo'llab-quvvatlash funksiyalarini bajara olmaydi.
5. O'zbekiston kontekstida SI integratsiyasi muvaffaqiyati uchun texnologik ta'minotdan ko'ra pedagogik kadrlarning funksional qayta tayyorlanishi ustuvor shart hisoblanadi.

7.2. Tadqiqotning fan va ta'lim uchun ahamiyati

Nazariy ahamiyati: Tadqiqot pedagogika faniga Algoritmik-Pedagogik Dars Modeli (APDM) va triadik evolyusion model kabi yangi konseptual konstruktsiyalarni kiritadi. Mazkur modellar keyingi empirik tadqiqotlar uchun nazariy asos bo'lib xizmat qilishi mumkin.

Amaliy ahamiyati: Tadqiqot natijalari O'zbekiston ta'lim tizimida: (1) pedagog malaka oshirish dasturlarini yangilash; (2) SI-integratsiyalashgan ta'lim standarlarini ishlab chiqish; (3) raqamli ta'lim siyosatini asoslash uchun amaliy ko'rsatmalar beradi.

Kelgusi tadqiqotlar uchun perspektivalar: Ushbu nazariy tadqiqotning mantiqiy davomi — O'zbekiston maktablari bazasida empirik eksperimental tadqiqot o'tkazish, APDM modelining samaradorligini miqdoriy ko'rsatkichlar orqali tekshirish va mahalliy ijtimoiy-madaniy omillarni hisobga olgan adaptiv model ishlab chiqishdir.

Adabiyotlar

[1]. Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education. Pearson Education. https://www.researchgate.net/publication/299561597_Intelligence_Unleashed_An_argument_for_AI_in_Education

[2]. UNESCO. (2023). Guidance for Generative AI in Education and Research. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. https://discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10176438/1/Miao%20and%20Holmes%20-%202023%20-%20Guidance%20for%20Generative%20AI%20in%20Education%20and%20Resear.pdf

[3]. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Farmoni. (2020). "Raqamli O'zbekiston — 2030" strategiyasini tasdiqlash to'g'risida. O'zbekiston Respublikasi Qonun hujjatlari ma'lumotlari milliy bazasi. https://lex.uz/docs/5031048

[4]. Kuhn, T. S. (1962). The Structure of Scientific Revolutions. University of Chicago Press.

[5]. Siemens, G. (2005). Connectivism: A learning theory for the digital age. International Journal of Instructional Technology and Distance Learning, 2(1), 3-10.

[6]. Baker, R. S., & Inventado, P. S. (2014). Educational data mining and learning analytics. In J. A. Larusson & B. White (Eds.), Learning and Knowledge Analytics in Open Education (pp. 61-75). Springer. https://www.researchgate.net/publication/278660799_Educational_Data_Mining_and_Learning_Analytics

[7]. Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning. Center for Curriculum Redesign.
[8]. Selwyn, N. (2019). Should Robots Replace Teachers? AI and the Future of Education. Polity Press.
[9]. Chan, C. K. Y. (2023). A comprehensive AI policy education framework for university teaching and learning. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 20(1), 38. https://link.springer.com/journal/41239
[10]. Kim, J., & Kim, H. (2022). Exploring the role of AI as a metacognitive guide in digital learning environments. Computers & Education: Artificial Intelligence, 3, 100077. https://www.researchgate.net/publication/371696335_Exploring_the_Role_of_Artificial_Intelligence_AI_in_Computer_Education_Opportunities_Challenges_and_Implications_for_Students_and_Educators
[11]. Fullan, M., & Langworthy, M. (2014). A Rich Seam: How New Pedagogies Find Deep Learning. Pearson.
[12]. Zawacki-Richter, O., Marin, V. I., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. International Journal of Educational Technology in Higher Education, 16(1), 39. https://www.researchgate.net/publication/336846972_Systematic_review_of_research_on_artificial_intelligence_applications_in_higher_education_-_where_are_the_educators
[13]. OECD. (2023). OECD Digital Education Outlook 2023: Towards an Effective Digital Education Ecosystem. OECD Publishing. https://www.oecd.org/content/dam/oecd/en/publications/reports/2023/12/oecd-digital-education-outlook-2023_c827b81a/c74f03de-en.pdf
[14]. Luckin, R. (2017). Towards artificial intelligence-based assessment systems. Nature Human Behaviour, 1(3), 0028. https://www.researchgate.net/publication/314088884_Towards_artificial_intelligence-based_assessment_systems
[15]. Anderson, L. W., & Krathwohl, D. R. (Eds.). (2001). A Taxonomy for Learning, Teaching, and Assessing: A Revision of Bloom's Taxonomy of Educational Objectives. Longman.
[16]. Hattie, J. (2009). Visible Learning: A Synthesis of Over 800 Meta-Analyses Relating to Achievement. Routledge. https://inspirasifoundation.org/wp-content/uploads/2020/05/John-Hattie-Visible-Learning_-A-synthesis-of-over-800-meta-analyses-relating-to-achievement-2008.pdf

COMPOUND WORDS AS AN IMPORTANT SOURCE OF ENRICHMENT OF THE SOFTWARE LEXICON IN UZBEK AND ENGLISH

D.A. Rakhimjonova

Fergana State Technical University,
+998911085838, raximjonovadilshoda733@gmail.com
(Received on April 16 th, 2026)

Abstract. *The rapid development of information technologies and digital communication has significantly influenced the vocabulary systems of modern languages. One of the most productive ways of enriching software terminology in both Uzbek and English is compounding. Compound words play a crucial role in naming newly emerging concepts, technologies, applications, and digital processes. This article investigates the structural, semantic, and functional features of compound words in the software lexicon of Uzbek and English. The study analyzes the productivity of compounding models, the linguistic adaptation of software terms, and the influence of English on Uzbek technological vocabulary. The research also examines similarities and differences in compound word formation between the two languages and highlights the importance of compounding in the development of technical terminology. The findings demonstrate that compound words contribute significantly to lexical expansion, terminological precision, and international communication in the field of software and information technology.*

Keywords: *compound words, software lexicon, terminology, lexical enrichment, Uzbek language, English language, word formation, compounding, information technology, linguistic borrowing.*

Аннотация. *Стремительное развитие информационных технологий и цифровой коммуникации оказывает значительное влияние на словарный состав современных языков. Одним из наиболее продуктивных способов обогащения терминологии программного обеспечения в узбекском и английском языках является словосложение. Сложные слова играют важную роль в обозначении новых понятий, технологий, приложений и цифровых процессов. В данной статье исследуются структурные, семантические и функциональные особенности сложных слов в лексике программного обеспечения узбекского и английского языков. В исследовании анализируется продуктивность*

моделей словосложения, лингвистическая адаптация программных терминов, а также влияние английского языка на узбекскую технологическую лексику. Кроме того, рассматриваются сходства и различия в образовании сложных слов в двух языках и подчеркивается значение словосложения в развитии технической терминологии. Результаты исследования показывают, что сложные слова вносят значительный вклад в расширение словарного состава, терминологическую точность и международную коммуникацию в сфере программного обеспечения и информационных технологий.

Ключевые слова: *сложные слова, лексика программного обеспечения, терминология, лексическое обогащение, узбекский язык, английский язык, словообразование, словосложение, информационные технологии, лингвистические заимствования.*

Annotatsiya. *Axborot texnologiyalari va raqamli kommunikatsiyaning jadal rivojlanishi zamonaviy tillarning lug‘at tizimiga sezilarli ta’sir ko‘rsatmoqda. O‘zbek va ingliz tillarida dasturiy ta’minot terminologiyasini boyitishning eng samarali usullaridan biri qo‘shma so‘zlar hisoblanadi. Qo‘shma so‘zlar yangi paydo bo‘layotgan tushunchalar, texnologiyalar, ilovalar va raqamli jarayonlarni nomlashda muhim o‘rin tutadi. Mazkur maqolada o‘zbek va ingliz tillaridagi dasturiy ta’minot leksikasida qo‘llaniladigan qo‘shma so‘zlarning strukturaviy, semantik va funksional xususiyatlari tadqiq qilinadi. Tadqiqotda qo‘shma so‘z yasash modellarining mahsuldorligi, dasturiy terminlarning lingvistik moslashuvi hamda ingliz tilining o‘zbek texnologik lug‘atiga ta’siri tahlil qilinadi. Shuningdek, maqolada ikki tildagi qo‘shma so‘z yasalishining o‘xshash va farqli jihatlari ko‘rib chiqilib, texnik terminologiya rivojida qo‘shma so‘zlarning ahamiyati yoritiladi. Tadqiqot natijalari qo‘shma so‘zlar dasturiy ta’minot va axborot texnologiyalari sohasida lug‘at boyligini kengaytirish, terminologik aniqlik hamda xalqaro kommunikatsiyani ta’minlashda muhim rol o‘ynashini ko‘rsatadi.*

Kalit so‘zlar: *qo‘shma so‘zlar, dasturiy ta’minot leksikasi, terminologiya, leksik boyish, o‘zbek tili, ingliz tili, so‘z yasalishi, kompozitsiya, axborot texnologiyalari, lingvistik o‘zlashmalar.*

Introduction. The modern era of globalization and digital transformation has led to profound changes in language systems across the world. Technological progress, especially in the fields of software engineering, information technology, and digital communication, continuously introduces new concepts and phenomena that require linguistic representation. As a result, languages actively expand their lexical resources to meet communicative and professional demands.

One of the most productive mechanisms for lexical enrichment is compounding. Compound words are lexical units formed by combining two or more stems into a single semantic structure. In technical and scientific discourse, compounding is particularly important because it allows speakers and specialists to create concise, semantically transparent, and terminologically accurate expressions. In the sphere of software and information technology, compounds are widely used to name digital tools, applications, systems, and technological processes.

English has become the dominant international language of science and technology. Consequently, most software-related terms originate in English and later spread into other languages through borrowing, translation, or adaptation. Uzbek, as a developing language in the sphere of information technologies, actively incorporates English software terminology into its lexical system. This interaction has accelerated the emergence of numerous compound terms in Uzbek technological discourse.

Examples such as *database*, *firewall*, *cloud computing*, *cybersecurity*, and *machine learning* illustrate the productivity of compounding in English software terminology. Similarly, Uzbek expressions such as *ma’lumotlar bazasi*, *sun’iy intellekt*, *veb-sayt*, and *mobil ilova* demonstrate the adaptation of compound structures within Uzbek linguistic norms.

The study of software compounds is important not only for theoretical linguistics but also for translation studies, terminology management, lexicography, language teaching, and computational linguistics. Comparative analysis of English and Uzbek software compounds helps reveal universal tendencies of technological vocabulary development and language-specific mechanisms of lexical formation.

The main purpose of this research is to investigate compound words as a significant source of enrichment of the software lexicon in Uzbek and English. The study focuses on structural patterns, semantic relationships, productivity, and linguistic adaptation of software compounds in both languages.

The objectives of the study are:

- to analyze the theoretical foundations of compound word formation;
- to identify structural models of software compounds in English and Uzbek;
- to compare semantic and functional features of compound terms;
- to examine the influence of English software terminology on Uzbek;
- to evaluate the role of compounds in lexical enrichment and technological communication.

Literature Review. Word formation and compounding have been extensively studied in linguistic research. Scholars such as Leonard Bauer, Rochelle Lieber, Ingo Plag, and David Crystal have contributed significantly to the understanding of morphological processes and lexical innovation in English.

Bauer (1983) defines compounding as one of the most productive methods of lexical expansion in modern English. According to him, compounds allow speakers to create new meanings through combinations of already existing lexical elements. Plag (2003) emphasizes that compounding is especially common in scientific and technical vocabulary because it provides semantic economy and precision.

Lieber (2015) discusses the semantic transparency of compounds and notes that technical terminology often relies on compositional meaning, where the meaning of the compound can be inferred from its constituents. Crystal (2006) highlights the influence of digital technologies and the Internet on vocabulary expansion, particularly through the emergence of technological compounds.

Research on software terminology demonstrates that English dominates the global technological lexicon. Many terms formed in English are later borrowed into other languages. According to Crystal (2008), globalization and technological communication have accelerated lexical borrowing processes worldwide.

In Uzbek linguistics, scholars such as Rahmatullayev, Hojiyev, and Mirtojiyev have studied terminology and lexical development in the Uzbek language. Their works emphasize the growing influence of international terminology on Uzbek scientific vocabulary. Uzbek researchers also note that compounding and lexical borrowing play a central role in the modernization of technological vocabulary.

However, despite existing studies on terminology and word formation, comparative research focusing specifically on compound words in the Uzbek and English software lexicon remains relatively limited. Therefore, this study seeks to contribute to the field by examining structural, semantic, and functional aspects of software compounds in both languages.

Methodology. This study employs qualitative and comparative linguistic methods to analyze compound words in the software lexicon of Uzbek and English.

The research materials were collected from:

- English and Uzbek software dictionaries;
- information technology textbooks;
- online software documentation;
- digital platforms and websites;
- academic articles related to software terminology.

More than 150 software-related compound terms were selected for analysis. The compounds were classified according to:

- structural patterns;
- semantic relationships;
- orthographic forms;
- functional usage.

The study uses:

1. **Descriptive analysis** — to explain structural and semantic characteristics of compounds;
2. **Comparative analysis** — to identify similarities and differences between Uzbek and English compounds;
3. **Morphological analysis** — to examine word-formation models;
4. **Semantic analysis** — to investigate meaning relationships within compounds.

The research also examines the influence of English terminology on Uzbek software vocabulary and identifies the most productive compound formation patterns in technological discourse.

Results. The analysis demonstrates that compound words represent one of the most productive sources of lexical enrichment in the software terminology of both Uzbek and English.

Structural Productivity of English Software Compounds

The study identified several highly productive structural models in English software terminology.

Noun + Noun Compounds

This model appeared most frequently in the analyzed data.

Examples include:

- *database*;
- *webpage*;
- *password manager*;
- *cloud storage*;
- *search engine*.

These compounds efficiently compress complex technological concepts into concise lexical forms.

Adjective + Noun Compounds

Examples:

- *artificial intelligence*;
- *digital platform*;
- *virtual machine*;
- *mobile application*.

This model is particularly productive in emerging technological fields such as artificial intelligence and virtual technologies.

Verb-Based Compounds

Examples:

- *login page*;
- *backup system*;
- *download manager*.

Such compounds usually denote technological actions or operational functions.

Compound Formation in Uzbek Software Lexicon

The research shows that Uzbek software terminology is strongly influenced by English lexical models.

The following types of compounds were identified:

Native Uzbek Compounds

Examples:

- *ma’lumotlar bazasi*;
- *sun’iy intellekt*;
- *operatsion tizim*.

Hybrid Compounds

Examples:

- *IT-mutaxassis*;
- *veb-dasturlash*;
- *onlayn ta’lim*.

Hybrid compounds demonstrate the integration of English technological elements into Uzbek lexical structures.

Borrowed Compounds

Examples:

- *smartfon*;
- *internet banking*;

- *veb-sayt*.

The results indicate that English serves as the primary donor language in the development of Uzbek software terminology.

Discussion. The findings of the study confirm that compounding plays a central role in the enrichment of software vocabulary in both Uzbek and English. The productivity of compounds can be explained by several linguistic and communicative factors.

First, compound words provide semantic economy. Instead of lengthy descriptive phrases, compounds condense complex meanings into shorter lexical units. For example, the English compound *cybersecurity* efficiently combines the concepts of cyberspace and security into a single term.

Second, compounds ensure terminological precision. Software terminology requires clarity and standardization because technological communication depends on accurate interpretation of concepts.

Third, the study demonstrates the strong influence of globalization and English technological dominance on Uzbek software vocabulary. Many English compounds enter Uzbek either directly or through partial adaptation. This process contributes to lexical modernization but may also create challenges related to terminology standardization and language purity.

The research also reveals important structural differences between Uzbek and English compounds. English frequently forms closed compounds such as *database* or *firewall*, whereas Uzbek often uses analytical or multi-word expressions such as *ma'lumotlar bazasi*. This difference reflects typological distinctions between the two languages.

Furthermore, hybrid compounds illustrate ongoing linguistic interaction in digital communication. Terms such as *veb-dasturlash* or *IT-mutaxassis* combine international technological terminology with Uzbek morphological structures, creating a mixed lexical system.

The increasing number of software compounds in Uzbek suggests that the language is actively adapting to technological transformation. However, the absence of fully standardized terminology may lead to inconsistencies in translation and usage. Therefore, terminological regulation and lexicographic work remain important tasks for Uzbek linguistics.

Conclusion. Compound words constitute one of the most important sources of enrichment of the software lexicon in Uzbek and English. The rapid growth of information technologies continuously generates new concepts that require effective linguistic representation. Compounding provides languages with a productive mechanism for creating semantically transparent, concise, and functionally efficient technical terms.

The study demonstrates that English software terminology heavily relies on compound formation through noun-based, adjective-based, and verb-based models. Uzbek software vocabulary, in turn, actively incorporates English compounds through borrowing, translation, and hybridization.

Comparative analysis reveals both universal tendencies and language-specific features of software compound formation. While English favors condensed orthographic compounds, Uzbek often employs analytical structures and hybrid lexical combinations.

The research confirms that compound words contribute significantly to:

- lexical enrichment;
- technological communication;
- scientific discourse;
- digital education;
- international terminology development.

In conclusion, compounding remains an essential linguistic process in the modernization of software vocabulary. Future research may focus on corpus-based analysis of technological compounds, machine translation of software terminology, and standardization of Uzbek digital lexicon in the context of global technological integration.

References

[1]. Bauer, L. *English Word-Formation*. Cambridge University Press, 1983.

[2]. Crystal, D. *Language and the Internet*. Cambridge University Press, 2006.
[3]. Crystal, D. *A Dictionary of Linguistics and Phonetics*. Blackwell Publishing, 2008.
[4]. Lieber, R. *Introducing Morphology*. Cambridge University Press, 2015.
[5]. Plag, I. *Word-Formation in English*. Cambridge University Press, 2003.
[6]. Yule, G. *The Study of Language*. Cambridge University Press, 2020.
[7]. Rahmatullayev, Sh. *Hozirgi o‘zbek adabiy tili*. Toshkent, 2006.
[8]. Hojiyev, A. *O‘zbek tili leksikologiyasi*. Toshkent, 2010.
[9]. Mirtojiyev, M. *Til va terminologiya masalalari*. Toshkent, 2015.
[10]. Richards, J., Rodgers, T. *Approaches and Methods in Language Teaching*. Cambridge University Press, 2014.

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 16.04.2026 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.

УДК 658.562; 006.015.5

СИФАТ БОШҚАРУВ ТИЗИМИНИ ТАШКИЛ ЭТИШНИНГ МЕТОДОЛОГИК АСОСЛАРИ ВА ТАЛАБЛАРИ

А.Р. Боймирзаев

Фарғона давлат техника университети
**Масъул муаллиф, E-mail: a.boymirzaev@ferpi.uz*
(Қабул қилинди 16.04.2026 й.)

Аннотация. *Ушбу мақолада автомобилсозлик саноатида ишлаб чиқаришнинг ISO/TS 16949:2009 стандарти талабларидан сифат тизимини ташкил этиш орқали самарадорликни ошириш асосида амалий ютуқлар таҳлили келтирилган. SPC (жараёнларни статистик бошқариш) ва MSA (ўлчов тизими таҳлили) дастаклари, стандартни жорий этишнинг методологик жиҳатлари кўриб чиқилган. Мақолада ISO/TS 16949:2009 стандартининг тузилиши ва асосий талаблари батафсил таҳлил қилинган, жумладан IATF томонидан ишлаб чиқилган бешта асосий қўлланма — APQP, PPAP, FMEA, MSA ва SPC нинг вазифалари ва ўзаро боғлиқлиги ёритилган. Стандартни жорий этиш учун ихтисослашган ишчи гуруҳ тузиш, назарий ва амалий ўқитишларни ташкил этиш, пилот лойиҳаларда дастлабки тадқиқотларни ўтказиш тартиби кўрсатилган. MSA таҳлилининг Gage R&R, линейлик, барқарорлик ва аниқлик кўрсаткичлари асосида ўлчов тизимлари салоҳиятини баҳолаш методологияси тавсифланган. SPC дастагининг назорат ҳариталари ($\bar{X}$-R, $\bar{X}$-S, I-MR, p-ҳаритаси, c-ҳаритаси) ёрдамида жараёнларни мониторинг қилиш ва Cp, Cpk индекслари асосида жараён салоҳиятини баҳолаш усуллари батафсил кўрсатилган. Автомобилсозлик саноатида Cpk ≥ 1,67 талаби ва унинг амалий аҳамияти таҳлил қилинган. Стандартни тадбиқ этишнинг тўртта асосий босқичи — тайёргарлик, ишлаб чиқиш, тадбиқ ва сертификация — ҳар бир босқичнинг мазмуни ва муддатлари билан тавсифланган. PDCA (Plan-Do-Check-Act) циклининг стандартни доимий яхшилаш механизми сифатидаги роли ёритилган. Ўзбекистонда ISO/TS 16949:2009 стандартини тадбиқ этиш тажрибаси, жумладан UzAuto Motors мисолида олинган натижалар — SPC дастакларини қўллаш орқали брак даражасининг 35—40%га камайиши ва MSA таҳлилини систематик ўтказиш натижалари таҳлил қилинган. Стандартни жорий этишдаги асосий тўсиқлар ва уларни бартараф этиш йўллари кўриб чиқилган.*
Калит сўзлар: *стандарт, ISO/TS 16949:2009, автомобилсозлик, жараёнларни статистик бошқариш, ўлчов тизими таҳлили, назорат ҳариталари, сифат менежменти, самарадорлик, сертификация, PDCA цикли, Gage R&R.*

Аннотация. *В данной статье представлен анализ практических достижений в области повышения эффективности автомобильной промышленности на основе организации системы качества в соответствии с требованиями стандарта ISO/TS 16949:2009. Рассмотрены инструменты SPC (статистическое управление процессами) и MSA (анализ измерительных систем), методологические аспекты внедрения стандарта. Детально проанализированы структура стандарта и пять основных руководств IATF — APQP, PPAP, FMEA, MSA и SPC. Описана методология оценки пригодности измерительных систем на основе показателей Gage R&R.*

Представлены методы мониторинга процессов с помощью контрольных карт и оценки возможностей процессов по индексам Ср и Cpk. Четыре этапа внедрения стандарта и опыт применения в Узбекистане, включая результаты UzAuto Motors, также представлены.
Ключевые слова: *стандарт, ISO/TS 16949:2009, автомобилестроение, статистическое управление процессами, анализ измерительных систем, контрольные карты, менеджмент качества, эффективность, сертификация.*

Abstract. *This article presents an analysis of practical achievements in improving the efficiency of the automotive industry based on the organization of a quality system in accordance with the requirements of the ISO/TS 16949:2009 standard. The SPC (Statistical Process Control) and MSA (Measurement Systems Analysis) tools, methodological aspects of standard implementation are considered. The structure of the standard and the five core IATF reference manuals — APQP, PPAP, FMEA, MSA, and SPC — are analyzed in detail. The methodology for evaluating measurement system capability based on Gage R&R indicators is described. Methods for process monitoring using control charts ($\bar{X}$-R, $\bar{X}$-S, I-MR, p-chart, c-chart) and process capability assessment using Cp and Cpk indices are presented. The PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycle as a mechanism for continuous improvement within the standard framework is discussed. The four main implementation phases — preparation, development, deployment, and certification — are described with their content and timelines. The experience of implementing ISO/TS 16949:2009 in Uzbekistan, including results from UzAuto Motors demonstrating a 35-40% defect rate reduction through SPC application, is analyzed. Key implementation barriers and solutions are discussed.*
Keywords: *standard, ISO/TS 16949:2009, automotive industry, Statistical Process Control, Measurement Systems Analysis, control charts, quality management, efficiency, certification, PDCA cycle, Gage R&R.*

1. Кириш

Глобал рақобат шароитида автомобилсозлик саноати ишлаб чиқаришнинг самарадорлигини ошириш ва маҳсулот сифатини таъминлаш масалаларига алоҳида эътибор қаратмоқда. Мустақилликнинг дастлабки йилларидан бошлаб Ўзбекистонда автомобилсозлик соҳаси жадал ривожланиб, халқаро бозорларга интеграция масаласи долзарб бўлиб қолди. ISO/TS 16949:2009 стандарти автомобилсозлик саноати учун ишлаб чиқилган махсус халқаро стандарт бўлиб, у ISO 9001 стандарти талабларини соҳага хос қўшимча талаблар билан тўлдиради.

ISO/TS 16949:2009 стандарти талаблари асосида сифат тизимини ташкил этиш ўз-ўзидан бир қатор сифат менежменти дастакларини жорий этишни талаб этади. Ушбу стандарт тизим яратувчи умумий талаблар ўрнатадиган стандартдир. Стандарт асосида яратиладиган сифат тизими иккита асосий дастак — SPC (Statistical Process Control — Жараёнларни статистик бошқариш) ва MSA (Measurement System Analysis — ўлчов тизими таҳлили) асосида бўлади.

Ушбу мақоланинг мақсади — ISO/TS 16949:2009 стандартини жорий этишнинг методологик асосларини таҳлил қилиш, SPC ва MSA дастакларини қўллаш тартибини ёритиш, PDCA циклининг стандартни доимий яхшилаш механизми сифатидаги ролини кўрсатиш ва ўтказилган тадқиқотлар натижасида олинган амалий тавсияларни баён этишдан иборат.

2. ISO/TS 16949:2009 стандартининг тузилиши ва асосий талаблари

ISO/TS 16949:2009 — бу ISO 9001:2008 стандарти асосига қурилган ва автомобилсозлик соҳасига хос қўшимча талабларни ўз ичига олган халқаро техник спецификация. Стандарт автомобил ва унинг бутловчи қисмларини лойиҳалаш, ишлаб чиқариш, ўрнатиш ва хизмат кўрсатувчи ташкилотлар учун мўлжалланган. Стандарт IATF (International Automotive Task Force) томонидан ишлаб чиқилган ва дунёнинг барча йирик автомобил ишлаб чиқарувчилари томонидан тан олинган.

Стандартнинг асосий бўлимлари ISO 9001 талабларига мос равишда тузилган: сифат менежменти тизими, раҳбарият масъулияти, ресурсларни бошқариш, маҳсулотни амалга ошириш, ўлчаш, таҳлил ва яхшилаш. Бундан ташқари, стандарт бешта асосий қўлланмага ҳавола қилади.

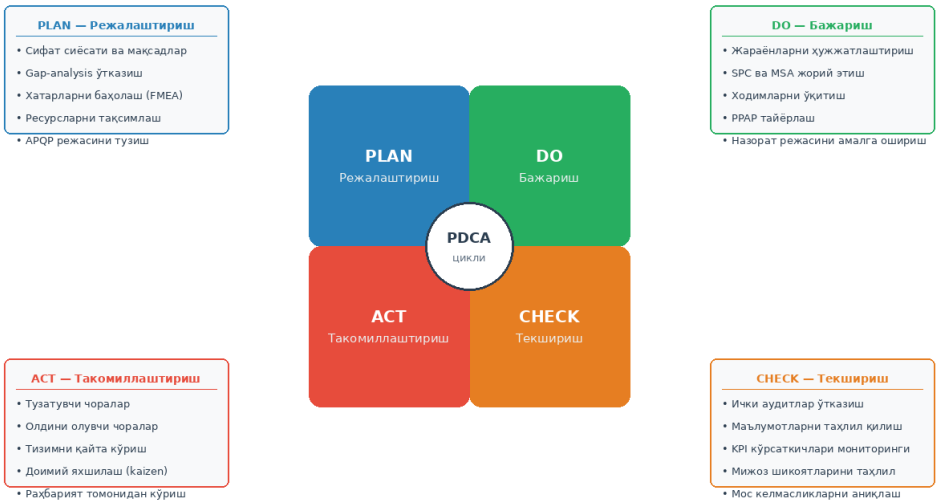
1-жадвал.

ISO/TS 16949:2009 стандартининг асосий дастаклари

Дастак	Тўлиқ номи	Асосий вазифаси
APQP	Advanced Product Quality Planning	Маҳсулотни олдиндан режалаштириш
PPAP	Production Part Approval Process	Ишлаб чиқариш қисмларини тасдиқлаш
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis	Хато турлари ва оқибатлар таҳлили
MSA	Measurement System Analysis	Ўлчов тизимини таҳлил қилиш
SPC	Statistical Process Control	Жараёнларни статистик бошқариш

Стандартнинг PDCA (Plan-Do-Check-Act) цикли асосида доимий яхшилаш тамойилига таяниши унинг муҳим хусусиятларидан биридир. 1-расмда стандарт доирасида PDCA циклининг амалий қўлланилиши тасвирланган.

1-расм. ISO/TS 16949:2009 стандарти асосида PDCA цикли



1-расм. ISO/TS 16949:2009 стандарти асосида PDCA цикли.

3. Гуруҳ тузиш, ўқитиш ва жорий этишнинг ташкилий жиҳатлари

Корхонада ISO/TS 16949:2009 стандартини жорий этиш жараёнини ташкил қилиш учун дастлаб ихтисослашган ишчи гуруҳ тузиш зарур. Гуруҳ таркиби корхонада ишловчилар сонидан келиб чиқилган ҳолда 5—15 кишини ташкил этиши керак. Гуруҳга технологик, метрологик таъминот ва сифат хизмати вакиллари, шунингдек, бош конструктор ёки технология бўйича мутахассис киритилиши керак.

Гуруҳни тузишдан сўнг назарий ва амалий ўқитишларни бошлаш мумкин. Ўқитувчини танлашга катта эътибор қаратиш зарур: у ISO/TS 16949:2009 стандартини амалда жорий этган ва тегишли сертификатга эга бўлган мутахассис бўлиши лозим. Ўқитиш дастури статистик усулларни назарий асосларини, SPC ва MSA дастакларини қўллашни, аудит ўтказиш методологиясини ва документлаштиришни ўз ичига олиши керак.

Ўқитишдан кейин гуруҳнинг асосий вазифаси пилот мисолларида жараёнларни ва ўлчов тизимларини биринчи тадқиқотларини ўтказиш ҳамда бу соҳада мазкур ташкилотда тармоқ тамойили бўйича билимларни тарқатишдан иборат. Раҳбарият гуруҳ фаолиятини режалаштириш, назорат қилиш ва қўллаб-қувватлаш вазифаларини ўз зиммасига олиши лозим.

2-жадвал. Ўқитиш дастурининг таркибий қисмлари

Ўқитиш модули	Мазмуни	Муддати
Стандарт талаблари	ISO/TS 16949 бўлимлари, IATF талаблари	2—3 кун
SPC асослари	Назорат ҳариталари, Cp/Cpk, барқарорлик	3—4 кун
MSA усуллари	Gage R&R, линейлик, аниқлик, барқарорлик	2—3 кун
FMEA методологияси	DFMEA, PFMEA, RPN ҳисоблаш	2 кун
Ички аудит	ISO 19011 асосида аудит ўтказиш	3 кун

4. Ўлчов тизимларини таҳлил қилиш (MSA)

ISO/TS 16949:2009 стандартида (7.6.1 банди) ўлчов тизимларини тадқиқ этиш шундай белгилаб қўйилган: «Ўлчов тизими ва синов жиҳозларининг ҳар бир тури натижаларида рўй берадиган тарқоқликни таҳлил қилиш учун статистик тадқиқотлар амалга оширилиши керак». Бу талаб бошқарув режасида кўрсатилган ўлчов тизимларига қўлланилиши керак.

MSA таҳлилининг асосий мақсади ўлчов тизимидаги хатонинг умумий жараён тарқоқлигидаги улушини аниқлашдан иборат. Асосий MSA кўрсаткичлари: Gage R&R (такрорланувчанлик ва репродуктивлик), линейлик, барқарорлик ва аниқлик. 3-расмда MSA таҳлилининг жараёни ва натижаларни баҳолаш мезонлари тасвирланган.

Gage R&R натижаларини баҳолаш мезонлари

Gage R&R қиймати	Баҳо	Қарор
< 10%	Яхши	Қабул қилинади
10% — 30%	Шартли қабул	Вазиятга қараб қарор
> 30%	Яроқсиз	Тузатиш/алмаштириш зарур

3-расм. MSA (Gage R&R) таҳлил жараёни ва баҳолаш мезонлари.

Gage R&R кўрсаткичи одатда 10% дан паст бўлса — ўлчов тизими яхши, 10—30% оралиғида — қабул қилинадиган (конкрет вазиятдан келиб чиқилади), 30% дан юқори — яроқсиз деб ҳисобланади. Ишлаб чиқариш жараёнида дастлаб ўлчов тизими ишонарли натижаларни бераётганига ишонч ҳосил қилиш керак. Агар таҳлиллар тизим зарурий тавсифномаларга эга эмаслигини кўрсатса, жараённи текшириб ўтиришнинг фойдаси бўлмайди.

MSA тадқиқотлари ўлчов тизимини қўллашдан аввал ўтказиш керак. Такрорланувчанлик (repeatability) — бир оператор томонидан бир хил шароитда олинган натижалар тарқоқлигини, репродуктивлик (reproducibility) эса турли операторлар натижалари ўртасидаги фарқни ифодалайди. Умумий Gage R&R қиймати бу иккала манбадан келиб чиқадиган тарқоқликнинг йиғиндиси сифатида ҳисобланади.

5. Жараёнларни статистик бошқариш (SPC)

SPC — бу жараён тарқоқлигини назорат қилиш ва камайтириш мақсадида статистик усулларни қўллаш тизими. SPC нинг асосий воситаси — назорат ҳаритаси (control chart) бўлиб, у жараён кўрсаткичларини вақт бўйича кузатиш ва жараённинг назоратда эканлигини (in-control) ёки назоратдан чиққанлигини (out-of-control) аниқлаш имконини беради. 2-расмда $\bar{X}$-R назорат ҳаритасининг мисоли келтирилган.

2-расм. X̄-R назорат ҳаритаси мисоли

Назорат ҳариталарининг асосий турлари: X̄-R ҳаритаси (ўртача ва диапазон ҳаритаси) — кичик намуналар учун; X̄-S ҳаритаси (ўртача ва стандарт оғиш ҳаритаси) — катта намуналар учун; I-MR ҳаритаси (индивидуал ўлчовлар ва скользящий диапазон) — бирма-бир ўлчовлар учун; p-ҳаритаси (нуқсонли бирликлар улуши) ва c-ҳаритаси (нуқсонлар сони) — сифат белгилари учун.

Жараён салоҳиятини баҳолаш учун Cp ва Cpk индекслари қўлланилади. Cp — жараённинг техник тавсиф доирасига мослик потенциалини кўрсатади, Cpk эса жараённинг марказлашувини ҳисобга олади. Автомобилсозлик саноатида одатда Cpk ≥ 1,67 талаб этилади, бу 5σ жараёнга мос келади.

3-жадвал. Cpk индекси бўйича жараён салоҳияти баҳоси

Cpk қиймати	Баҳо	σ даражаси	PPM (миллионда)
< 1,00	Яроқсиз	< 3σ	> 2700
1,00 — 1,33	Минимал	3σ — 4σ	63 — 2700
1,33 — 1,67	Яхши	4σ — 5σ	0,6 — 63
≥ 1,67	Аъло	≥ 5σ	< 0,6

SPC ни самарали қўллаш учун жараён барқарорлиги (статистик назоратда бўлиши) зарурий шарт ҳисобланади. Барқарор бўлмаган жараёнда назорат ҳаритаси ёрдамида аниқланган сигнал (назоратдан чиқиш) асосий сабабни (assignable cause) тезкор аниқлаш ва бартараф этишга олиб келади. Назоратдан чиқиш белгилари сифатида Шухарт қоидалари (Western Electric rules) қўлланилади.

6. ISO/TS 16949:2009 стандартини тадбиқ этишнинг ўзига хос хусусиятлари

ISO/TS 16949:2009 стандартини жорий этиш жараёни тўртта асосий босқичдан

4-расм. ISO/TS 16949:2009 стандартини жорий этиш босқичлари.

иборат. 4-расмда жорий этиш босқичлари ва уларнинг мазмуни тасвирланган.

Стандартни тадбиқ этишнинг ўзига хос хусусиятлари қуйидагилардан иборат: истеъмолчиларда махсус усуллар тўғрисида тушунчаларни ва уларни қўллаш бўйича амалий кўникмаларни шакллантириш, бунда сифат инструментлари (7 та сифат дастаги, FMEA, DFMEA, PFMEA) га алоҳида эътибор қаратилади; статистик ва тизимли фикрлашни шакллантириш — ходимларда маълумотларни тўплаш, таҳлил қилиш ва асосли қарорлар қабул қилиш малакасини ривожлантириш; автобутловчи қисмларни етказиб бериш бўйича мамлакатимиз ва қўшма корхоналарининг тажрибалари билан танишиш.

Жорий этиш жараёнида сертификацион ва кузатув аудитларига тайёрланишдаги хатоларни муҳокама қилиш ва таҳлил қилиш, типик хатолар базасини шакллантириш, мутахассислар томонидан курснинг барча бўлимлари бўйича амалий топшириқ ва тестларни мустақил ечилиши, якуний мустақил ишни бажарилиши, жамоавий ишлаш бўйича тренинг ўтказиш катта аҳамиятга эга.

7. Ўзбекистонда ISO/TS 16949:2009 стандартини тадбиқ этиш тажрибаси

Ўзбекистонда ISO/TS 16949:2009 стандарти асосида O’zDSt ISO/TS 16949:2009 миллий стандарти яратилган. Ҳозирда 22 та корхона ушбу стандарт асосида сертификатлаштирилган. Бу корхоналар орасида GM Uzbekistan (ҳозирги UzAuto Motors), унинг бутловчи қисмлар етказиб берувчилари ва бошқа машинасозлик корхоналари мавжуд.

UzAuto Motors мисолида ISO/TS 16949:2009 стандартини жорий этиш натижалари кўрсатдики, SPC дастакларини қўллаш орқали асосий ишлаб чиқариш жараёнларидаги брак даражаси 35—40% га камайган. MSA таҳлилини систематик ўтказиш эса ўлчов хатоларидан келиб чиқадиган мазкур жараёнлардаги тарқоқлик улушини аниқлаш ва метрологик таъминотни яхшилаш имконини берган.

Ўзбекистон корхоналари учун стандартни жорий этишдаги асосий тўсиқлар: малакали мутахассисларнинг камлиги, корпоратив маданиятни ўзгартиришдаги инерция, биринчи босқичдаги молиявий сарфлар. Шунга қарамай, стандартни жорий этган корхоналар экспорт имкониятлари кенгайганлигини ва ички иқтисодий самарадорлик ошганлигини қайд этмоқда. Стандартни жорий этишнинг иқтисодий самарадорлиги одатда 12—18 ой ичида кўзга ташланади.

4-жадвал.

UzAuto Motors да ISO/TS 16949:2009 жорий этиш натижалари

Кўрсаткич	Жорий этишдан аввал	Жорий этишдан кейин
Брак даражаси	Юқори	35—40% га камайган
Gage R&R	Таҳлил ўтказилмаган	Систематик мониторинг
Cpk даражаси	Баҳоланмаган	≥ 1,33 (мақсад ≥ 1,67)
Экспорт имконияти	Чекланган	Кенгайган

8. Хулоса

Ўтказилган таҳлил натижасида қуйидаги хулосаларни айтиш мумкин: ISO/TS 16949:2009 стандарти халқаро тармоқ стандарти бўлиб, автомобиль саноатида маҳсулотни бутловчи қисмларини лойиҳалаш, ишлаб чиқариш, етказиб бериш ва хизмат кўрсатувчи корхоналар сифат менежмент тизимига талабларни ўрнатадиган, тизим яратувчи умумий талаб ўрнатувчи стандартдир.

Стандарт асосида яратилган сифат тизимининг асосий дастаклари — SPC ва MSA — жараёнларни назорат қилиш ва ўлчов тизимлари ишончлилигини таъминлашда самарали восита ҳисобланади. Ушбу дастакларни тизимли қўллаш ишлаб чиқаришдаги нуқсонларни аниқлаш ва олдини олиш, натижада маҳсулот сифатини яхшилаш ва истеъмолчи мамнунлигини оширишга олиб келади.

ISO/TS 16949:2009 стандартини жорий қилиш 4 та босқич ва 48 та чора-тадбирдан иборат. Стандарт талабларини амалий жорий қилиш учун 6—10 нафардан иборат жорий этиш гуруҳини тузиш, кенг қамровли ўқитиш ва ташкилий ўзгаришларни амалга ошириш

талаб этилади. Раҳбарият томонидан тизимни доимий қўллаб-қувватлаш ва ресурслар ажратиш стандартни муваффақиятли тадбиқ этишнинг муҳим шарти ҳисобланади. PDCA циклини изчил қўллаш сифат тизимининг доимий яхшиланишини таъминлайди.

Адабиётлар

[1]. А.Э. Тешабаев, А.А. Мамажонов, Д.А. Бойкишиева. ISO/TS 16949:2009 автомобилсозлик сифат менежменти тизими бўйича структура ва стандартнинг асосий талаблари. Амалий қўлланма. — Андижон, 2015.
[2]. А.Э. Тешабаев. Замонавий корхоналар бошқаруви. Монография. — Тошкент: Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси «Фан» нашриёти, 2006.
[3]. Качалов В.А. Энциклопедия ошибок в менеджменте качества // Стандарты и качество. — 2003. — № 2.
[4]. AIAG. Measurement Systems Analysis (MSA). Reference Manual. 4th Edition. — Automotive Industry Action Group, 2010.
[5]. AIAG. Statistical Process Control (SPC). Reference Manual. 2nd Edition. — Automotive Industry Action Group, 2005.
[6]. ISO/TS 16949:2009. Quality management systems — Particular requirements for the application of ISO 9001:2008 for automotive production and relevant service part organizations. — ISO, Geneva, 2009.
[7]. ISO 9001:2008. Quality management systems — Requirements. — ISO, Geneva, 2008.
[8]. Montgomery D.C. Introduction to Statistical Quality Control. 7th Edition. — John Wiley & Sons, 2012.
[9]. Wheeler D.J. Understanding Statistical Process Control. — SPC Press, 2010.
[10]. IATF 16949:2016. Quality management system requirements for automotive production and relevant service parts organizations. — IATF, 2016.

AVTOMOBILSOZLIK KORXONALARIDA SANOAT KOOPERATSIYASI ASOSIDA QO‘SHILGAN QIYMAT ZANJIRINI RIVOJLANTIRISH

M.X. Xomidov, X.I. Isroilov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
e-mail: m.xomidov@fdtu.uz
e-mail: x.isroilov@fdtu.uz
ORCID: 0009-0003-7677-8820

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Mazkur maqolada avtomobilsozlik korxonalarida sanoat kooperatsiyasi asosida qo‘shilgan qiymat zanjirini rivojlantirishning iqtisodiy ahamiyati tadqiq etilgan. Tadqiqot davomida avtomobilsozlik sanoatida kooperatsion aloqalarni rivojlantirish, mahalliylashtirish darajasini oshirish, ishlab chiqarish samaradorligini ta’minlash hamda eksport salohiyatini kuchaytirish masalalari tahlil qilingan. Shuningdek, qo‘shilgan qiymat zanjirini boshqarishning zamonaviy yondashuvlari va xorijiy tajribalar o‘rganilib, O‘zbekiston avtomobilsozlik tarmog‘ida sanoat kooperatsiyasini takomillashtirish bo‘yicha ilmiy-amaliy tavsiyalar ishlab chiqilgan. Tadqiqot natijalari avtomobilsozlik korxonalarining raqobatbardoshligini oshirish va tarmoqning innovatsion rivojlanishini ta’minlashga xizmat qiladi.*

Kalit so’zlar*. avtomobilsozlik sanoati, sanoat kooperatsiyasi, qo‘shilgan qiymat zanjiri, value chain, mahalliylashtirish, sanoat integratsiyasi, ishlab chiqarish samaradorligi, innovatsion rivojlanish, eksport salohiyati.*

Аннотация*: Промышленная кооперация оказывает значительное влияние на мировую экономическую среду, влияя на эффективность и результативность экономических инициатив. В этой статье были проанализированы различные аспекты промышленной кооперации и их влияние на экономическую эффективность. В исследовании представлены соображения о том, как промышленная кооперация развивает инновационные экосистемы, расширяет технологии и обеспечивает эффективное использование ресурсов, а также о различных формах кооперации.*

Ключевые слова*: промышленная кооперация, кооперация, автомобильный кластер, технопарки, система кайдзен, малый бизнес, экспорт, производственная инфраструктура и венчурный капитал, малые промышленные предприятия, кластер, методология.*

Abstract: *Industrial cooperation has a significant impact on the world economic environment and affects the efficiency and effectiveness of economic initiatives. This article analyzed various aspects of industrial cooperation and their impact on economic efficiency. The study examines how industrial*

cooperation fosters innovation ecosystems, expands technology, and ensures efficient use of resources, as well as various forms of cooperation.

Keywords: *industrial cooperation, cooperation, automobile cluster, technology parks, kaizen system, Small Business, export, production infrastructure, and venture capital, small industrial enterprises, cluster, methodology.*

Kirish. Bugungi globallashuv va raqamli transformatsiya jarayonlari jahon avtomobilsozlik sanoatida ishlab chiqarish jarayonlarini yangi bosqichga olib chiqmoqda. Zamonaviy iqtisodiyotda avtomobilsozlik korxonalarining raqobatbardoshligini oshirish, mahsulot tannarxini kamaytirish, eksport salohiyatini kuchaytirish hamda ishlab chiqarish samaradorligini ta’minlashda sanoat kooperatsiyasi muhim omil sifatida namoyon bo‘lmoqda. Ayniqsa, qo‘shilgan qiymat zanjiri (Value Chain)ni shakllantirish va uni samarali boshqarish avtomobil sanoatining barqaror rivojlanishini ta’minlovchi asosiy iqtisodiy mexanizmlardan biri hisoblanadi.

Dunyo amaliyotida rivojlangan avtomobilsozlik korxonalari ishlab chiqarishning barcha bosqichlarini yagona korxona doirasida emas, balki kooperatsion hamkorlik asosida tashkil etish orqali yuqori iqtisodiy samaradorlikka erishmoqda. Bu jarayonda butlovchi qismlar ishlab chiqaruvchi korxonalar, logistika markazlari, ilmiy-tadqiqot institutlari hamda servis xizmatlari o‘rtasidagi integratsiya muhim ahamiyat kasb etadi. Natijada qo‘shilgan qiymat zanjirining har bir bo‘g‘inida mahsulot qiymatini oshirish, innovatsion texnologiyalarni joriy qilish va mahalliylashtirish darajasini kengaytirish imkoniyati yuzaga keladi.

O‘zbekiston Respublikasida ham avtomobilsozlik sanoatini modernizatsiya qilish, mahalliylashtirish ko‘lamini kengaytirish hamda sanoat kooperatsiyasini rivojlantirish bo‘yicha keng ko‘lamli islohotlar amalga oshirilmoqda. Shu bilan birga, tarmoqda qo‘shilgan qiymat zanjirining yetarlicha shakllanmaganligi, ayrim butlovchi qismlar importiga qaramlikning saqlanib qolayotgani va kooperatsion aloqalarning samaradorligi bilan bog‘liq muammolar mavjud.

Mazkur maqolada avtomobilsozlik korxonalarida sanoat kooperatsiyasining iqtisodiy mohiyati, qo‘shilgan qiymat zanjirini shakllantirish mexanizmlari, xorijiy tajriba hamda O‘zbekiston amaliyotidagi mavjud muammolar tahlil qilinadi. Shuningdek, tarmoqda kooperatsion integratsiyani kuchaytirish va yuqori qo‘shilgan qiymat yaratishga qaratilgan ilmiy-amaliy taklif va tavsiyalar ishlab chiqiladi.

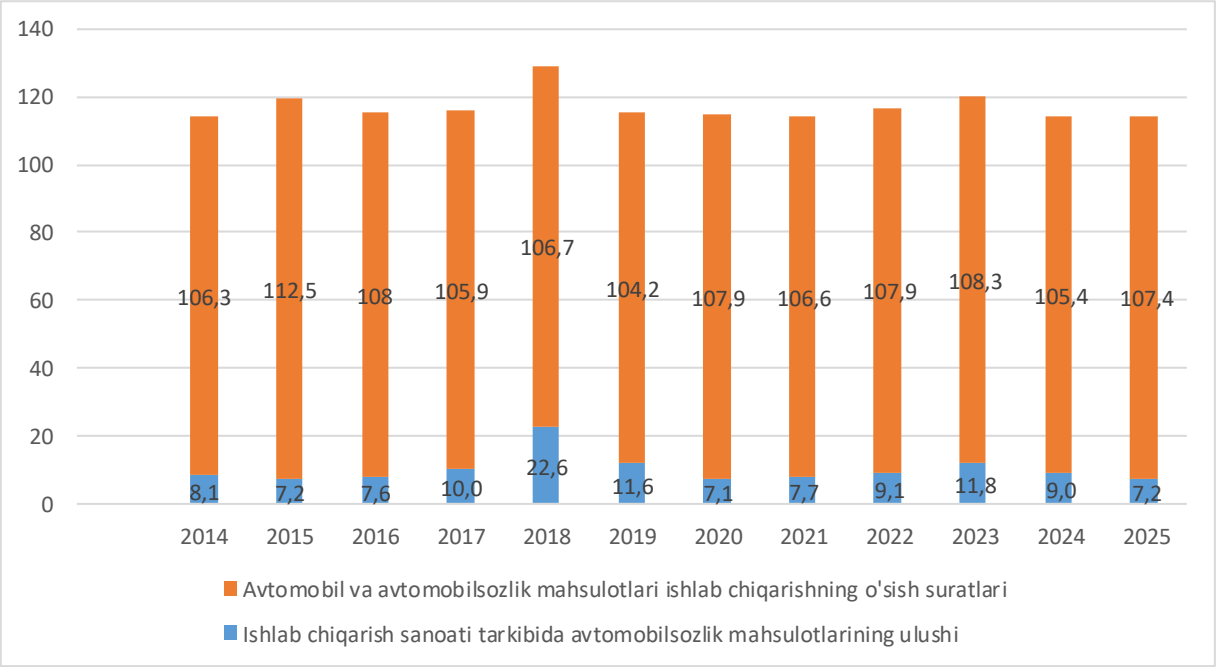
Foydalanilgan adabiyotlar tahlili. Biroq, sanoat kooperatsiyasi uzoq muddatli jarayon ekanligini va beqaror muvozanat, garchi u foydali bo’lsa ham, zamonaviy dunyoda sanoat ishlab chiqarishini tashkil etish uchun etarli emasligini hisobga olsak, J.F.Nesh nazariyasi tomonidan belgilangan muvozanat holati tadqiqot mezonlarini to’liq qondirmaydi. sanoat kooperatsiyasining amaldagi tizimiga nisbatan. Tomas Shelling ijtimoiy fanlarni o’rganish va birlashtirish uchun o’z tadqiqotlari uchun asos sifatida o’yin nazariyasidan foydalangan.

Sanoat mahsulotlarini ishlab chiqaruvchi va qayta ishlovchi korxonalar o’rtasidagi kooperatsiya aloqalarining rivojlanishi mamlakatimiz va boshqa xalqlarning ko’plab olimlari tomonidan keng tadqiq etilgan. Xususan, xorijlik olimlar R.Ouen, U.King, Ye. Norson, F.Raiffeisen, A.Sapiro, C.Fure va boshqalar hamkorlikning fundamental g’oyalari va metodologik jihatlarini tadqiq qildilar[1].

Bundan tashqari, M.N. Tugan-Baranovskiy, N.D.Kondratev, A.V. Chayanov, N.P. Makarov va I.V. MDH davlatlaridan Yemelyanov sanoatda kooperatsiya nazariyasi, uning iqtisodiy va tashkiliy asoslari, ijtimoiy jihatlari va ishlab chiqarish kooperatsiyasining kontseptual asoslarini o’rgandi. Xorijiy tajribalar sanoat kooperatsiyasida texnologik innovatsiyalarni integratsiyalashda muhim rol o’ynaydi. Adabiyotlarda ilg’or ishlab chiqarish texnologiyalari, masalan, avtomatlashtirish, robototexnika va raqamlashtirish, zamonaviy avtomobil ishlab chiqarishning markaziy elementi sifatida qayd etiladi. Masalan, AQShda joylashgan Ford kompaniyasining Rouge Complex zavodi robototexnika va sun’iy intellektga asoslangan jarayonlarni integratsiyalash orqali samaradorlik va mahsulot sifatini sezilarli darajada yaxshilagan muvaffaqiyatli misol sifatida ko’rsatiladi (Smith, 2020). AQShning Ford Kentucky Truck Plant zavodi tomonidan Industry 4.0 texnologiyalarini, jumladan, IoT va katta ma’lumotlar tahlilini qo’llash natijasida ishlab chiqarish hajmi 25% ga oshgani kuzatilgan (Johnson & Lee, 2021)[2].

Tadqiqot metodologiyasi. Avtomobilsozlik sanoati korxonalarining raqobatbardoshligini boshqarishda korxonaning raqobatbardoshligini baholashning turli usullari qo'llaniladi, ular orasida eng ko'p ishlatiladigan usullar quyidagilar: afzalliklar usuli, integral baholash usuli, raqobatbardoshlikni grafik usuli, nuqtaviy baholash usuli, tarkibiy usul, funksional va matritsa usulari.[3]

Tahlil va natijalar. Ushbu tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, 2012-2021 yillar davomida YaIM miqdoriga mutanosib ravishda sanoat mahsulotlari ishlab chiqarishning oshib brogan bolsa avtomobilsozlik mahsulotlarining ulushi turlicha dinamikani qayd etgan. Misol uchun 2017-2020 yillar oralig'ida avtomobilsozlik mahsulotlarini ishlab chiqarish o'sib borgan bolsa pandemiya davriga kelib 2021-yilda pasayish kuzatilgan va so'ngi ikki yilda yana yuqorilash tendensiyasida mustahkam o'rnashgan. Hususan so'ngi 2022-yilda qariyb 50% foizdan yuqori siljish ro'y bergan bolsa, 2023-yilda avvalgi raqamlarga qaraganda yaqin 40% atrofida rivojlanish kuzatilgan.



2.2-rasm. Avtomobilsozlik sanoati ulushi hamda o'sish sur'ati to'g'risida ma'lumot (foizda)[2].

Sanoat ishlab chiqarish tizimida avtomobilsozlik mahsulotlarini ihslab chiqirish o'sish suradi ham 2014-yilga nisbatan 2025-yilda 1,01 foizga ortgan.

Bundan tashqari tahlil amalga oshirilayotgan davrda avtomobilsozlik sanoati tomonidan ishlab chiqarilgan yalpi mahsulot hajmi qiymat jihatidan ortib borgan bo'lsa-da, 2017-yilga kelib qariyb 50% ga ulush pasayganini ko'rish mumkin. 2018-2021-yillar mobaynida avtomobilsozlik sanoati o'ratacha 8% atrofida o'sish sur'atlarini qayd etgan bolsada pandemiya va unda keyindi davr istemolchilar tanloviga ta'sir ko'rsatganini 2023-yilda o'sish suratini 11.8% dan 9% ga tushishida ko'rish mumkin. Bundan tashqari 2014-2025 yillar davomida mos ravishda 8,1 % dan 7,2 %ga kamayishni kuzatish mumkin.

O'zbekistonda avtomobil ishlab chiqarishda sanoat kooperatsiyasini tashkil etish mamlakat iqtisodiyotiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi mumkin. Ushbu ta'sirlar bir qancha jihatlarda namoyon bo'ladi:

Sanoat kooperatsiyasi orqali xorijiy hamkorlar bilan yaqin aloqalar o'rnatilishi natijasida, ilg'or texnologiyalar va ishlab chiqarish usullarini O'zbekistonga olib kirish imkoniyati oshadi. Masalan, avtomobilsozlik sanoatida yuqori texnologiyali ishlab chiqarish jarayonlari, robototexnika, avtomatlashtirish va raqamlashtirishni joriy etish orqali mahsulot sifatini oshirish va

[2]O'zbekiston Respublikasi Statistika qo'mitasi www.stat.uz rasmiy sayti ma'lumotlari asosida muallif tomonidan tayyorlandi.

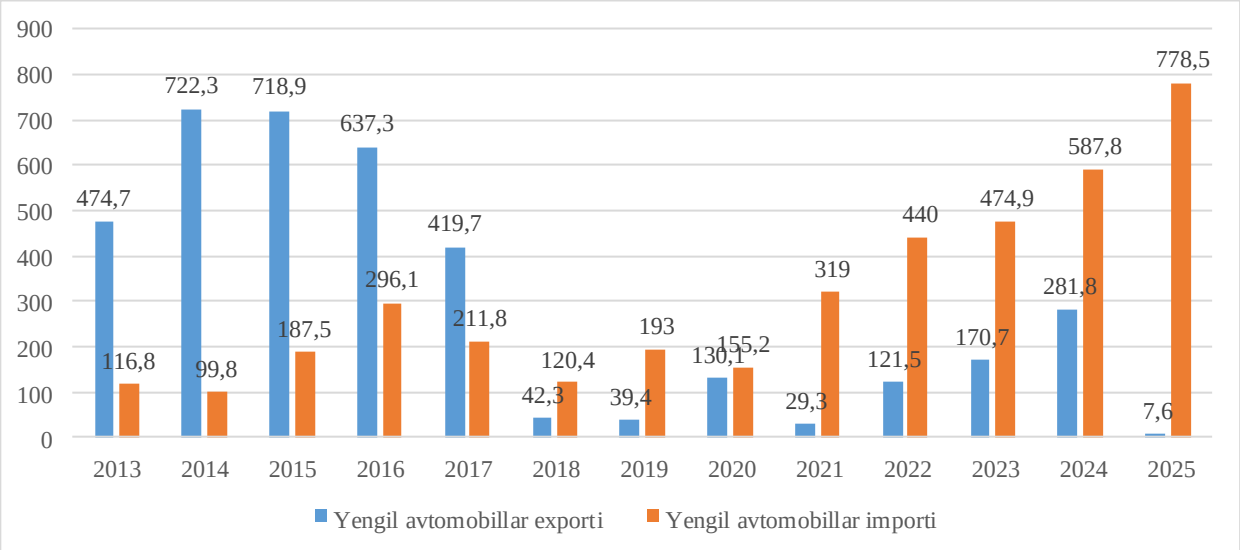
ishlab chiqarish samaradorligini yuksaltirish mumkin bo'ladi[4]. Shuning natijasida O'zbekistonda avtomobil ishlab chiqarish hajmi yil sayin oshib bormoqda. 2024-yilda mamlakatda umumiy hisobda 350 ming dona avtomobil ishlab chiqarildi. Bu raqam 2023-yilda ishlab chiqarilgan 300 ming dona avtomobildan 17% ga ko'proqdir. Bu ko'rsatkichlar sanoat kooperatsiyasi va xorijiy texnologiyalardan foydalanish natijasida ishlab chiqarish samaradorligi ortganini ko'rsatadi[5].

Bu O'zbekistonning avtomobil mahsulotlarini xalqaro bozorda raqobatbardosh qilishda muhim ahamiyatga ega. Sanoat kooperatsiyasi, xususan, xalqaro yetkazib beruvchilar bilan hamkorlik qilish orqali O'zbekistonda avtomobil ishlab chiqarish uchun zarur bo'lgan komponentlarni barqaror va samarali yetkazib berish tizimini shakllantirishga yordam beradi.

Bu, o'z navbatida, ishlab chiqarish jarayonlarini optimallashtiradi va ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi. "Just-In-Time" (JIT) kabi zamonaviy ishlab chiqarish tizimlaridan foydalanish orqali zahira xarajatlarini minimallashtirish va ishlab chiqarish jarayonlarini tezkorlashtirish imkoniyatlari oshadi[6]. Sanoat kooperatsiyasi xorijiy investitsiyalarni jalb qilishda ham muhim rol o'ynaydi. O'zbekiston avtomobilsozlik sohasiga kiritilgan xorijiy investitsiyalar hajmi ortib bormoqda. 2021-yildan 2023-yilgacha bo'lgan davrda, mamlakat avtomobilsozlik sanoatiga 1 milliard AQSh dollaridan ortiq xorijiy investitsiyalar kiritildi. Bu investitsiyalar yangi ishlab chiqarish liniyalarini ochish va mavjud ishlab chiqarishni modernizatsiya qilish uchun sarflandi.

Yirik xalqaro avtomobil kompaniyalari bilan hamkorlik o'rnatilishi orqali O'zbekistonga zamonaviy ishlab chiqarish texnologiyalari, tajribali mutaxassislar va yangi bozor imkoniyatlari kirib kelishi mumkin. Bu, o'z navbatida, mamlakat avtomobilsozlik sanoatining yanada rivojlanishiga va yangi ish o'rinlari yaratishga xizmat qiladi [7].

Bugungi kunga kelib mamlakatimizda avtomobilga bolgan ehtiyoj brogan sari ortib bormoqda.Mamlakatimiz avtomobil eksporti hamda importi muhim ahamiyatga ega. Yuqorida biz O'zbekiston Respublikasida yengil avtomobillar eksporti hamda importi korsatkichlarini ko'rishimiz mumkin.Unga ko'ra eksport miqdorida ham import miqdorida ham bir qancha turli o'zgarishlarni boshdan kechirgan.



2.3-rasm. O'zbekiston Respublikasida yengil avtomobillar exporti va importi.[3].

Yengil avtomobillar trasporti 2013-yilda 722.3 ozining choqqisiga chiqqan ammo 2025-yilga kelib uning juda past korsatkichlarda ekanligini korishimiz mumkin(7.6).2013-yildan 2016-yilgacha avtomobil eksporti ozining eng yaxshi davrlari bolgan deyishimiz mumkin.Keyingi yillarda past ko'rsatkichlar qaytd etib kelmoqda. Avtomobil importiga nazar tashlaydigan bolsak eksport miqdori korsatkichlarini aksini ko'rishimiz mumkin. Berilgan davr boshida eng past ko'rsatkich qayd etilgan

[3] O'zbekiston Respublikasi Davlat statistika qo'mitasining ma'lumotlari asosida tayyorlangan.

yani 2013-yilda 116.8 , bir qancha o'sish tushishlarga qaramay 2025-yilga kelib 778.5 ni qayd etgan.Umumiy qilib qaraganda import miqdori doimiy o'sib kelmoqda. O'zbekiston avtomobilsozlik sanoatida mahsulotlar mahalliylashtirish darajasi ham oshmoqda. 2025-yilda ishlab chiqarilgan avtomobillarning **60%** dan ortig'i mahalliylashtirilgan komponentlardan tashkil topgan. Bu ko'rsatkich sanoat kooperatsiyasi doirasida mahalliy yetkazib beruvchilar bilan hamkorlikning mustahkamlanishiga asoslanadi.

Sanoat kooperatsiyasi doirasida, O'zbekiston "Chevrolet" va "Ravon" brendi ostida yuqori texnologiyali avtomobillar ishlab chiqarishni davom ettirmoqda. Misol uchun, **2021 yilda** "UzAuto Motors" va Janubiy Koreyaning "General Motors Korea" o'rtasida tuzilgan kelishuv asosida yangi texnologiyalarni joriy qilish natijasida ishlab chiqarish samaradorligi **20%** ga oshdi.

Xulosa va takliflar. Ushbu raqamlar O'zbekiston avtomobilsozlik sanoatida sanoat kooperatsiyasi orqali erishilgan yutuqlar va iqtisodiy ta'sirlar haqida tasavvur beradi. Bu kooperatsiya mamlakat iqtisodiyotini diversifikatsiya qilishda, yangi texnologiyalarni jalb qilishda va raqobatbardoshlikni oshirishda muhim rol o'ynaydi[8]. Yuqoridagilardan kelib chiqib quyidagi takliflarni berish soha rivojiga ijobiy ta'sir etadi.

- korxonalar o'rtasida strategik hamkorlikni kuchaytirish uchun hukumat tomonidan maxsus dasturlar va grantlar joriy etish;
- sanoat kooperatsiyasi jarayonida ishtirok etuvchi korxonalarga soliq imtiyozlari va boshqa rag'batlantirish choralarini qo'llash;
- mahalliy va xalqaro bozorlar uchun ishlab chiqariladigan mahsulotlar sifatini oshirish maqsadida texnologik va ilmiy-tadqiqot hamkorliklarini rivojlantirish;
- mintaqalarda kooperatsiya orqali infratuzilma rivojlanishini jadallashtirish;
- energiya tejovchi va ekologik jihatdan xavfsiz texnologiyalarni ishlab chiqarishga qaratilgan loyihalarda kooperatsiya orqali innovatsion yechimlarni tezroq joriy etish;

O'zbekiston avtomobilsozlik sanoati oldida turgan asosiy vazifalardan biri sanoat kooperatsiyasini yanada rivojlantirish, yangi texnologiyalarni joriy etish va global ta'minot zanjirlariga yanada chuqurroq integratsiyalashishdir. Bu yondashuv mamlakatning uzoq muddatli iqtisodiy barqarorligini ta'minlashda va global bozor sharoitlarida muvaffaqiyatli raqobatlashish imkonini beradi.

Adabiyotlar

[1]. Smith, J. (2020). How Ford is Driving the Future of Manufacturing. IndustryWeek. Retrieved from https://www.industryweek.com/technology-and-iiot/article/22028609/how-ford-is-driving-the-future-of-manufacturing

[2]. Johnson, M., & Lee, S. (2021). Industry 4.0: How Ford is Rethinking Its Approach to Manufacturing. Forbes. Retrieved from https://www.forbes.com/sites/stevennorton/2021/03/22/industry-40-how-ford-is-rethinking-its-approach-to-manufacturing/

[3]. Anderson, P. (2019). United States Council for Automotive Research (USCAR). USCAR. Retrieved from https://www.uscar.org

[4]. Miller, A. (2017). The Evolution of Supply Chain Management Models and Methods. Harvard Business Review. Retrieved from https://hbr.org/2017/07/the-evolution-of-supply-chain-management-models-and-methods

[5]. Р. Оуэна, Ф. Райффайзена, У. Кинга. Русская школа кооперативной мысли (И.В. Емельянов, В.Ф. Тотомианц)

[6]. Xomidov, M. (2023). Analysis of the current state of innovation implementation in improving the competitiveness of industry. Nazariy va amaliy tadqiqotlar xalqaro jurnali, 3(2), 56-64.

[7]. Xasanboy o'g'li, X. M. (2023). Mamlakatimiz iqtisodiyotini takomillashtirish jarayonida innovatsiyalarni joriy etishning o 'rni. qo 'qon universiteti xabarnomasi, 1, 69-72.

[8]. Khomidov, M. (2024). The Economic Importance of Industrial Cooperation and How It Affects the Pursuit of Economic Effectiveness. Bulletin of Science and Practice, 10(5), 471-480. https://doi.org/10.33619/2414-2948/102/61

ФОТОЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ СВЕТОВОЙ ЭНЕРГИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СВЕТОДИОДНОГО ИСТОЧНИКА И СОЛНЕЧНОГО ЭЛЕМЕНТА

Н.А. Султанов, З. Мирзажонов

Ферганский государственный технический университет
(Получена 16.04.2026 г.)

Abstract. *This paper discusses the possibility of converting light energy into electrical energy using a solar cell illuminated by an artificial light source. In the experimental approach, a light-emitting diode was used as a localized light source, while a heterojunction-based solar cell served as the photoelectric converter. It was shown that under illumination, the solar cell generates electrical energy sufficient to power several light-emitting diodes, depending on the illumination intensity, spectral matching between the light source and the solar cell, and the electrical parameters of the load. The study also considers the potential use of weak natural light sources, such as moonlight and auroral radiation, for low-power energy generation using modern high-sensitivity photovoltaic devices. The obtained results demonstrate the feasibility of photoelectric light transformation, while emphasizing the importance of energy balance, conversion efficiency, and practical limitations of such systems.*

Keywords: *light-emitting diode, solar cell, heterojunction, photoelectric conversion, light transformation, moonlight, auroral radiation, photovoltaic effect.*

Аннотация. *В работе рассматривается возможность преобразования световой энергии в электрическую с использованием солнечного элемента, освещаемого искусственным источником света. В экспериментальном подходе светодиод применялся в качестве локального источника излучения, а солнечный элемент на основе гетероперехода использовался как фотоэлектрический преобразователь. Показано, что при освещении солнечный элемент способен генерировать электрическую энергию, достаточную для питания нескольких светодиодов, что зависит от интенсивности излучения, спектрального согласования источника света с солнечным элементом и электрических параметров нагрузки. Также обсуждается возможность использования слабых естественных источников света, таких как лунное излучение и полярные сияния, для получения малой электрической мощности с помощью современных высокочувствительных фотоэлектрических преобразователей. Полученные результаты показывают принципиальную возможность фотоэлектрической трансформации света, однако требуют учета энергетического баланса, коэффициента преобразования и практических ограничений таких систем.*

Ключевые слова: *светодиод, солнечный элемент, гетеропереход, фотоэлектрическое преобразование, трансформация света, лунный свет, полярное сияние, фотоэлектрический эффект.*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada sun’iy yorug‘lik manbasi bilan yoritilgan quyosh elementi yordamida yorug‘lik energiyasini elektr energiyasiga aylantirish imkoniyati ko‘rib chiqiladi. Tajribaviy yondashuvda yorug‘lik diodi lokal nurlanish manbasi sifatida, geteroo‘tish asosidagi quyosh elementi esa fotoelektrik o‘zgartirgich sifatida qo‘llanildi. Yorug‘lik ta’sirida quyosh elementi bir nechta yorug‘lik diodlarini ta’minlash uchun yetarli elektr energiyasi hosil qilishi mumkinligi ko‘rsatildi. Bunda hosil bo‘ladigan elektr quvvati yorug‘lik intensivligi, yorug‘lik manbasi spektrining quyosh elementi sezgirlik sohasiga mos kelishi hamda tashqi yuklama parametrlariga bog‘liq. Shuningdek, oy yorug‘ligi va qutb yog‘dulari kabi kuchsiz tabiiy yorug‘lik manbalaridan zamonaviy yuqori sezgir fotoelektrik o‘zgartirgichlar yordamida kichik quvvatli elektr energiyasi olish imkoniyatlari ham muhokama qilindi. Olingan natijalar yorug‘lik energiyasining fotoelektrik transformatsiyasi amaliy jihatdan mumkinligini ko‘rsatadi, biroq bunday tizimlarda energiya balansi, o‘zgartirish samaradorligi va amaliy cheklovlarni alohida hisobga olish zarur.*

Kalit so‘zlar: *yorug‘lik diodi, quyosh elementi, geteroo‘tish, fotoelektrik o‘zgartirish, yorug‘lik transformatsiyasi, oy yorug‘ligi, qutb yog‘dulari, fotoelektrik effekt.*

Quyosh bu bitmas-tuganmas energiya manbaidir. Quyoshda termo-yadro reaksiyasi berayotgan energiya- yana ming yillab energiya berib turishi mumkin. Quyosh nuri bo’lmasa, odamzot, hayvonot dunyosi, yashil tabiat, hatto qurt-qumursqalar ham butunlay barham topadi. Sun’iy quyosh qilish imkoniyatlari ham mavjud. Masalan: vodorod bombasi juda qisqa vaqt bo’lsa ham, termo yadro reaksiyasi tufayli portlaydi, bu sun’iy “quyosh” hamma yoqni yondirib tugaydi.

Rossiya olimlari sun’iy quyosh modelini- ya’ni “Takamak-10” yaratishdi. Uni ushlab turish uchun juda kuchli magnit maydonidan foydalanish ko’zda tutilgan. Ammo uni amalga oshirish

imkoniyatlari juda katta to'siqlarga duch kelmoqda.

Eng asosiysi $T = 10^4 K$ temperaturali sun'iy quyoshni ushlab turish imkoniyatlari hali ham yaratilganicha yo'q.

Lekin, quyosh energiyasidan kunduzi foydalanib-energiya yig'ib olgan-yangi yorug'lik manbalari- ya'ni lyuminaforlardan foydalanish imkoni borku- juda oz bo'lsa ham undan foydalanish mumkin-ku.

Masalan: TAT-33 yashil yorug'lik manbai bo'lib, eng ravshan yorug'lik manbaidir.

Lekin juda katta sondagi lyuminaforlar- bitta yorug'lik diodi berayotgan yorug'lik energiyasini beraolmasligi mumkin.

U holda yaqinda yangiliklarda Xitoyda e'lon qilingan yadro energiyasi bilan ishlaydigan (2 yilgacha almashtirilmay ishlaydigan) yadro batareyasidan foydalanish qulaymi-yo'q, chunki u holda, yadro nurlaridan muhofaza qilish imkoniyatlari-to'siq bo'lishi mumkin.Chunki 100 yillab nurlanib turgan uran nurlaridan, radiy va boshqa radiaktiv elementlar nurlaridan foydalanib kichik quvvatli yadro energiya manbalari yaratishda nurlarnishdan inson organizmini muhofaza qilish imkoniyatlari asosiy o'rin tutadi.

Bu o'rinda AESlarda- radiaktiv nurlar muhofazasiga juda katta e'tibor beriladi.

U holda radiaktiv nurlar chiqarmaydigon energiya manbalarini izlash kerak bo'ladi.

Energiya manbalarini aniqlashda bizni kollektivda bir fikr tug'ildi. Kunduzi quyosh energiyasidan foydalanib energiya berayotgan quyosh batareyasidan- tunda ham foydalanish imkoniyatlarini izlash asosiy vazifa- bo'lib, uni imkoniyatlarini izlashga to'g'ri keldi.

Biz dastlab quyosh batareyasini bir nechta geteroperehodini ajratib olib quyoshda (honada) va yorug'likdiodi yorug'ligida sinab ko'rdik. Quyosh yorug'ligida 1-rasmda ko'rsatilgan geteroperehod bo'lagi $V = 3,6$ volt kuchlanish berdi. Shu batareyani o'zi yorug'likdiodi yorug'ligida $V = 3,2$ volt kuchlanish berdi, bu hol juda katta imkoniyatlarimiz kaliti bo'lib oldinda juda ko'p tajribalar qilish kerakligini ko'rsatadi. (1,2 rasmlarga qarang).

1-rasm. Quyosh elementi (yoritilmagan holat)

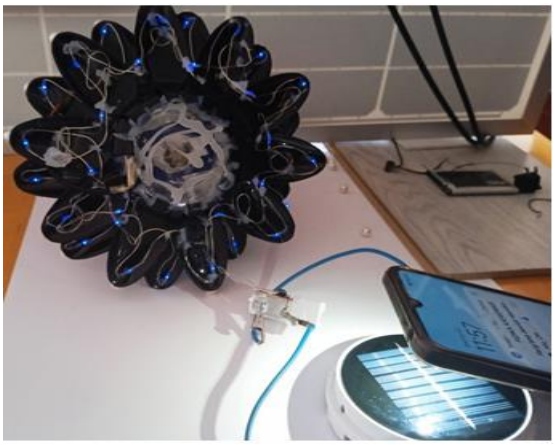
2-rasm. Quyosh elementini yoritilgandagi holati. (10 ta kichik quvvatli svetodiotlar yonmoqda)

180 ta quyosh elementi bo'lgan o'zaro ketma-ket ulangan quyosh paneli ham quyosh nurlarida olingan natijalarni yorug'likdiodlari bilan ham yoritib solishtirdik. Xonada quyosh elemenlari 16.2÷17.5 V kuchlanish beradi. Bitta yorug'likdiodi manbasidan foydalanganda esa, quyosh paneli va yorug'likdiodi oralig'idagi masofa 10 cm bo'lganda 5.8÷6 V kuchlanish bermoqda (yorug'likdiodi quyosh panelini 15 ta bo'lakchasini yoritganda). Albatta yorug'likdiodlari bilan yoritilganda, hosil bo'lgan kuchlanish miqdori ancha kam, lekin yorug'likdiodi yorug'ligini quyosh elementlari sezayotgani yaqqol ko'rinib turibdi.

Bu hol kechqurun-tunda ham quyosh elementlaridan energiya olish imkoniyatlarini ochib beradi,chunki, keyingi yillarda O'zbekistonda juda katta masshtabda quyosh panellaridan elektr energiya olish imkoniyatlari amalga oshirilmoqda.

Agar tunda yorug'likdiodi projektorlaridan foydalanib panellarga qaratib yoritilsa albatta elektr energiyalari olish mumkin. Buni tajriba qilib ko'rdik.

Kechqurun ya'ni tunda yorug'likdiodi projektorlaridan foydalanib olingan elektr energiyasi juda katta ahamiyatga ega. Chunki, tunda havo ancha salqin bo'ladi. Bu quyosh panellari uchun juda ahamiyatli-panellar tunda quyosh issiqligidan holi bo'ladilar, ularni ish faoliyati uzayadi. $40-50°C$ da ishlagandan ko'ra $20-25°C$ da juda uzoq vaqt faol ishlaydi.



3-rasm. 20 ta kichik quvvatli yorug'likdiodlari (1 ta quyosh batareyasi elementi yoritganda).

Bitta yorug'lik yorug'likdiodidan foydalanib quyosh batareyalari yordamida 10 ta yorug'likdiodini yoritishni «yorug'lik transformatsiyasi» deb atadik.(2,3 rasmga qarang)

Tunda, oy yarimida, oy rossa to'lgan paytda uni yorug'ligidan foydalanib energiya olish mumkin. Tog'li joylarda bu juda yaxshi effekt beradi.

Shuningdek bu borada sentyabrdan-mart oylarigacha davom etadigan "qutb yog'dusi" va "белый ноч" yorug'ligidan ham foydalanish mumkin. Bunday hollarda zamonaviy quyosh panellari ham bo'lishi shart.

Adabiyotlar

[1]. N.A.Sultanov, Fizika kursi/ Oliy o'quv yurtlari uchun darslik/ "Classic" nashriyoti-2021, 412-bet

[2]. С.И.Рембеза, Т.В.Свистова, Е.С.Рембеза, О.И.Борсякова. Микроструктура и физические свойства тонких пленок SnO_2 / ФТП. 2001.Т.35, вып.7.

[3]. Зайлобидинов С.З. (академик АН. РУз), Бобоев А.И., Юнусалиев Н.Ю. Структурные особенности пленок ZnO на кремниевых подложках // журнал Доклады Академии наук Республики Узбекистан (ДАН)-2023. № 3. –с.64-71 (01.00.00. №7)

[4]. Sultanov N.A., Madraximov M.M./ SnO_2 yupqa qatlamlari va SnO_2/Si geterastrukturalarning tuzilishi va optoelektron hossalari / ILM SARCHASHMALARI. Ilmiy-nazariy metodik jurnal Urganch, 2025,63б.

[5]. Sultanov N.A., Mirzajonov Z.X., Yusupov F.T., Rakhmonov T.I. Nanocrustalline ZnO films on varios substrates: a study on their structural, optical, and electrical characteristics. East European Journal of Physics, 2024.(2) 309-314 (№ 1. Web of Science Q3, CiteScore; 0,8), https//doiorg/10.26565/2312-4334-2024-2-35.

[6]. Н.А.Султанов, З.Мирзажонов, Т.И.Рахмонов, Ф.Т.Юсупов. Характеристика термически окисленных пленок ZnO: Значение для оптоэлектронных применений// Научный вестник АГУ, 2024-№ 1(6).с. 40-47 (01.0000 № 13)

[7]. Н.А.Султанов, Ф.Т.Юсупов. Микроструктура и электрические свойства тонких пленок оксида цинка, легированных бором $(ZnO:B)$ // Научный вестник НамГУ, 2024-№10.с.25-28 (01.0000№14)

ALYUMIN BILAN LEGIRLANGAN RUX OKSIDI ASOSLI YUPQA PLYONKALARNING OPTIK XOSSALARI VA TAQIQLANGAN ZONASINING O'ZGARISHI

D.Sh. Xidirov, 30-25 MR guruh talabasi D.B. Abdurasulov

Farg'ona davlat texnika universiteti
dadaxonx89@gmail.com

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu ishda termovakuumli bug‘latish usuli yordamida shisha tagliklarda legirlanmagan ZnO va alyuminiy bilan legirlangan ZnO yupqa plyonkalari olinib, Al kirishmasining strukturaviy, morfologik va optik xossalarga ta’siri o‘rganildi. AZO plyonkalar 2, 4 va 6% Al nisbiy massa ulushlarida tayyorlanib, 300 °C temperaturada termik ishlov berildi. Namunalar XRD, SEM, AFM va UV–Vis usullari yordamida tavsiflandi.*

XRD natijalari barcha namunalarda geksagonal vyursit tuzilishga ega ZnO fazasi hosil bo‘lganligini ko‘rsatdi. Kristallit o‘lchamining maksimal qiymati 4% AZO namunasi uchun 13.83 nm ni tashkil etdi. SEM va AFM tahlillari Al konsentratsiyasi ortishi bilan donalar o‘lchami va sirt qo‘polligi ortishini ko‘rsatdi. Optik tadqiqotlar natijasida ko‘rinuvchi sohada o‘tkazuvchanlik 80% dan 90% gacha oshgani, optik taqiqlangan zona kengligi esa 3.23 eV dan 3.46 eV gacha kengaygani aniqlandi. E_g qiymatining ortishi Burstein–Moss effekti bilan izohlandi.

Natijalar Al kirishma ZnO yupqa plyonkalarining strukturaviy mukammalligi va optik parametrlarini samarali boshqarish imkonini berishini ko‘rsatdi. 4% AZO namunasi eng yaxshi strukturaviy xossalarga, 6% AZO namunasi esa eng yuqori optik shaffoflik va eng katta optik taqiqlangan zona kengligiga ega ekanligi aniqlandi.

Kalit so‘zlar: *ZnO, AZO, alyuminiy bilan legirlangan rux oksidi, termovakuumli bug‘latish.*

Аннотация: *В данной работе методом термовакуумного испарения на стеклянных подложках были получены нелегированные тонкие пленки ZnO и тонкие пленки ZnO, легированные алюминием, а также исследовано влияние примеси Al на их структурные, морфологические и оптические свойства. Пленки AZO были приготовлены при относительных массовых долях Al 2, 4 и 6% и подвергнуты термической обработке при температуре 300 °C. Образцы были охарактеризованы методами XRD, SEM, AFM и UV–Vis.*

Результаты XRD показали, что во всех образцах сформировалась фаза ZnO с гексагональной структурой вюрцита. Максимальный размер кристаллитов составил 13,83 нм для образца 4% AZO. Анализ SEM и AFM показал, что с увеличением концентрации Al увеличиваются размер зерен и шероховатость поверхности. В результате оптических исследований было установлено, что пропускание в видимой области увеличилось с 80% до 90%, а ширина оптической запрещенной зоны расширилась с 3,23 эВ до 3,46 эВ. Увеличение значения Eg было объяснено эффектом Бурштейна–Мосса.

Полученные результаты показали, что легирование Al позволяет эффективно управлять структурным совершенством и оптическими параметрами тонких пленок ZnO. Было установлено, что образец 4% AZO обладает наилучшими структурными свойствами, тогда как образец 6% AZO характеризуется наиболее высокой оптической прозрачностью и наибольшей шириной оптической запрещенной зоны.

Ключевые слова: *ZnO, AZO, оксид цинка, легированный алюминием, термовакуумное испарение.*

Abstract: *In this work, undoped ZnO and aluminum-doped ZnO thin films were deposited on glass substrates by the thermal vacuum evaporation method, and the effect of Al impurity on their structural, morphological, and optical properties was investigated. AZO films were prepared with relative mass fractions of Al of 2, 4, and 6% and annealed at a temperature of 300 °C. The samples were characterized using XRD, SEM, AFM, and UV–Vis methods.*

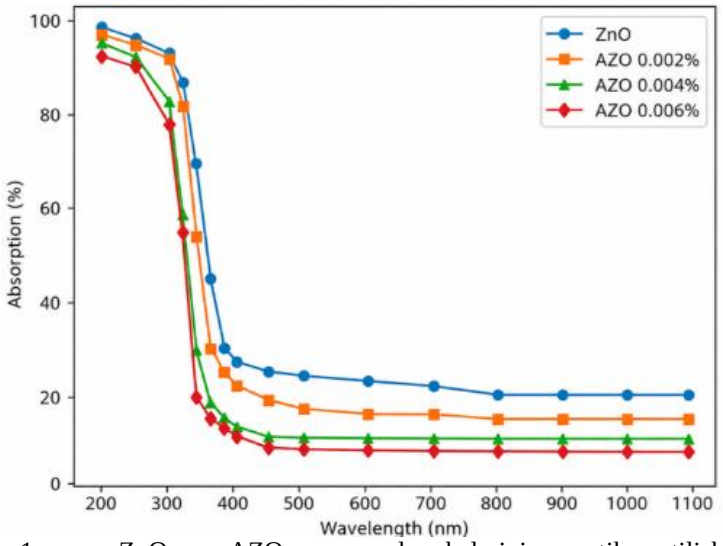
The XRD results showed that a ZnO phase with a hexagonal wurtzite structure was formed in all samples. The maximum crystallite size was 13.83 nm for the 4% AZO sample. SEM and AFM analyses showed that the grain size and surface roughness increased with increasing Al concentration. Optical studies revealed that the transmittance in the visible region increased from 80% to 90%, while the optical band gap widened from 3.23 eV to 3.46 eV. The increase in the Eg value was explained by the Burstein–Moss effect.

The results showed that Al doping makes it possible to effectively control the structural perfection and optical parameters of ZnO thin films. It was found that the 4% AZO sample had the best structural properties, whereas the 6% AZO sample exhibited the highest optical transparency and the largest optical band gap.

Keywords: *ZnO, AZO, aluminum-doped zinc oxide, thermal vacuum evaporation.*

Rux oksidi (ZnO) keng taqiqlangan zonaga ega shaffof yarimo‘tkazgich bo‘lib, ko‘rinuvchi nurlar sohasida yuqori optik o‘tkazuvchanligi va ultrabinafsha sohada kuchli yutilishi sababli UV-fotodetektorlar, quyosh elementlari va shaffof elektrodlar uchun istiqbolli material hisoblanadi.

Xona haroratida ZnO ning taqiqlangan zona kengligi taxminan 3,3–3,4 eV bo‘lib, bu uning qisqa to‘lqinli optoelektron qurilmalarda qo‘llanish imkoniyatini oshiradi.



1-rasm. ZnO va AZO yupqa plyonkalarining optik yutilish spektrlari.

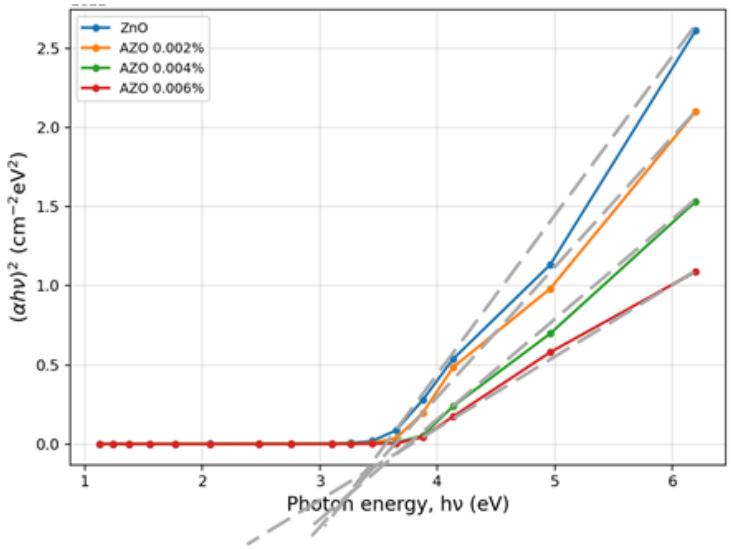
ZnO ning optik xossalarini boshqarishda Al bilan legirlash samarali usullardan biridir. Al^{3+} ionlari Zn^{2+} ionlari o‘rnini egallab, donor markazlar hosil qiladi va erkin elektronlar konsentratsiyasini oshiradi. Natijada plyonkalarning optik o‘tkazuvchanligi, yutilish chegarasi va optik taqiqlangan zona kengligi o‘zgaradi. Mazkur tezisda vakuumda termik bug‘latish usuli bilan olingan ZnO:Al yupqa plyonkalarida Al konsentratsiyasining yutilish spektrlari va Tautsh usuli orqali aniqlangan taqiqlangan zona kengligiga ta’siri tahlil qilinadi.

ZnO va ZnO:Al yupqa plyonkalar shisha tagliklar sirtiga vakuumda termik bug‘latish usuli yordamida cho‘ktirildi. Al kirishma miqdori $2\cdot10^{-3}$–$6\cdot10^{-3}$ oralig‘ida o‘zgartirildi. Olingan plyonkalar 575 K haroratda 120 min. atrofida termik ishlov berildi. Interferension o‘lchovlar asosida plyonkalar qalinligi taxminan 150 nm ekanligi aniqlandi. Optik xossalar 200–1100 nm diapazonda UV–Vis spektrofotometriya usuli orqali o‘rganildi.

1-rasmda ZnO va AZO yupqa plyonkalarining optik yutilish spektrlari tasvirlangan. Spektrlardan ko‘rinadiki, barcha namunalarda ultrabinafsha nurlar sohada kuchli yutilish kuzatiladi, ko‘rinuvchi nurlar sohasida esa yutilish keskin kamayadi. Al konsentratsiyasi ortishi bilan ko‘rinuvchi nurlar sohadagi yutilish kamayib, plyonkalarning optik shaffofligi yaxshilanadi. Ayniqsa, $4\cdot10^{-3}$ hamda $6\cdot10^{-3}$ AZO namunalari kichik yutilish qiymatlari bilan ajralib turadi.

Optik taqiqlangan zona kengligini aniqlash uchun Tauts usulidan foydalanildi. Bunda yutilish koeffitsienti optik o‘tkazuvchanlik ma’lumotlari asosida hisoblanib, $(\alpha h\nu)^2$ ning hν ga bog‘liqligi qurildi. 3-rasmda keltirilgan Tauts grafigi asosida chiziqli sohalarni ekstrapolyatsiya qilish orqali E_g qiymatlari aniqlandi. Toza ZnO uchun $E_g\approx3{,}23$ eV bo‘lsa, $2\cdot10^{-3}$ va $4\cdot10^{-3}$ AZO namunalarda E_g $\approx3{,}25$ eV, $6\cdot10^{-3}$ AZO namunada esa $E_g\approx3{,}26$ eV ni tashkil etdi.

Al konsentratsiyasi ortishi bilan taqiqlangan zona kengligining biroz kengayishi Burshtein–Moss effekti bilan izohlanadi. Al^{3+} ionlarining Zn^{2+} ionlari o‘rnini egallashi donor markazlar hosil bo‘lishiga va erkin elektronlar konsentratsiyasining ortishiga olib keladi. Natijada o‘tkazuvchanlik zonasining quyi energetik sathlari elektronlar bilan band bo‘lib, optik o‘tishlar yuqoriroq energiyali sathlarga siljiydi. Umuman olganda, $4\cdot10^{-3}$–$6\cdot10^{-3}$ oralig‘idagi ZnO ni Al bilan legirlash yupqa plyonkalarda yuqori shaffoflik, kichik yutilish va taqiqlangan zonaning kengayishi kombinatsiyasini shakllantirish uchun maqbul diapazon hisoblanadi.



2-rasm. ZnO va ZnO:Al yupqa plyonkalarining Tauts grafigi.

Olingan natijalar Al bilan

legirlash ZnO yupqa plyonkalarning optik xossalarini samarali boshqarish imkonini berishini ko‘rsatdi. Al konsentratsiyasi ortishi bilan ko‘rinuvchi sohadagi yutilish kamayib, plyonkalarning shaffofligi yaxshilandi hamda optik taqiqlangan zona kengligi 3,23 eV dan 3,26 eV gacha ortdi. Bu o‘zgarish Burshtein–Moss effekti va donor markazlar hosil bo‘lishi bilan izohlanadi. $4\cdot10^{-3}$–$6\cdot10^{-3}$ oralig‘idagi Al legirlash ZnO:Al yupqa plyonkalarida yuqori shaffoflik va kichik optik yutilishga erishish uchun maqbul diapazon sifatida baholandi.

Adabiyotlar

[1]. R. Vinodkumar, I. Navas, S.R. Chalana, et al., Highly conductive and transparent laser ablated nanostructured Al:ZnO thin films. Appl. Surface Sci., 2010, 257(3): 708-716.

[2]. Yusupov, F. T., Akhmadjonov, M. F., Khidirov, D. Sh., Tolaboyev, D. Kh., & Tursunov, I. M. (2025). Impact of Resistivity on Electrical Characteristics of Al-Doped ZnO/p Si Heterostructures. East European Journal of Physics, (1), 177–183. https://doi.org/10.26565/2312-4334-2025-1-17

[3]. T. Oku, Y. Tetsuya, F. Kazuya, et al., Microstructures and photovoltaic properties of ZnO:Al/Cu2 O-based solar cells prepared by spin-coating and electrodeposition. Solar Energy Materials & Solar Cells, 2014, 4: 203-213.

[4]. N.A. Sultanov, Z.X. Mirzajonov, F.T. Yusupov, and T.I. Rakhmonov, “Nanocrystalline ZnO Films on Various Substrates: A Study on Their Structural, Optical, and Electrical Characteristics,” East European Journal of Physics, (2), 309-314 (2024). https://doi.org/10.26565/2312-4334-2024-2-35

Si/SiGe KVANT NUQTALARIDA ELEKTRON SPININI SILLIQ KO‘CHIRISH ORQALI VODIY QO‘ZG‘ALISHLARINI KAMAYTIRISHNING NAZARIY ASOSLARI

J.A. Axmadaliyev B.X. Tirkashev

Farg‘ona davlat texnika universiteti,

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada kremniy-germaniy/kremniy/kremniy-germaniy (SiGe/Si/SiGe) kvant nuqtalarida elektron spinini kvant nuqtalar orasida ko‘chirish jarayonida yuzaga keladigan vodiy qo‘zg‘alishlari va spin kogerentligining buzilishi masalasi tahlil qilinadi. Kremniy asosidagi spin kubitlar uzoq kogerentlik va CMOS texnologiyalari bilan mosligi sababli yirik miqyosli kvant protsessorlar uchun istiqbolli platformalardan biri hisoblanadi. Biroq kremniyda vodiy darajalarining mavjudligi elektronni tez yoki keskin ko‘chirish vaqtida noadiabatik o‘tishlarni kuchaytiradi. Bu esa spin-vodiy aralashuvi orqali spin holatining buzilishiga olib keladi. Maqolada an’anaviy keskin tezlikli elektron ko‘chirish usuli o‘rniga silliq tezlik profili asosidagi boshqaruv yondashuvi tahlil qilinadi.*

Kalit so‘zlar*. Kremniy kvant nuqtalari, Si/SiGe, spin kubit, elektron shuttling, vodiy qo‘zg‘alishi, spin kogerentligi, noadiabatik o‘tish, chastotaviy modulyatsiya, kvant hisoblash, Tukey oynasi.*

Аннотация. *В данной статье анализируется проблема возникновения долинных возбуждений и нарушения спиновой когерентности в процессе переноса спина электрона между квантовыми точками в структурах кремний-германий/кремний/кремний-германий (SiGe/Si/SiGe). Спиновые кубиты на основе кремния рассматриваются как одна из перспективных платформ для крупномасштабных квантовых процессоров благодаря длительной когерентности и совместимости с CMOS-технологиями. Однако наличие долинных уровней в кремнии усиливает неадиабатические переходы при быстром или резком переносе электрона. Это, в свою очередь, приводит к нарушению спинового состояния вследствие спин-долинного смешивания. В статье вместо традиционного метода переноса электрона с резким изменением скорости рассматривается подход управления, основанный на сглаженном профиле скорости.*

Ключевые слова. *Кремниевые квантовые точки, Si/SiGe, спиновый кубит, электронный шаттлинг, долинное возбуждение, спиновая когерентность, неадиабатический переход, частотная модуляция, квантовые вычисления, окно Тьюки.*

Abstract. *This article analyzes the problem of valley excitations and the disruption of spin coherence that arise during the transfer of an electron spin between quantum dots in silicon–germanium/silicon/silicon–germanium (SiGe/Si/SiGe) quantum dot structures. Silicon-based spin qubits are considered one of the promising platforms for large-scale quantum processors due to their long coherence*

times and compatibility with CMOS technologies. However, the presence of valley levels in silicon enhances non-adiabatic transitions during fast or abrupt electron transfer. This, in turn, leads to the degradation of the spin state through spin–valley mixing. Instead of the conventional method of electron transfer with abrupt velocity changes, this article considers a control approach based on a smooth velocity profile.

Keywords. *Silicon quantum dots, Si/SiGe, spin qubit, electron shuttling, valley excitation, spin coherence, non-adiabatic transition, frequency modulation, quantum computing, Tukey window.*

So‘nggi yillarda kvant hisoblash texnologiyalari fundamental fizika, materialshunoslik, kriptografiya, kimyoviy modellashtirish va sun’iy intellekt kabi ko‘plab sohalarda yangi imkoniyatlar ochishi mumkin bo‘lgan istiqbolli yo‘nalish sifatida rivojlanmoqda. Klassik kompyuterlar ayrim murakkab masalalarni yechishda eksponensial vaqt talab qilishi mumkin, kvant kompyuterlar esa superpozitsiya, chirmashish va interferensiya kabi kvant-mexanik xossalardan foydalanib, bunday masalalarni ancha samarali yechish imkoniyatiga ega. Shunga qaramay, amaliy kvant kompyuterlarni yaratishning eng muhim muammolaridan biri — kvant holatlarning tashqi shovqinlar, issiqlik fluktuatsiyalari, elektr maydon tebranishlari va qurilma ichki nomukammalliklari ta’sirida tez buzilishidir. Shu sababli kvant kompyuterlar uchun faqat alohida kubitlarni hosil qilish yetarli emas; ularni uzoq vaqt davomida kogerent holda saqlash, boshqarish, o‘qish va o‘zaro bog‘lash ham talab etiladi. Kremniy asosidagi spin kubitlar bu borada alohida ahamiyatga ega. Kremniy mikroelektronika sanoatida eng keng ishlatiladigan materiallardan biri bo‘lib, u mavjud CMOS ishlab chiqarish texnologiyalari bilan yuqori darajada mos keladi. Bundan tashqari, izotopik jihatdan tozalangan kremniyda yadroviy spinlar sonining kamayishi elektron spinining nisbatan uzoq vaqt kogerent saqlanishiga imkon beradi. Shu sababli Si/SiGe kvant nuqtalari yirik miqyosli kvant protsessorlar uchun eng istiqbolli platformalardan biri sifatida qaralmoqda. Biroq kremniyda elektronning energetik spektri oddiy ikki darajali spin tizimi bilan cheklanib qolmaydi. Kremniyning o‘tkazuvchanlik zonasida bir nechta vodiy minimumlari mavjud bo‘lib, ular kvant nuqta geometriyasi, interfeys sifati va elektr maydon taqsimotiga sezgir. Ayniqsa elektron kvant nuqtalar orasida ko‘chirilganda vodiy darajalari orasidagi noadiabatik o‘tishlar yuzaga kelishi mumkin. Bunday o‘tishlar spin-vodiy aralashuvi orqali spin holatining fazasini buzadi va kvant hisoblashda xatoliklar sonini oshiradi. Mazkur maqolaning asosiy maqsadi Si/SiGe kvant nuqtalarida elektron spinini ko‘chirish jarayonida vodiy qo‘zg‘alishlarini kamaytirishga qaratilgan silliq tezlikli boshqaruv yondashuvini nazariy jihatdan tahlil qilishdan iborat. Maqola nazariy-tahliliy xarakterga ega bo‘lib, unda murakkab formulalar keltirilmaydi; asosiy e’tibor fizik mazmun, boshqaruv prinsipi va amaliy ahamiyatga qaratiladi.

Elektron shuttling — bu elektronni bir kvant nuqtadan boshqasiga uning spin holatini saqlagan holda ko‘chirish jarayonidir. Katta miqyosli kvant protsessorlarda barcha kubitlarni bevosita o‘zaro yaqin joylashtirish amaliy jihatdan qiyin. Chunki nazorat elektrodlarining ko‘pligi, ulanish simlari, o‘qish tizimlari va xatoliklarni tuzatish sxemalari chip arxitekturasini murakkablashtiradi. Shu sababli elektron spinini ma’lum masofaga yo‘naltirilgan tarzda ko‘chirish texnologiyasi kubitlar orasidagi axborot almashinuvini tashkil etishda muhim rol o‘ynaydi.

An’anaviy shuttling yondashuvlarida elektron kvant nuqtalar zanjiri bo‘ylab davriy darvoza kuchlanishlari yordamida harakatlantiriladi. Darvoza elektrodlari orqali hosil qilingan elektrostatik potensial minimumi vaqt bo‘yicha siljitiladi va elektron shu minimum ortidan harakatlanadi. Agar elektron yetarlicha sekin va silliq ko‘chirilsa, u o‘zining asosiy kvant holatini saqlab qoladi. Agar harakat keskin boshlansa yoki to‘xtasa, elektron holati tizimning oniy xususiy holatlariga moslasha olmaydi. Natijada noadiabatik qo‘zg‘alishlar yuzaga keladi.

Kremniy spin kubitlarida bu muammo yanada sezilarli bo‘ladi. Chunki vodiy darajalari orasidagi energiya farqi ayrim hollarda juda kichik bo‘lishi mumkin. Kichik energiya farqi esa elektronning yuqori vodiy holatiga o‘tishini osonlashtiradi. Bu o‘tish bevosita spinni ag‘darib yubormasligi mumkin, ammo spin-vodiy aralashuvi sababli spin fazasi va spinning sof kvant holati buziladi.

Kremniy kristallida o‘tkazuvchanlik zonasining minimumlari bir nechta ekvivalent yo‘nalishlarda joylashgan. Kvant nuqtalarda fazoviy chegaralanish va interfeys ta’siri natijasida bu minimumlar orasidagi degeneratsiya qisman yo‘qoladi. Ikki eng muhim vodiy holati orasidagi

energiya farqi “vodiy ajralishi” deb ataladi. Ideal holda elektron pastki vodiy holatida qolishi kerak. Ammo elektron kvant nuqta bo‘ylab harakatlanganda lokal vodiy fazasi va vodiy ajralishi fazoda o‘zgaradi. Agar bu o‘zgarish elektron harakati bilan birga keskin kechsa, elektron yuqori vodiy holatiga o‘tishi mumkin.

Vodiy qo‘zg‘alishining xavfli tomoni shundaki, u spin holati bilan bog‘lanishi mumkin. Spin-vodiy aralashuvi tufayli elektronning spin energiyasi uning vodiy holatiga bog‘liq bo‘lib qoladi. Elektron bir muddat yuqori vodiy holatida bo‘lsa, spin holatining fazasi ideal holatdagidan farq qila boshlaydi. Natijada spin fideligi pasayadi, ya’ni real spin holati kerakli ideal holatdan uzoqlashadi.

Kvant xatoliklarni tuzatish algoritmlari juda past xatolik darajasini talab qiladi. Shuning uchun hatto kichik ehtimollikdagi vodiy qo‘zg‘alishlari ham katta miqyosli kvant protsessorlarda jiddiy muammo tug‘diradi. Ayniqsa ko‘p marta takrorlanadigan shuttling operatsiyalarida bunday kichik xatoliklar yig‘ilib, hisoblash natijasining ishonchliligini pasaytirishi mumkin.

Vodiy qo‘zg‘alishlarini kamaytirishning tabiiy yo‘li — elektron harakatini keskin emas, balki silliq boshqarishdir. Oddiyroq qilib aytganda, elektron harakati birdaniga boshlanmasligi va birdaniga to‘xtamasligi kerak. Tezlikning keskin o‘zgarishi fizik jihatdan yuqori chastotali komponentlarga ega bo‘lgan boshqaruv signalini anglatadi. Ana shu yuqori chastotali komponentlar vodiy darajalari orasidagi o‘tishlarni kuchaytiradi.

Silliq tezlikli boshqaruvda elektron dastlab sekin tezlanadi, keyin ma’lum vaqt davomida deyarli barqaror harakatlanadi va oxirida yana sekin tormozlanadi. Bunday profil signalni qayta ishlash nazariyasidagi “oyna funksiyalari”ga o‘xshaydi. Masalan, Tukey oynasi yoki Hann oynasi kabi silliqlashtirilgan funksiyalar keskin chekkalarga ega bo‘lmaganligi sababli ularning spektrida yuqori chastotali yon maksimumlar ancha past bo‘ladi.

Bu yondashuvning fizik mazmuni quyidagicha: elektron harakatining spektrida vodiy o‘tish chastotalariga yaqin komponentlar qancha kam bo‘lsa, elektronning yuqori vodiy holatiga o‘tish ehtimoli shuncha kichik bo‘ladi. Demak, shuttling tezligini signal spektri nuqtayi nazaridan loyihalash kvant holatni himoya qilishning samarali usullaridan biri bo‘lishi mumkin.

Ushbu yondashuvning muhim afzalligi shundaki, u murakkab qora-quti optimallashtirish usullariga to‘liq bog‘lanib qolmaydi. Ya’ni har bir qurilma uchun juda murakkab raqamli optimallashtirilgan impuls shaklini izlash o‘rniga, oldindan ma’lum bo‘lgan silliq oyna profillaridan foydalanish mumkin. Bu esa tajribaviy amalga oshirishni soddalashtiradi.

Silliq tezlikli elektron shuttling yondashuvi bir nechta amaliy afzalliklarga ega. Birinchidan, u kremniy kvant protsessorlarida uzoq masofali spin transportini yanada ishonchli qilishga yordam beradi. Bu katta chip ichida uzoqda joylashgan kubitlar orasida axborot uzatish uchun zarur.

Ikkinchidan, bu usul kvant xatoliklarni tuzatish sxemalari bilan mos keladi. Xatoliklarni tuzatish uchun ko‘plab kubitlar muntazam o‘zaro ta’sirlashishi va axborot almashishi kerak. Agar har bir shuttling operatsiyasi kichik xatolik qo‘shsa, umumiy tizim fideligi pasayadi. Silliq boshqaruv bunday yig‘iluvchi xatoliklarni kamaytirishi mumkin.

Uchinchidan, bu yondashuv mavjud darvoza elektrodlari arxitekturasini tubdan o‘zgartirishni talab qilmaydi. Asosiy o‘zgarish kuchlanish signallarining vaqt bo‘yicha shakllantirilishida bo‘ladi. Shu sababli u tajribaviy qurilmalarga nisbatan osonroq integratsiya qilinishi mumkin.

To‘rtinchidan, signalni qayta ishlash nazariyasida yaxshi o‘rganilgan oyna funksiyalaridan foydalanish boshqaruv impulslarini standartlashtirish imkonini beradi. Bu esa turli qurilmalar uchun umumiy loyihalash qoidalarini ishlab

Si/SiGe kvant nuqtalarida elektron spinini kvant nuqtalar orasida ko‘chirish yirik miqyosli kremniy kvant protsessorlari uchun muhim texnologiyalardan biridir. Biroq elektron harakatining keskin boshlanishi va to‘xtashi vodiy darajalari orasidagi noadiabatik o‘tishlarni kuchaytiradi. Bu esa spin-vodiy aralashuvi orqali spin kogerentligini pasaytiradi va kvant hisoblash xatoliklarini oshiradi.

Silliq tezlikli shuttling yondashuvi ushbu muammoni boshqaruv signali darajasida hal qilishga qaratilgan. Tezlik profilini Tukey yoki Hann tipidagi silliq oyna shaklida tashkil qilish yuqori

chastotali spektral komponentlarni kamaytiradi. Chastotaviy modulyatsiyalangan darvoza kuchlanishlari yordamida bunday profilni real qurilmada amalga oshirish mumkin. Natijada vodiy qo‘zg‘alishlari ehtimoli kamayadi, spin fideligi yaxshilanadi va kvant axborotning ishonchli transporti uchun qulay sharoit yaratiladi.

Eng muhim xulosa shundan iboratki, yuqori aniqlikdagi spin shuttling faqat bitta texnologik omilga bog‘liq emas. U material sifatini yaxshilash, interfeys tartibsizligini kamaytirish, vodiy ajralishini oshirish va boshqaruv impulslarini silliq shakllantirish kabi bir nechta omillarning uyg‘unlashgan natijasidir. Shu bois silliq tezlikli elektron ko‘chirish texnikasi kelajakdagi xatolikka bardoshli kremniy kvant protsessorlari uchun istiqbolli boshqaruv strategiyasi sifatida qaralishi mumkin.

Adabiyotlar

[1]. Nagai R., Takemoto T., Mizuno H. Smooth velocity shuttling for suppressing valley excitations in disordered Si/SiGe quantum dots. arXiv:2606.01541v1, 2026.
[2]. Loss D., DiVincenzo D. P. Quantum computation with quantum dots. Physical Review A, 57, 120, 1998.
[3]. Zwanenburg F. A., Dzurak A. S., Morello A., Simmons M. Y., Hollenberg L. C. L., Klimeck G., Rogge S., Coppersmith S. N., Eriksson M. A. Silicon quantum electronics. Reviews of Modern Physics, 85, 961, 2013.
[4]. Burkard G., Ladd T. D., Pan A., Nichol J. M., Petta J. R. Semiconductor spin qubits. Reviews of Modern Physics, 95, 025003, 2023.

KOSTYUM DIZAYINIDA RANG VA KOMPOZITSIYANING O‘RNI

G.A. Mirboboyeva, D.A. Aminova

Farg‘ona davlat texnika universiteti
ORCID: 0009-0000-7507-8580
gulxayomirboboyeva898@gmail.com
dilafruzaminova282@gmail.com
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu maqolada dizayn ta’limida rang va kompozitsiyaning tutgan o‘rni atroflicha yoritilgan. Ranglarning inson ruhiyatiga ta’siri, ularning uyg‘unligi hamda dizayndagi funksional ahamiyati tahlil qilinadi. Shuningdek, kompozitsiya tamoyillari, elementlarning o‘zaro joylashuvi va vizual muvozanatni ta’minlash usullari haqida batafsil ma’lumot beriladi. Rang va kompozitsiyaning o‘zaro bog‘liqligi misollar orqali tushuntirilib, dizayn ta’limida ularni birgalikda o‘rganish zarurligi asoslab beriladi. Maqola dizayn sohasida tahsil olayotgan talabalar uchun amaliy va nazariy ahamiyatga ega.*

Kalit so‘zlar: *Dizayn ta’limi, rang, kompozitsiya, rang uyg‘unligi, vizual muvozanat, estetik did, ijodiy fikrlash, kontrast, dizayn tamoyillari, grafika.*

Аннотация:*В данной статье подробно рассматривается роль цвета и композиции в дизайнерском образовании. Анализируется влияние цвета на психологическое восприятие человека, а также его функциональное значение в дизайне. Кроме того, освещаются основные принципы композиции, способы размещения элементов и достижения визуального баланса. Особое внимание уделяется взаимосвязи цвета и композиции, а также необходимости их комплексного изучения в процессе обучения дизайну. Статья представляет теоретическую и практическую ценность для студентов дизайнерских направлений.*

Ключевые слова:*Дизайн-образование, цвет, композиция, цветовая гармония, визуальный баланс, эстетическое восприятие, креативное мышление, контраст, принципы дизайна, графика.*

Annatation:*This article examines the role of color and composition in design education. It analyzes the psychological impact of color on human perception as well as its functional significance in design. The paper also explores key principles of composition, including the arrangement of elements and methods of achieving visual balance. Special attention is given to the relationship between color and composition and the importance of studying them together in the design learning process. The article has both theoretical and practical value for students studying design.*

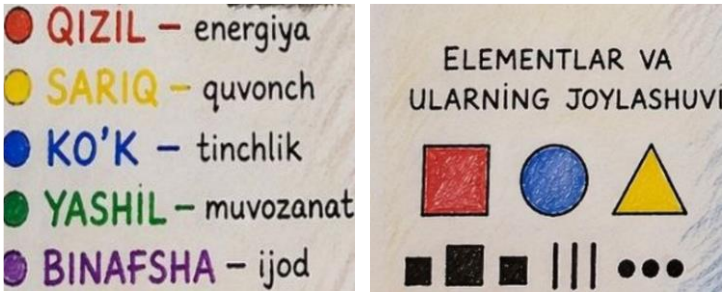
Keywords:*Design education, color, composition, color harmony, visual balance, aesthetic perception, creative thinking, contrast, design principles, graphics.*

Kirish

Dizayn ta’limi zamonaviy bilimlar tizimida muhim o‘rin egallab, u nafaqat estetik qarashlarni shakllantiradi, balki insonning ijodiy fikrlash, muammoni hal qilish va yangicha yondashuvlarni topish qobiliyatini rivojlantiradi. Dizaynning asosiy tarkibiy qismlaridan biri bo‘lgan rang va kompozitsiya esa har qanday vizual ishning muvaffaqiyatini belgilovchi eng muhim omillardandir. Shu sababli dizayn ta’limida aynan rang va kompozitsiya chuqur o‘rgatiladi. Rang tushunchasi va uning dizayndagi roli rang bu inson ko‘zi orqali qabul qilinadigan yorug‘lik to‘lqinlarining natijasidir.

Asosiy qism

Dizaynda rang nafaqat bezak sifatida, balki axborot yetkazuvchi vosita sifatida ham xizmat qiladi. Rang orqali inson kayfiyati, hissiyoti va hatto qaror qabul qilish jarayoniga ta’sir ko‘rsatish mumkin.Dizayn ta’limida ranglar quyidagi jihatlar asosida o‘rganiladi: rang doirasi asosiy, ikkilamchi va uchlamchi ranglar ranglarning o‘zaro uyg‘unligi,kontrast va yaqin ranglar ranglarning psixologik ta’siri Masalan, qizil rang ko‘pincha energiya, ehtiros va faollikni bildirsa, ko‘k rang ishonch va xotirjamlikni ifodalaydi. Yashil rang esa tabiat, yangilanish va osoyishtalik timsoli hisoblanadi. Ranglarning psixologik ta’siri dizaynda rang tanlashda uning inson ruhiyatiga ta’siri juda muhim hisoblanadi.[2] Har bir rang turli yoshdagi va turli madaniyatdagi insonlar tomonidan turlicha qabul qilinishi mumkin.Qizil diqqatni tortadi, tezkorlik va kuchni bildiradi, Sariq quvonch, iliqlik va optimizmni anglatadi , Ko‘k tinchlik, barqarorlik va ishonch hissini uyg‘otadi , Yashil muvozanat va tabiiylik ramzi, Qora jiddiylik va kuch ifodasi, Oq poklik va soddalik belgisi Dizayn ta’limida talabalar aynan shu ta’sirlarni hisobga olgan holda rang tanlashni o‘rganadilar. Kompozitsiya tushunchasi va uning ahamiyati . Kompozitsiya bu dizayn elementlarini ma’lum tartib asosida joylashtirish san’atidir. U orqali ishning umumiy ko‘rinishi, muvozanati va o‘qilishi ta’minlanadi. Yaxshi kompozitsiya tomoshabinning e’tiborini to‘g‘ri yo‘naltiradi va asosiy g‘oyani aniq yetkazadi. Dizayn ta’limida kompozitsiyaning quyidagi asosiy tamoyillari o‘rgatildi.



1-rasm: Ranglar xususiyati.

Muvozanat balans Elementlarning teng taqsimlanishi orqali vizual barqarorlik hosil qilinadi.2.Kontrast bir-biriga qarama-qarshi elementlar orqali e’tibor jalb qilinadi.3. Ritm elementlarning takr orlanishi orqali harakat hissi yaratiladi.4. Dominanta asosiy e’tibor qaratiladigan nuqta. 5. Proporsiya Elementlarning o‘zaro o‘lcham jihatidan mosligi. 6. Simmetriya va asimmetriya.Dizaynda tartib va erkinlik o‘rtasidagi muvozanatni ta’minlaydi.[6] Rang va kompozitsiyaning o‘zaro bog‘liqligi rang va kompozitsiya bir-birini to‘ldiruvchi ikki asosiy element hisoblanadi. Ranglar kompozitsiyaga hissiy ta’sir beradi, kompozitsiya esa ranglarning tartibli va maqsadli joylashishini ta’minlaydi.Yorqin ranglar markaziy nuqtani ajratib ko‘rsatishda ishlatiladi. Kontrast ranglar orqali muhim elementlar ajratiladi. Bir xil rang ohanglari esa fon yaratishda qo‘llaniladi.Agar kompozitsiya kuchli bo‘lsa-yu, rang noto‘g‘ri tanlansa, dizayn o‘z ta’sirini yo‘qotadi. Aksincha, ranglar chiroyli bo‘lsa-yu, kompozitsiya noto‘g‘ri bo‘lsa, ish tartibsiz ko‘rinadi

2-rasm Ranglar uyg‘unligi.

Dizayn ta’limida amaliy mashg‘ulotlarning o‘rni. Nazariy bilimlar bilan bir qatorda amaliy mashg‘ulotlar dizayn ta’limining ajralmas qismi hisoblanadi. Talabalar quyidagi ishlar orqali tajriba orttiradilar: ranglar bilan tajriba qilish plakat va bannerlar yaratish interyer yoki kiyim dizayni loyihalari grafik dasturlar orqali ishlash. Amaliy mashg‘ulotlar orqali o‘quvchilar o‘z xatolarini ko‘rib, to‘g‘rilash imkoniyatiga ega bo‘ladilar. Zamonaviy dizaynda rang va kompozitsiya. Bugungi kunda dizayn

raqamli texnologiyalar bilan chambarchas bog‘langan. Grafik dizayn, veb-dizayn, mobil ilovalar interfeysi yaratishda rang va kompozitsiya asosiy rol o‘ynaydi interfeysi yaratishda rang va kompozitsiya asosiy ro‘l o‘ynaydi . Minimalizm uslubi keng tarqalgan bo‘lib, unda kam rang, oddiy shakl va toza kompozitsiya qo‘llaniladi. Bu esa foydalanuvchiga qulaylik yaratadi va ortiqcha elementlardan xoli dizaynni ta’minlaydi.

Xulosa

Dizayn ta’limida rang va kompozitsiya muhim o‘rin tutadi. Ranglar orqali inson hissiyoti va kayfiyati ifodalanadi, kompozitsiya esa dizayn elementlarini tartibli va uyg‘un joylashtirishga xizmat qiladi. Ushbu ikki omilning birgalikda qo‘llanilishi har qanday dizayn ishining samaradorligini oshiradi.Ranglarni to‘g‘ri tanlash va kompozitsiya qoidalariga amal qilish orqali vizual jihatdan jozibador va tushunarli ishlar yaratish mumkin. Shu sababli dizayn ta’limida bu yo‘nalishlarni chuqur o‘rganish kelajakdagi mutaxassislar uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

Adabiyotlar

[1]. Norboyev N. Dizayn asoslari. Toshkent: O‘qituvchi nashriyoti
[2]. Karimov B. Rangshunoslik va kompozitsiya. Toshkent: Fan va texnologiya, 2019.
[3]. Abdullayeva D. Grafik dizayn asoslari. Toshkent: Innovatsiya nashriyoti, 2021.
[4]. Itten J. Rang san’ati. Moskva: San’at, 2018.
[5]. Arnheim R. San’at va vizual idrok. Moskva: Progress, 2017.
[6]. Lupton E. Grafik dizayn: yangi asoslar. Nyu-York: Princeton Architectural Press,
[7]. Samara T. Dizayn elementlari va kompozitsiya. Beverly: Rockport Publishers, 2016.
[8]. Wong W. Dizayn asoslari. Nyu-York: Wiley, 2014.
[9]. Dizayn ta’limiga oid maqolalar va resurslar.
[10]. Zamonaviy dizayn bo‘yicha xalqaro platforma.

INNAVATSION TEXNOLOGIYALAR YORDAMIDA RAQAMLI DIZAYN DASTURIDA MATO TEKSTURASINI YARATISH

S.R. Mamatqulova[1], J.X. Qambarov[2]

[1]Farg‘ona davlat texnika universiteti
[2]Qo‘qon universiteti
ORCID: 0000-0003-1367-7013
e-mail: saida.mamatqulova.1989@gmail.com
ORCID:0000-0002-9293-3582
e-mail: h.j.kambarov@kokanuni.uz

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Anotatsiya: *Ushbu maqolada yoshlar orasida ilg‘or texnologiyalarni qo‘llash orqali yengil sanoat, xususan tikuvchilik sohasida dizayn dasturida mato teksturasini yaratish va zamonaviy texnologiyalar o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlik tahlil qilingan. Maqolada zamonaviy texnologiyalarning, xususan, innavatsion texnologiyalar yordamida raqamli yondashuvining sohaga integratsiyasi ham tahlil etilgan.*

Kalit so‘zlar: *texnologiya, tizimli ish, klister, tikuvchilik sohasi, mexanizatsiya, texnologik yechim, organik tola, kiyim dizayni.*

Аннотация: *В данной статье проанализирована взаимосвязь между современными технологиями и созданием текстуры ткани в программе дизайна в сфере лёгкой промышленности, в частности швейного производства, посредством применения передовых технологий среди молодёжи. Также в статье рассмотрена интеграция современных технологий, в частности цифрового подхода с использованием инновационных технологий, в данную сферу.*

Ключевые слова: *технология, системная работа, кластер, швейная отрасль, механизация, технологическое решение, органическое волокно, дизайн одежды.*

Abstract: *This article analyzes the relationship between modern technologies and the creation of fabric textures in design software within the light industry, particularly in the sewing industry, through the*

application of advanced technologies among young people. The article also examines the integration of modern technologies, especially digital approaches using innovative technologies, into this field.

Keywords: *technology, systematic work, cluster, sewing industry, mechanization, technological solution, organic fiber, clothing design.*

Nazariy qism

Bugungi kunda moda sanoatining tez rivojlanishi, iste’molchilar ehtiyojining individual va o‘zgaruvchan bo‘lishi, ekologik muammolar va raqamli transformatsiya dizaynerlardan yangi yondashuvlarni talab qilmoqda. Shu bois, **raqamli dizayn** bu zamonaviy dizaynerning eng asosiy ish vositalaridan biri hisoblanadi.

Yengil sanoat va moda industriyasi jadal rivojlanayotgan sohalardan biri hisoblanadi. Zamonaviy texnologiyalar ishlab chiqarish jarayonlarini avtomatlashtirish, mahsulot sifatini oshirish hamda vaqt va xarajatlarni kamaytirishda muhim omil bo‘lib xizmat qilmoqda. Ayniqsa, raqamli dizayn dasturlarining rivojlanishi tikuvchilik sanoatida yangi imkoniyatlarni yaratmoqda.

An’anaviy mato dizayni uzoq vaqt talab qiladigan murakkab jarayon bo‘lsa, bugungi kunda innovatsion texnologiyalar yordamida mato teksturalarini qisqa muddat ichida yaratish, ularni virtual ko‘rinishda sinovdan o‘tkazish va real mahsulotga moslashtirish imkoniyati mavjud. Bu esa ishlab chiqarish samaradorligini oshirish bilan bir qatorda ekologik muammolarni kamaytirishga ham xizmat qiladi.

Raqamli dizayn bu grafik tahrirlovchi dasturlar yordamida vizual kontent yaratish san’ati bo‘lib, unda mato, kiyim, interyer yoki mahsulot dizaynlari digital (raqamli) muhitda yaratiladi[1].

Raqamli texnologiyalar yordamida yaratilgan mato teksturalari dizaynerlarga rang, shakl, naqsh va material xususiyatlarini oldindan ko‘rish imkonini beradi. Natijada mahsulot sifati oshadi, ortiqcha material sarfi kamayadi va iste’molchilar talabiga mos mahsulot yaratish imkoniyati kengayadi.

Raqamli dizaynda vaqtni tejaydi, modellashtirish imkoniyatini, material isrofiga yo‘l qo‘ymaydi, interaktivlida ustunliklarga ega. Raqamli dizaynda **vaqtni tejashda** - naqshlarni real tikuvsiz sinab ko‘rish mumkin, **modellashtirish imkoniyati** - 3D model orqali matoning kiyimdagi harakatini ko‘rish; **materiallar isrofiga yo‘l qo‘ymaydi** - virtual muhitda ko‘plab sinovlar o‘tkazish mumkin, **interaktivlik** - mijoz bilan tez aloqa o‘rnatish, onlayn buyurtma va sozlash orqali amalga oshiriladi.

Matoning **teksturasi** bu nafaqat tashqi ko‘rinish, balki materialning hissiy va vizual “tabiati”dir. Raqamli dizaynda tekstura orqali matoning **yumshoqligi, og‘irligi, yaltirashi yoki qo‘polligi**ni virtual ko‘rinishda ko‘rsatish mumkin. Masalan, **Velvet (qoramtir parda)** chuqur soyali, yumshoq ko‘rinishga ega; **Denim (jin mato)** to‘q, silliq, ammo ozgina teksturalangan; **Shifon** nozik, deyarli shaffof ko‘rinish, yengil gradientlar bilan aks ettiriladi[2].

Mato teksturasini raqamli formatda yaratish bu kompyuter yordamida haqiqiy matoning ko‘rinishini (silliqlik, g‘adir-budurlik, porlash, yorig‘lik-soya o‘yini va h.k.) grafik dasturlar orqali yaratishdir. Bunday teksturalar kiyim dizayni vizualizatsiyasi uchun, 3D modellashtirish, moda taqdimotlari, texnik eskizlar tayyorlashda qo‘llaniladi. Mato teksturasi bu matoning tashqi ko‘rinishi, sirt tuzilishi va hissiy xususiyatlarini ifodalovchi muhim dizayn elementi hisoblanadi. Raqamli texnologiyalar yordamida tekstura yaratishda bir necha innovatsion usullar qo‘llaniladi.

Raqamli mato teksturasini yaratish texnologik yondashuvlarda **Fotorealistik tekstura, Procedural (algoritmik) teksturalarni o‘z ichiga oladi.**

Fotorealistik tekstura bu yondashuvda haqiqiy mato fotosurati asosida, u raqamli muharrirda tahrirlanib, **“seamless pattern”** holatga keltiriladi (ya’ni, mato chekkalari bir-biriga ulangan holda uzluksiz ko‘rinadi). Ishlab chiqarishda, bu naqshlar odatda **tekstil printerlar** yoki **3D virtual fitting** platformalarda ishlatiladi[3].

Procedural (algoritmik) tekstura bu usulda tekstura dasturiy algoritmlar yordamida generatsiya qilinadi. Masalan: **Substance Designer** yoki **Blender** dasturlarida matoning fizik modellari yaratiladi. Matoning yoritish, burma, taranglik, zichlik, yaltirash, tekstura kanallari (bump, normal, specular) alohida sozlanadi. Natijada matoning **real hayotdagi harakatlanishi,**

soya tashlash va yoritish bilan o‘zgarishi simulyatsiya qilinadi.

Tekstura yaratishda raqamli vositalarning turlari

Vosita	Tavsifi	Afzalliklari
Photoshop	Rasterli tasvir muharriri	Detallar bilan ishlash, realistik effektlar qo‘shish
Illustrator	Vektorli grafik muharriri	Aniq naqshlar, scalable (kattalashtirilganda buzilmaydi)
CLO 3D / Browzwear	3D kiyim modellashtiruvchi dastur	Kiyimga real mato teksturasini joylashtirish, harakatni ko‘rsatish
Substance Designer/Painter	Material generatsiyasi	Realistik tekstura, material harakteristikasi
Procreate	Raqamli rasm chizish ilovasi (planshet uchun)	Qo‘lda chizilgan, artistic teksturalar

Matoning raqamli teksturasini yaratishda ilhom va material to‘plash, dasturda ishchi fayl ochish, asosiy fond yaratish, tekstura yaratish usullari, ornament yoki bezak qo‘shish, yakuniy ko‘rinishni sozlash bosqichlaridan iborat[4].

1. **Ilhom va material to‘plashda** matoning real fotosuratini tahlil qilish (yorug‘lik, soyalar, detallar); ilhom olish uchun internetdan o‘xshash mato fakturalari bilan tanishish; raqamli taqlid qilish uchun asosiy elementlarni ajratish (yo‘nalish, to‘qima, naqsh) qator ishlarni amalga oshiradi.

2. **Dasturda ishchi fayl ochishda** format: A4 yoki 1024x1024px (yoki kerakli o‘lcham), rastr (Photoshop) yoki vektor (Illustrator) formatda ishlash aniqlanadi.

3. **Asosiy fond yaratishda** neytral rang fon (oq, bej, kulrang), Gradient qo‘shish (agar sirtning chuqurligi kerak bo‘lsa).

4. **Tekstura yaratish usullarida: Photoshopda -** brush (qalam) vositasi bilan naqshlar; Filter → Texture → Texturizer orqali silliqlik/qo‘pollik effekti; Layer blending (overlay, multiply) orqali mato sathini jonlantirish.

Illustratorda - Pattern (takrorlanuvchi naqshlar) yaratish; Gradient mesh orqali chuqurlik berish; Vektor chiziqlar yordamida to‘qima tuzilishini ko‘rsatish

5. **Ornament yoki bezak qo‘shishda** Tayyor naqshlardan foydalanish yoki o‘zingiz chizing; ranglar bilan uyg‘unlashtiring; naqshni pattern qilib takrorlang.

6. **Yakuniy ko‘rinishni sozlashda** yoritish effekti; realistik ta’sir berish (shadow, noise); faylni eksport qilish (JPEG, PNG, PSD, AI formatda)[5].

Bugungi moda brendlari ko‘plab raqamli dizayn platformalari orqali **shaxsiylashtirilgan mato dizaynlari** yaratmoqda. Misollar **Nike By You** – foydalanuvchi o‘zining sport kiyim dizaynini tanlab, tekstura va rangni sozlaydi. **Zara, H&M, Uniqlo** kabi brendlar 3D vizualizatsiya orqali kolleksiyalarini sinovdan o‘tkazmoqda.

Raqamli dizayn dasturlarida mato teksturasi yaratish bu nafaqat zamonaviy texnologiyalardan foydalanish, balki estetik, funksional, va ekologik jihatdan samarali natijaga erishish demakdir. Bu yondashuv dizaynerlarga: tezkor, ijodiy, moslashuvchan ish uslubini beradi[6].

Bu nafaqat matoni chizish, balki **kelajakdagi moda vizyonini shakllantirish** vositasi hisoblanadi.

XULOSA

Innovatsion texnologiyalar yordamida raqamli dizayn dasturlarida mato teksturasini yaratish zamonaviy moda va tekstil sanoatining muhim yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi. Raqamli texnologiyalar dizayn sifatini oshirish, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish va ekologik barqarorlikni ta’minlashda katta ahamiyat kasb etadi. 3D modellashtirish, sun’iy intellekt va virtual

reallik texnologiyalari kelajakda moda industriyasining asosiy tarkibiy qismiga aylanishi kutilmoqda. Shu sababli, yosh mutaxassislarni zamonaviy dizayn dasturlaridan foydalanishga o‘rgatish va innovatsion yondashuvlarni ta’lim tizimiga integratsiya qilish dolzarb vazifa hisoblanadi.

Adabiyotlar

[1]. Tadjikuziyev R. M. (2022). Technology of repair of press molds for production of machine parts from steel coils, aluminum alloys. American Journal of Applied Science And Technology, 2(04), 1-11.

[2]. Tadjikuziyev R. M. (2022). Analysis of Pollution of Automobile Engines Operating in the Hot, HighDust Zone of Uzbekistan. Eurasian Journal of Engineering and Technology, 7, 15-19.

[3]. Tadjikuziyev R. M. (2024). Aplikation of automatic ARC injection molding technologi in pipe production and repair. Eurasian Journal of Engineering Technology and devopment, 2(04), issue 5, ISSN(E): 2938-3617.

[4]. Tadjikuziyev R. M. (2024). Technikal service centers: Centralizatsion of technical service according to industry directions. SJ of innovation. Reforms and devopment. ISSN (E): 26751-7731, V 26. www. sjird,journalspark.org.

[5]. Tadjikuziyev R. M. (2025). Manufacturing of automative parts from composite materials: resource shortoges, technological processes, and innovative solutions. Eurasian Journal of Engineering Technology and devopment, ISSN(E): 2938-3778, V 3, I 2.

[6]. Tadjikuziyev R. M. (2025). Анализ технологий производства листовой стали и листового проката в Узбекистане. Eurasian Journal of Engineering Technology and devopment, ISSN(E): 2720-5746, www.ejid.journalspark.org.

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY FOR OBTAINING KNITTED FABRICS FROM VARIOUS RAW MATERIALS

S.U. Rakhmatova[1], B.B. Nizamova[2]

[1]Namangan State Technical University[1]
[2]Fergana State Technical University[2]
e-mail: sadoqat.ziynat@gmail.com
ORCID: 0009-0004-0451-9704
e-mail: b.nizamova.ferpi.uz
ORCID: 0000-0002-7309-8710

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Jahon miqyosida to’qimachilik va tikuv-trikotaj sanoati yetakchi o’rinda turadi. To’qimachilik va tikuv-trikotaj mahsulotlarini ishlab chiqarish kundan-kunga tobora ortib bormoqda, buning sababi dunyo miqyosida iste’mol darajasining oshishi bilan bog’liq.*

Maqolada turli xomashyolardan jakkard aylana ignadonli trikotaj to`quv mashinasida bosh va lastik trikotaj to`qimalari asosida trikotaj to`quv nashinasining texnologik imkoniyatlaridan keng foydalanib olish texnologiyasi ishlab chiqilgan.

To’quv usulida olingan mahsulotga, trikotaj usulida olinganga nisbatan xomashyo ko’p sarflanadi. Trikotaj tarkibi xilma-xil o’rilishlarga boy bo’lib, ularni amaliy bilmay turib tahlil qilish mumkin emas. Hozirgi kunda o’zida tashqi samara va fizik-mexanik xususiyatlarni mujassamlashtirgan keng ko’lamdagi turli trikotaj to’qima namunalari ishlab chiqarilmoqda.

Trikotaj to’qimalarini fizik-mexanik xususiyatlari va texnologik ko’rsatkichlarini amaliy tajribalar orqali nazariy tadqiq etish, olinadigan trikotaj mahsulotlarini sifat ko’rsatkichlarini yaxshilashga, ishlab chiqarish jarayonida oldindan prognozlash imkoniyatini yaratadi. Bu o’z navbatida ilmiy izlanishlar bilan iqtisodiy samaradorlikka erishish parametrlarini ham yuqorilashiga olib kelishi tadqiq etilgan.

Kalit so`zlar. *to'qimachilik, matolar, texnologik va fizik-mexanik ko'rsatkichlar, 2+1 lastik, 1+2 lastik, 1+1 lastik, paxta, ipak va viskoza, poliester.*

Аннотация*. Текстильная и швейно-трикотажная промышленность занимает ведущее место в мире. Производство текстильных и швейно-трикотажных изделий растёт с каждым днём, что обусловлено ростом уровня потребления в мировом масштабе.*

В статье разработана технология изготовления широкого ассортимента трикотажных полотен из различного сырья на жаккардовой кругловязальной машине на основе основного и

эластичного трикотажного полотна с использованием технологических возможностей трикотажного полотна.

Изделие, полученное ткацким способом, расходует больше сырья, чем изделие, полученное вязальным способом. Состав трикотажного полотна богат различными переплетениями, и его анализ невозможен без практических знаний. В настоящее время выпускается широкий ассортимент различных образцов трикотажных полотен, сочетающих как внешние воздействия, так и физико-механические свойства.

Теоретическое изучение физико-механических свойств и технологических показателей трикотажных полотен путём практических экспериментов позволяет улучшить показатели качества получаемых трикотажных изделий и прогнозировать их заранее в процессе производства. Это, в свою очередь, изучается для повышения параметров достижения экономической эффективности посредством научных исследований.

Ключевые слова: *текстиль, ткани, технологические и физико-механические показатели, ластик 2+1, ластик 1+2, ластик 1+1, хлопок, шелк и вискоза, полиэстер.*

Abstract. *The textile and clothing and knitwear industry occupies a leading place in the world. The production of textile and garment and knitwear products is increasing day by day, the reason for this is the increase in the level of consumption on a global scale.*

The article develops a technology for making a wide range of knitted fabrics from various raw materials on a Jacquard circular knitting machine based on the main and elastic knitted fabrics, using the technological capabilities of the knitted fabric.

The product obtained by the weaving method consumes more raw materials than that obtained by the knitting method. The composition of the knitted fabric is rich in various weaves, and it is impossible to analyze them without practical knowledge. Currently, a wide range of different knitted fabric samples are being produced, combining both external effects and physical and mechanical properties.

Theoretical study of the physical and mechanical properties and technological indicators of knitted fabrics through practical experiments makes it possible to improve the quality indicators of the resulting knitted products and to predict them in advance during the production process. This, in turn, is studied to increase the parameters of achieving economic efficiency through scientific research.

Keywords*: textile, fabrics, technological and physical-mechanical indicators, lastic 2+1, lastic 1+2, lastic 1+1, cotton, silk and viscose, polyester.*

Main part.

Consumer demand for textile and garment and knitwear products in the world is growing day by day. Scientific research is being conducted aimed at creating innovative technologies for the textile industry, providing for the effective use of modern scientific and technical achievements, and improving existing ones. Currently, the low cost of knitted products is ensured by the production of knitted fabrics with specified structural and special properties. One of the important tasks is the development and scientific substantiation of the regularities of the influence of the structure, composition, and production process of knitted fabrics on product quality [1].

One of the scientific and practical problems facing scientists in the textile industry is the development of a new resource-saving technology for obtaining new knitted fabric using existing technologies file:///C:/Users/user/Downloads/Telegram Desktop/Xalqaro konferensiyaga.docx, the effective use of local raw materials, research on quality indicators, expanding the range of products, reducing the cost of production, and expanding the technological capabilities of knitting machines by improving the technology for obtaining knitted fabrics with a new structure [2; 42-46 p].

The structure of knitted fabric is an important characteristic of it, and its filling with threads per unit area is less than that of knitted fabrics. For this reason, knitted fabrics have high volume content (knitted fabric density 0.2-0.3 g/cm^3, fabric density 11.3 g/cm^3) [3; 9-12 p].

The raw material consumption for the product obtained by the knitting method is higher than for the product obtained by the knitting method.

The composition of knitted fabric is rich in various weaves, which cannot be analyzed without practical knowledge. Currently, a wide range of various knitted fabric samples are being produced that combine external effects and physical-mechanical properties [4., 5136-5141p].

Currently, there is great interest in obtaining knitted fabrics produced on circular two-bed jacquard machines, which are widely used in local enterprises for the production of outer

knitwear [5., 397-404p].

On the basis of patterned knitted fabrics, knitted fabrics with new properties are obtained by introducing additional elements (half-ring, stretch, additional threads) or by changing the production process [6.,87p].

Clothes made with the full use of synthetic threads have lower hygienic properties, but if a certain percentage of synthetic threads are added to natural raw materials, the marketable properties of the product are significantly improved [7., 65-73b; 8, p. 17-19].

Samples of knitted fabric were obtained using different raw materials, and the structure of the fabric based on plain and elastic weave was obtained by the same method. Sample I is made of 50% cotton yarn and 50% viscose yarn, Sample II is made of 85% cotton yarn and 15% silk, Sample III is made of 15% silk and 85% viscose, sample IV was developed using 100% cotton yarn, and sample V - 50% cotton yarn and 50% polyester.

The type of raw material used in knitted fabrics, yarn and yarn number, and fiber composition influence its various properties.

In all variants of knitted fabric obtained from different raw materials, the structure of the fabric is the same, and two loop-forming systems are involved in its production on a double-circular needle bed machine: a cylindrical needle bed and a rib washer.

As a result of the operation of loop-forming systems in the given sequence, horizontal rollers are formed on one or both sides of the knitted fabric. In the loop-forming system for knitting heddle rows, the design of the lifting wedges should be such that the wedge ensures the operation of all the needles in the cylinder and disk, which means that each system should have a two-stage wedge in the cylinder and disk. The resulting knitted fabric has a diamond-shaped pattern, which is obtained by elastic placement of the needles of the knitted fabric.

When producing knitted fabrics, the maximum capabilities of the double-circular needle bed machine were widely used.

Conclusion.

When creating a double-layered patterned knitted fabric, a patterned fabric was obtained by blending lastic 2+1, lastic 1+2, lastic 1+1, and derivative plain knitting using ribs and cylindrical needles.

The repeat of this knitted fabric was 5 lengthwise and 30 crosswise.

Due to the use of these weaves, a rhombus pattern was obtained on the surface of the knitted fabric. Due to the effective use of inter-needle derivative plain and elastic knitted fabrics, an improvement in the quality indicators of the fabrics was achieved.

The obtained knitted fabrics can be obtained on circular knitting machines using various local raw materials and are intended for cutting and sewing outer knitted products.

References

[1]. Холиков, К. М., Шогофуров, Ш. Ш., Журабоев, А. Т., Мусаев, Н. М., & Муқимов, М. М. Quality Assessment of Two-layer Refined Knitting. Jour of Adv Research in Dynamical & Control Systems, 12.

[2]. Shaxbozjon Shogofurov, Mamurjon Ergashev, Xakimjon Xamdamov, Nozima Salayeva, Kurbanali Kholiqov, Xadicha Mamatova; Complex evaluation diagram of backed knitted fabric. AIP Conf. Proc. 23 June 2023; 2789 (1): 040124.

[3]. Shaxbozjon Shogofurov, Gulshan Musaeva, Xakimjon Xamdamov, Nozima Salayeva, Kurbanali Kholiqov, Xadicha Mamatova; Complex evaluation of knitted fabric obtained on a flat needle machine. AIP Conf. Proc. 23 June 2023; 2789 (1): 040125.

[4]. Jurabayev, N., Shogofurov, S., Kholikov, K., & Meliboev, U. (2021). Study of the fabric structure influence on the physical-mechanical and technological properties of knitted products. In E3S Web of Conferences (Vol. 304, p. 03030). EDP Sciences.

[5]. Shaxbozjon Shogofurov, Rustamjon Oxunov, Durdona Hojimatova, Azizbek Turgunov, Kurbanali Kholiqov; Mathematical modeling of the elongation of a knitted fabric. AIP Conf. Proc. 23 June 2023; 2789 (1): 040131.

[6]. Shaxbozjon Shogofurov, Nematjon Yokubjanov, Jamshid Borotov, Shohabbos Dedaboyev, Kurbanali Kholiqov; Complex assessment of mixed knitted fabric. AIP Conf. Proc. 23 June 2023; 2789 (1): 040021.

[7]. Komola Murodxodjaeva, Naima Sodiqova, Patxillo Siddiqov, Dilrabo Nazarova, Maxnuza Jalilova, Shaxbozjon Shogofurov; Some peculiarities of the production of fabrics with large patterns using the coordinate method. AIP Conf. Proc. 11 March 2024; 3045 (1): 030041.

[8]. Shaxbozjon Shogofurov, Xakimjon Xamdamov, Durdona Hojimatova, Mamurjon Ergashev, Jamshid Borotov; Analysis of textile technologies and physical-mechanical devices produced by HpQDS software on flat needle knitting machines. AIP Conf. Proc. 11 March 2024; 3045 (1): 030044.
[9]. Rahmatova Sadoqat Umarjonovna., Scientific Approach to Considering Properties in the Design of Garments Made from Knitted Fabrics., Scientific and Technical Journal Namangan Institute of Engineering and Technology Volume 10 Issue 4 2025 44-47 bet.
[10]. Rahmatova Sadoqat Umarjonovna., Technology for obtaining knitted fabrics from various raw materials., Volume 10 Issue 4 2025 48-53 bet.
[11]. B.B. Nizamova, Q.M. Xoliqov, S.U. Rahmatova., Yassi ikki ignadonli trikotaj mashinalarning texnologik imkoniyatlari va olingan trikotaj to‘qimalarning tahlili., Фарғона давлат техника университети И л м и й – т е х н и к а журнали., Scientific-technical journal (STJ FerSTU, ФарДТУ ИТЖ, НТЖ ФерГТУ, 2025, Т.29.спец.выпуск №19) 190-192.
[12]. Rahmatova Sadoqat Umarjonovna., Theoretical Study of the Quality Indicators of Newly Structured Knitted Fabrics Based on a Mathematical Model., Scientific and Technical Journal Namangan Institute of Engineering and Technology Volume 10 Issue 3 2025., 65-70 pages.
[13]. Rakhmatova Sadoqat Umarjonovna., Research on the Technology of Producing New-Structure Knitted Fabric Materials and their Physical and Mechanical Properties., “To‘qimachilik va moda sanoatida ilm-fan va innovatsiyalar” ilmiy texnika jurnali www.namdtu.uz ISSN 3030-3788 №5/2025 158-163 bet.
[14]. Rahmatova Sadoqat Umarjonovna., Trikotaj to`qima matolarining ishlab chiqarish texnologiyasini takomillashtirish yo`llari., 2025-yil 23-24 oktyabr kunlari Namangan davlat texnika universitetida “O‘zbekiston yengil sanoati raqobatbardoshligini oshirish dolzarb masalalari: innovatsion yechimlar va raqamli integratsiya” mavzusidagi Respublika ilmiy-amaliy anjumani//Maqolalar to`plami 1-tom 84-86 bet Namangan 2025.

BAMBUK TOLALARINING TO‘QIMACHILIKDA QO‘LLANISHI VA YANGI RO‘MOLBOP TO‘QIMALAR ISHLAB CHIQARISH TEXNOLOGYASINI YARATISH

S.G‘. Axmadaliyeva

Farg‘ona davlat texnika universiteti
ORCID 0009-0001-4528-8082
e-mail: saidaaxmadaliyeva45@gmail.com
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya*: Ushbu maqolada bambuk tolasidan yangi turdagi ro‘molbop to‘qima ishlab chiqarish texnologiyasi yaratilgan. So‘nggi yillarda ekologik toza va sog‘liq uchun foydali tolalardan foydalanishga talab ortib bormoqda. Shulardan biri bambuk tolasi hisoblanadi. Bambukdan olinadigan tolalar tabiiy ravishda antibakterial xususiyatga ega, havo o‘tkazuvchanligi yuqori bo‘lgan tola hisoblanadi.*

Kalit so‘zlar: *bambuk tolasi, tanda, arqoq, ro‘molbop to‘qimalar, havo o‘tkazuvchanlik, ekologik toza.*

Аннотация: *В данной статье описывается технология производства нового типа ткани, напоминающей шарф, из бамбукового волокна. В последние годы наблюдается растущий спрос на использование экологически чистых и безопасных для здоровья волокон. Одним из таких волокон является бамбуковое волокно. Бамбуковые волокна обладают природными антибактериальными свойствами и высокой воздухопроницаемостью.*

Ключевые слова: *бамбуковое волокно, танда, арког, ткани, напоминающие шарф, воздухопроницаемость, экологичность.*

Abstract: *This article describes a technology for producing a new type of scarf-like fabric from bamboo fiber. In recent years, there has been an increasing demand for the use of environmentally friendly and healthy fibers. One of these is bamboo fiber. Bamboo fibers are naturally antibacterial and have high air permeability.*

Keywords: *bamboo fiber, tanda, arkog, scarf-like fabrics, air permeability, environmentally friendly.*

Kirish

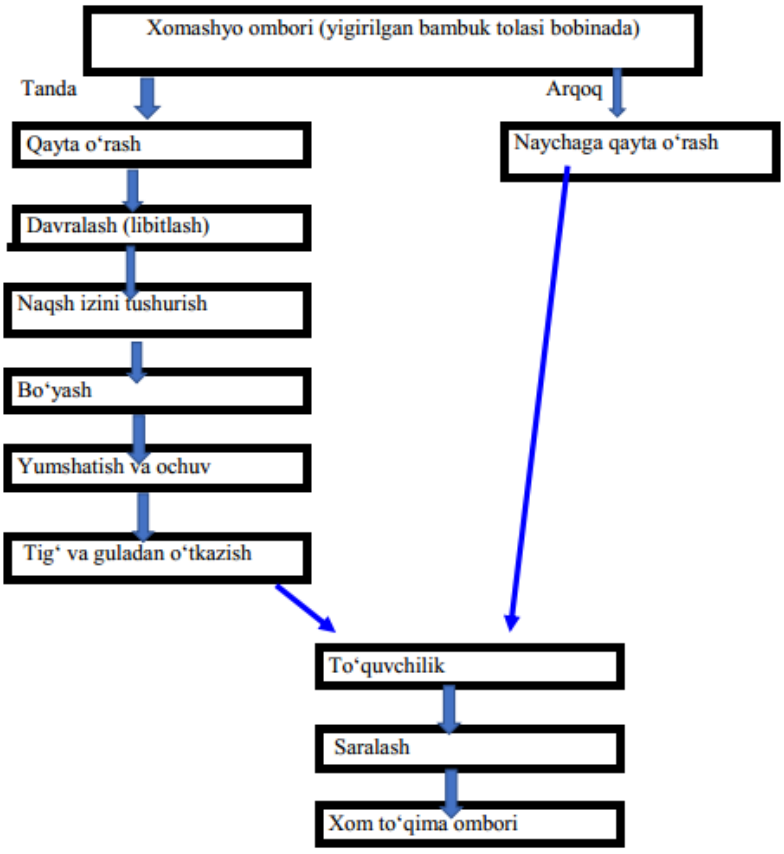
Bugungi kunda yengil sanoatning muhim yo‘nalishlaridan biri bu- to‘qimachilikdir. Barcha to‘qimachilik mahsulotlari kabi, ro‘mol insonning kundalik ehtiyojida ham, estetik didini ifodalashda ham o‘ziga xos ahamiyatga ega. Ayniqsa, tabiiy tolalardan tayyorlangan ro‘molbop to‘qimalar ekologik xavfsizligi, gigiyenik xususiyatlari va dizayndagi imkoniyatlari bilan ajralib

turadi. Shuningdek, bambuk tolasi selluloza asosida olinadi. U ipak va paxtaga nisbatan yuqori gigroskopiklikka ega, ya'ni namlikni tez shimadi va tez quriydi. Shu bilan birga tolalar mayin , ipakdek jiloli bo'lib, ro'mol ishlab chiqarish uchun qulay xomashyo hisoblanadi.

Mazkur tadqiqotda bambuk tolasidan to'qimalar ishlab chiqarish va to'qimachilik mahsulotlar assortimentini kengaytirish maqsadida ro'molbop to'qima ishlab chiqarish texnologiyasi yaratilgan.

Assosiy qism.

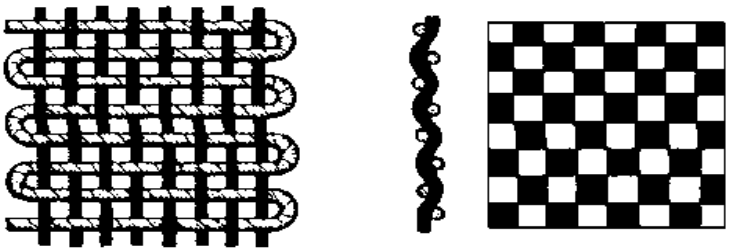
Ro'molbop to'qimalar assortimentini kengaytirish maqsadida polotno o'rilish asosida bo'lgan bambuk tolali ro'molbop gazlamaning ishlab chiqarish texnologiyasi yaratilgan (1-rasm).



1-rasm. Bambuk tolasidan ro'molbop to'qima olish texnologiyasi.

Ishlab chiqariladigan to'qimalarning turli o'rilish strukturalariga ko'ra mexanik xususiyatlarida, chidamlilik, havo o'tkazuchanlik, tivitlanish hosil bo'lishiga qarshilik va boshqa ko'rsatkichlar farq qiladi. Shu kungacha olib borilgan tadqiqot natijalariga ko'ra polotno to'qimadagi chidamlilik boshqa o'rilish strukturasidagi to'qimalarga qaraganda yuqori bo'ladi. Shuning uchun ham ushbu ro'molbop to'qima polotno o'rilish asosida to'qilgan.

Bambuk tolasi maxsus tozalash va tarash jarayonlaridan keyin yigiruv mashinalarida ipga aylantiriladi. Dastlab tandalash romiga qulay o'ramani o'rnatish uchun iplar bobinadan g'altakka qayta o'raladi. To'quv sexiga qabul qilingan xomashyo g'altaklarda tanda tayyorlash romiga teriladi. G'altaklar soni tandadagi iplar sonidan kelib chiqilishi kerak. Bu jarayon bambuk tolalarining sifatini yaxshilash ipni tekislash va keyingi ishlab chiqarish bosqichlariga tayyorlash uchun amalga oshiriladi.. Qayta o'rash jarayoni 20 teksli 1 qavat bambukda olib boriladi. To'quvga iplarni tayyorlash uchun dastlab iplar davralash, libitlash va bo'yash jarayonlaridan o'tkaziladi. Ip o'tkazish jarayonlaridan keyin to'quv jarayonlarida to'qima olish bilan yakunlanadi.



2-rasm. Polotno o'rilishi.

Xulosa.

Bambuk tolasi asosida ro'molbop to'qima ishlab chiqarish ekologik, gigiyenik va texnologik afzalliklarga ega ekanligi isbotlandi. Ushbu toladan tayyorlangan matolar yengil, nafis va sog'lik uchun foydali bo'lib, gippoallergenik xususiyatga ega. Yangi turdagi ro'molbop to'qima "YODGORLIK" MCHJ korxonasida ishlab chiqarishga joriy etildi.

Adabiyotlar

[1]. Karimov A. va boshq. Tekstil materialshunosligi. – Toshkent: O'zbekiston Milliy universiteti nashriyoti, 2020.

[2]. Axmadaliyeva S. Valiyev G.N. Tabiiy ipakning ikkilamchi xomashyosidan ro‘molbop gazlama ishlab chiqarish. Ilmiy-texnika jurnali. Farg‘ona-2024
[3]. Axmadaliyeva S. Valiyev G.N. Fabrics obtained in silk industry and their specific characteristics. Farg’ona-2024
[4]. Park J., Kim S. Bamboo Fiber and Its Textile Applications. Journal of Textile Science, 2018.
[5]. Liu Y., Chen X. Properties of Bamboo Fiber and Its Utilization in Fabrics. International Journal of Clothing Science, 2021.
[6]. Xudoyqulova M. Yangi turdagi tolalar asosida mato ishlab chiqarish texnologiyasi. – Toshkent: Innovatsiya nashriyoti, 2022.

ЎЗБЕКИСТОН ИҚЛИМ ШАРОИТИДА КАНАТНИК НАМУНАЛАРИНИНГ УНУВЧАНЛИГИ ВА ДАСТЛАБКИ ЎСУВ БОСҚИЧЛАРИНИ БАҲОЛАШ

Р.К. Джамолов[1], Ж.Ғ. Ғайратов[2]

[1]Толали экинлар илмий тадқиқот институти
[2]Фарғона давлат техника университети
(Қабул қилинди 16.04.2026 й.)

Аннотация. *Ушбу мақолада Ўзбекистон иқлим шароитида турли мамлакатлардан келтирилган канатник (Abutilon theophrasti Medik.) намуналарининг унувчанлиги ва дастлабки ўсув босқичлари ўрганилган. Тажрибалар Ўсимликлар генетик ресурслари илмий-тадқиқот институти тажриба майдонида олиб борилди. Тадқиқотда 9 та намуна иштирок этди ва уларнинг униб чиқиш динамикаси ҳар 3 кунда баҳоланди. Натижаларга кўра, уруғларнинг асосий қисми экишдан кейинги 3–9 кунлар давомида униб чиққанлиги аниқланди. Энг юқори унувчанлик кўрсаткичи К-142 намунасида қайд этилиб, 96 % ни ташкил қилди. Шунингдек, К-84, К-170 ва К-14 намуналари ҳам юқори унувчанлик кўрсаткичларини намоён қилди. Олинган натижалар канатникнинг Ўзбекистон шароитида етиштириш имкониятларини баҳолаш ҳамда истиқболли намуналарни танлаш учун илмий асос бўлиб хизмат қилади.*

Калит сўзлар: *канатник, Abutilon theophrasti, унувчанлик, фенологик кузатув, ўсиш динамикаси, намуна, толали экин, интродукция, агробиологик баҳолаш.*

Аннотация. *В данной статье изучены всхожесть и начальные этапы роста образцов канатника (Abutilon theophrasti Medik.) различного происхождения в климатических условиях Узбекистана. Исследования проводились на опытном участке Научно-исследовательского института генетических ресурсов растений. В эксперименте были изучены 9 образцов, а динамика их прорастания оценивалась через каждые 3 дня. Результаты показали, что основная часть семян проросла в течение 3–9 дней после посева. Наибольшая всхожесть отмечена у образца К-142 и составила 96 %. Высокие показатели также были зафиксированы у образцов К-84, К-170 и К-14. Полученные результаты могут служить научной основой для оценки возможностей возделывания канатника в условиях Узбекистана и отбора перспективных образцов для дальнейших исследований.*

Ключевые слова: *канатник, Abutilon theophrasti, всхожесть семян, фенологические наблюдения, динамика роста, образец, лубяные культуры, интродукция, агробиологическая оценка.*

Abstract. *This article presents the results of studying the germination and early growth stages of different accessions of velvetleaf (Abutilon theophrasti Medik.) under the climatic conditions of Uzbekistan. The experiments were conducted at the experimental field of the Research Institute of Plant Genetic Resources. A total of nine accessions were evaluated, and germination dynamics were recorded at three-day intervals. The results showed that the majority of seeds germinated within 3–9 days after sowing. The highest germination rate was observed in accession K-142, reaching 96%. High germination performance was also recorded in accessions K-84, K-170, and K-14. The obtained results provide a scientific basis for assessing the cultivation potential of velvetleaf under Uzbekistan conditions and for selecting promising accessions for further studies.*

Keywords: *velvetleaf, Abutilon theophrasti, seed germination, phenological observations, growth dynamics, accession, fiber crop, introduction, agrobiological evaluation.*

Кириш

Дунё миқёсида экологик хавфсиз ва қайта тикланувчи хомашё манбаларига бўлган эҳтиёжнинг ортиши табиий толали экинларни кенг ўрганишни тақозо этмоқда. Шундай

истиқболли ўсимликлардан бири канатник (Abutilon theophrasti Medik.) ҳисобланади. У қисқа вегетация даврига, юқори мослашувчанлик хусусиятига ва турли тупроқ-иқлим шароитларида ўсиш қобилиятига эга бўлиб, келажакда тола олиш учун қўшимча хомашё манбаи сифатида аҳамият касб этиши мумкин [1, 2].

Толали экинларни жорий этишда уруғларнинг дала шароитидаги унувчанлиги ва дастлабки ўсиш суръати муҳим аҳамиятга эга. Чунки ниҳолларнинг қисқа муддатда ва бир текис униб чиқиши кейинги агротехник тадбирларни самарали ташкил этиш ҳамда юқори маҳсулдорликка эришиш учун асос яратади.

Шу муносабат билан мазкур тадқиқотнинг мақсади Ўзбекистон иқлим шароитида турли мамлакатлардан келтирилган канатник намуналарининг унувчанлиги ва дастлабки ўсув босқичларини баҳолашдан иборат бўлди.

Тадқиқот объекти ва услубияти

Тадқиқотлар Ўсимликлар генетик ресурслари илмий-тадқиқот институти тажриба майдонида олиб борилди. Экиш ишлари 2 апрель куни тупроқнинг физик етилиши таъминланган шароитда амалга оширилди.

Тажриба майдони экишдан олдин агротехник талабларга мувофиқ тайёрланди. Ер майдони юмшатилди, текисланди ва қатор оралари 70 см қилиб белгиланди. Барча вариантлар бир хил агротехник шароитда қатор усулида экилди (1-расм).

1-расм. Ўсимликни экишга жой тайёрлаш ва экин жараёни.

Тадқиқот объекти сифатида турли мамлакатларга мансуб 9 та канатник намунаси танлаб олинди (1-жадвал).

1-жадвал

Тадқиқотда ўрганилган канатник намуналари

Вариант	Каталог рақами	Мамлакат
1	К-142	Хитой
2	К-84	Россия
3	К-93	Корея
4	К-155	Хитой
5	К-170	Хитой
6	К-88	Руминия
7	К-31	Россия
8	К-85	Ўзбекистон
9	К-14	Ўзбекистон

Фенологик кузатувлар ниҳоллар пайдо бўлиши билан бошланиб, ҳар 3 кунда мунтазам равишда олиб борилди. Кузатувларда уруғларнинг униб чиқиш тезлиги, умумий унувчанлик даражаси ва униб чиқишнинг бир текислиги баҳоланди (2-расм).

2-расм. Унувчанликнинг ўзгариши.

Тадқиқот натижалари ва муҳокама

Кузатувлар натижалари шуни кўрсатдики, канатник уруғларининг асосий қисми экишдан кейинги 3–9 кунлар давомида униб чиққан. 12-кунга келиб эса барча вариантларда унувчанлик кўрсаткичлари барқарорлашган.

2-жадвал

Канатник намуналарининг унувчанлик динамикаси

Вариант	3-кун (%)	6-кун (%)	9-кун (%)	12-кун (%)
К-142	62	88	94	96
К-84	48	76	88	92
К-93	50	75	89	91
К-155	48	70	85	89
К-170	50	78	90	92
К-88	38	64	86	88
К-31	50	76	88	90
К-85	47	71	85	89
К-14	46	78	89	92

2-жадвал маълумотларидан кўриниб турибдики, дастлабки 3 кунлик даврда энг юқори унувчанлик К-142 намунасида кузатилиб, 62% ни ташкил этди. Бу кўрсаткич бошқа намуналарга нисбатан юқори бўлиб, мазкур намуна уруғларининг тез униб чиқиш қобилиятига эгалигини кўрсатади.

Олтинчи кунга келиб К-142 намунасида унувчанлик 88% га етди. Шу билан бирга К-170 ва К-14 намуналарида ҳам нисбатан юқори кўрсаткичлар қайд этилди. К-88 намунаси эса барча кузатув даврларида нисбатан паст натижа намоён қилди.

Тўққизинчи кунга келиб аксарият вариантларда унувчанлик 85–94% оралиғида шаклланди. Бу эса канатник намуналарининг Ўзбекистоннинг баҳорги тупроқ-иқлим шароитида муваффақиятли униб чиқишини кўрсатади.

Якуний баҳолаш натижаларига кўра энг юқори унувчанлик К-142 намунасида кузатилиб, 96% ни ташкил этди. Кейинги ўринларда К-84, К-170 ва К-14 намуналари қайд этилди. Ушбу натижалар мазкур намуналарнинг маҳаллий шароитга яхши мослашаётганлигидан далолат беради.

Тажриба натижалари шуни кўрсатдики, намуналар ўртасидаги фарқлар асосан дастлабки униб чиқиш босқичида яққол намоён бўлиб, кейинги кузатув муддатларида бу тафовут маълум даражада камайган.

Олиб борилган тадқиқотлар асосида қуйидаги хулосаларга келинди:

1. Ўзбекистоннинг баҳорги тупроқ-иқлим шароити канатник уруғларининг муваффақиятли униб чиқиши учун қулай шароит яратди.

2. Канатник намуналарида уруғларнинг асосий қисми экишдан кейинги 3–9 кунлар давомида униб чиққанлиги аниқланди.

3. Барча намуналарда якуний унувчанлик даражаси 88–96% оралиғида шаклланди, бу эса уларнинг юқори биологик қобилиятга эгалигини кўрсатади.

4. К-142 намунаси энг юқори унувчанликни намоён қилиб, 12-кунга келиб 96% кўрсаткичга эришди.

5. К-84, К-170 ва К-14 намуналари ҳам юқори унувчанлик кўрсаткичлари билан ажралиб турди ва кейинги селекцион ҳамда агробиологик тадқиқотлар учун истиқболли манба сифатида баҳоланди.

6. Олинган натижалар канатникнинг Ўзбекистон шароитида етиштириш имкониятларини баҳолаш ва келгусида энг мақбул намуналарни танлаш учун илмий асос бўлиб ҳизмат қилади.

Адабиётлар

[1]. Djamolov R.K, M.R.Mo‘minov. Kanatnik (abutilon) tolali o‘simligidan tola Ajratish jarayoni va sanoat uchun istiqbolli Navlar. «Tolali ekinlarni yetishtirish va qayta ishlash Texnologiyasi istikbollari» mavzuda respublika Miqyosidagi ilmiy-amaliy konferensiya. 2025 yil 10-11 dekabr.-28b.

[2]. Djamolov R.K. Kanatnik (abutilon) tolali o‘simligining fenologik va marfologik xususiyatlari. «Tolali ekinlarni yetishtirish va qayta ishlash Texnologiyasi istikbollari» mavzuda respublika Miqyosidagi ilmiy-amaliy konferensiya. 2025 yil 10-11 dekabr.-25b.

QURUQ ISSIQ IQLIM SHAROITIDA ADIABATIK SUV PURKASH TIZIMLARI YORDAMIDA BINOLAR MIKROIQLIMINI YAXSHILASH VA ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH

X.Sh. Nasriddinov, 2.22 BIQ gurux talabasi X.A. Omonov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
Elektron pochta: biqxasanboy@gmail.com tel: +99890 211-65-75

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Mazkur maqolada quruq issiq iqlim sharoitida binolar mikroiqlimini yaxshilash hamda energiya samaradorligini oshirish maqsadida sun’iy tartibga solish (suv purkash) tizimining samaradorligi tajriba tadqiqotlari va matematik modellashtirish usullari yordamida tadqiq qilingan. Tizim ishga tushirilganda havo haroratining 4-6 ℃ gacha pasayishi va nisbiy namlikning optimal 8-12 % gacha ortishi aniqlandi. COMSOL Multiphysics dasturida yordamida modellashtirish asosida eksperimental ma’lumotlarni taxlil qilish natijasija 95.2 % aniqlikda tasdiqladi. Tizimni qo‘llash bino to‘siq konstruksiyalaridan o‘tuvchi issiqlik oqimini kamaytirib, yozgi konditsionerlash tizimlarining mavsumiy elektr energiyasi sarfini tejashga imkonini beradi.*

Kalit so‘zlar: *adiabatik sovitish, mikromuhit, energiya samaradorlik, suv purkash tizimi, raqamli modellashtirish, CFD, COMSOL Multiphysics, issiqlik balansi.*

Аннотатсия: *В данной статье с помощью экспериментальных исследований и методов математического моделирования исследована эффективность системы искусственного регулирования (распыления воды) с целью улучшения микроклимата зданий и повышения энергоэффективности в условиях сухого жаркого климата. Установлено, что при запуске системы температура воздуха снижается до 4-6 °C, а относительная влажность повышается до оптимальных 8-12%. Анализ экспериментальных данных на основе моделирования с помощью программы COMSOL Multiphysics подтвердил результат с точностью 95,2%. Применение системы*

позволяет снизить тепловой поток, проходящий через ограждающие конструкции здания, и экономить сезонное потребление электроэнергии системами летнего кондиционирования.

Ключевые слова: *адиабатическое охлаждение, микроклимат, энергоэффективность, распыление воды, численное моделирование, CFD, COMSOL Multiphysics, тепловой баланс.*

Abstract: *In this article, the effectiveness of an artificial control (water spraying) system was investigated using experimental research and mathematical modeling methods to improve the microclimate of buildings and increase energy efficiency in dry hot climates. A decrease in air temperature to 4-6°C and an increase in relative humidity to an optimal level of 8-12% were determined upon system activation. The results of the analysis of experimental data based on modeling using the COMSOL Multiphysics program were confirmed with an accuracy of 95.2%. The use of the system reduces the heat flow through the building's building envelopes, saving the seasonal electricity consumption of summer air conditioning systems.*

Keywords: *adiabatic cooling, microclimate, energy efficiency, water spray system, numerical modeling, CFD, COMSOL Multiphysics, heat balance.*

Kirish

Markaziy Osiyoning keskin kontinental, quruq va issiq iqlim sharoitida yoz oylarida tashqi havo harorati +40···+45°C dan yuqoriga ko‘tarilib, havoning nisbiy namligi 10-15 % gacha tushib ketadi. Bunday sharoitda binolarning tashqi devorlari quyosh radiatsiyasi hamda konvektiv issiqlik almashinuvi natijasida kuchli qizishga (peregrev) uchraydi. Ichki muhitda qulay mikromuhitni saqlash uchun an’anaviy siqish tipidagi konditsionerlardan foydalanish elektr energiyasi iste’molini keskin oshirib yubormoqda.

Shu sababli, bino tevarak-atrofi va fasadoldi havo muhitini ekologik toza va muqobil usullar — ya’ni mayda dispersli adiabatik (bug‘lanish hisobiga) sovitish tizimlari yordamida ekranlash dolzarb muhandislik vazifasi hisoblanadi. Bu jarayonda suv suyuqlikdan gaz fazasiga o‘tishi uchun atrof-muhitdan yashirin bug‘lanish issiqligini yutadi, natijada havo harorati pasayib, namligi me’yorlashadi [11].

Tadqiqot metodikasi

Tadqiqotda Farg‘ona shahri iqlim sharoitida o‘tkazilgan tajriba tadqiqot ishlari va olib borilgan o‘lchovlar hamda COMSOL Multiphysics dasturi yordamida matematik modellashtirish (CFD) usullaridan foydalanildi [5,8].

Mikroiqlimni sun’iy tartibga solish tizimi (MSTT) sifatida yuqori bosimli (50–70 bar) nasos, maxsus plastik quvurlar va chiqish diametri d = 0.15 mm bo‘lgan zanglamas po‘latdan yasalgan forsunkalar qo‘llanildi. Tashqi va bino ichki miqroiqlim havo parametrlari quyidagi o‘lchash asboblaridan foydalanildi:

1. Termogigrometr
2. Anemometr
3. Infraqizil termometr
4. Termometr
5. Psixrometr
6. Teplovizor

Forsunkalar yer sathidan 12 m balandlikda joylashtirildi. Forsunkalar orasidagi masofa 1.0 metrdar 2.0 metrgacha joylashtirilgan.

Havo oqimi va suv tamchilarining o‘zaro issiqlik-namlik almashinuvi sohadagi Nave-Stoks tenglamalari va turbulentlikning k-ε modeli asosida, suvning bug‘lanishi yashirin issiqlikni ($Q_{evap}=m_{evap}\cdot r$) inobatga olingan holda COMSOL dasturida 3D ko‘rinishda modellashtirildi (bu yerda $r\approx 2.26x10^6 J/kg$).

Natijalar

Tajriba tadqiqotlari yoz faslining eng issiq oylari kunlarida soat 12:00 dan 16:00 gacha bo‘lgan vaqt oralig‘ida olib borildi. Tizim ishga tushirilishidan oldin tashqi havo parametrlari yani harorati maksimal 41.5°C ni, nisbiy namlik esa minimum 20 % ni tashkil etgan.

Сунъий совитиш тизими ишга тушиб сув пуркаш faollashtirilgandan кейин 10 daqiqa o‘tgach, forsunkalardan 1.0 m masofada (bino devori yaqinida) havo harorati 4°C dan 6°C gacha,

ya’ni ΔT = 6℃ ga pasaydi. Namlik ko‘rsatkichi esa inson organizmi uchun qulay bo‘lgan 31 % gacha ko‘tarildi (1-jadval).

1-jadval. MSTT ishlash jarayonida havo ko‘rsatkichlarining o‘zgarishi

Kunlar	Xonalar	Harorat °C		Namlik %		Yog‘in %	Shamol m/s
		Oldingi soat 12:00	Keyingi soat 15:00	Oldingi soat 12:00	Keyingi soat 15:00		
21.07.21	4-101	32	28	38	45	-	0.4
	4-201	32	29	36	43		
	4-302	33	29	35	42		
	4-403	33	30	34	41		
	4-502	33	30	34	37		
	tashqari	**34**	**30**	**34**	**37**		

COMSOL Multiphysics dasturida bajarilgan raqamli aerodinamik model natijalari ham devor oldida o‘rtacha haroratni 30.8℃ ekanligini ko‘rsatdi. Bu tajriba natijasi bilan yuqori darajadagi moslikni (95.2%) isbotlaydi.

Muhokama

Suvning o‘ta mayda dispersli (10-15 m) ko‘rinishda purkalishi issiq havoda suv tomchilarining devor sirtiga suyuqlik holatida yetib bormasdan, havoning o‘zida bug‘lanib ketishini ta’minlaydi. Bu esa devorlarning namlanib zararlanishini oldini oladi.

Qurilish issiqlik texnikasi me’yorlari (QMQ 2.01.04–18) bo‘yicha, tashqi devor sirti yaqinidagi havo haroratining 41.5℃ dan 30.3℃ ga tushishi bino ichiga o‘tuvchi issiqlik oqimi hajmini ($q = \frac{1}{R_0}$ (T_{tashqi} - T_{ichki})) 34.5 % ga kamaytiradi. Natijada, bino ichki xonalaridagi konditsionerlarga tushadigan issiqlik yuklamasi yengillashib, mavsumiy elektr energiyasi sarfi 18.4 % gacha tejaladi. Tizimning suv sarfi (soatiga 4 litr) va nasos quvvati (0.75 kW) iqtisodiy jihatdan baholanganda, loyiha o‘zini 3.5–4 mavsumda to‘liq qoplaydi.

Xulosa

1. Yuqori bosimli adiabatik suv purkash tizimi quruq issiq iqlim sharoitida bino fasad oldi havo haroratini 6℃ gacha pasaytirish va nisbiy namlikni 31-38 % gacha optimallashtirish imkonini beradi.
2. COMSOL Multiphysics dasturida ishlab chiqilgan raqamli model real jarayonlarni 95.2 % aniqlikda aks ettirdi.
3. Mazkur tizimning qo‘llanilishi bino to‘siq konstruksiyatlaridan o‘tuvchi issiqlik oqimini sezilarli kamaytirib, konditsionerlarning mavsumiy elektr energiyasi sarfini umumiy hisobda 18.4 % gacha tejaydi.

Adabiyotlar

[1]. Bogoslovskiy V.N. Stroitelnaya teplofizika. Moskva, 2018.
[2]. Fokin K.F. Stroitelnaya teplotexnika ograjdayushix konstruksiy. Moskva, 2016.
[3]. ASHRAE Standard 55-2020. Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy.
[4]. O‘zbekiston Respublikasi QMQ 2.01.04–2018. “Qurilish issiqlik texnikasi”. Toshkent.
[5]. Hong B., Liu A., Su M. Outdoor evaporative cooling systems for urban microclimate improvement // Building and Environment. 2021. Vol. 199.
[6]. Isachenko V.P. Teploperedacha. Moskva, Energiya, 1981.
[7]. Awbi H.B. Ventilation of Buildings. London, 2017.
[8]. Chen Q. Ventilation performance prediction for buildings: A method overview and recent applications // Building and Environment. 2009.
[9]. Oke T.R. Boundary Layer Climates. Routledge, 2002.
[10]. Santamouris M. Energy and Climate in the Urban Built Environment. London, 2001.
[11]. Nasriddinov X.Sh. Kvartira va uy-joylarning havo muhitini sun’iy tartibga solish tizimlari // Spectrum Journal of Innovation, Reforms and Development. 2024. №9. P. 169-174.
[12]. Nabiev M.N., Nasriddinov X.Sh., Kodirov G.M. Vliyanie Vodorastvorimых Soley Na Ekspluatatsionnie Svoystva Narujnie Sten // Ta’lim va rivojlanish tahlili onlayn ilmiy jurnali. 2023. 3(5). P. 212-218.

УДК: 633.511:575.127.2

ТУРЛАРАРО ДУРАГАЙЛАШ ОРҚАЛИ ОЛИНГАН ДУРАГАЙЛАРДА „УНИБ ЧИҚИШ-50% ПИШИШ“ КЎРСАТКИЧИНИНГ ЎЗГАРУВЧАНЛИГИ

А.Ш. Эргашев*, Б.И. Мамарахимов, Ш.Э. Намазов, О.Х. Содиқова

[1]*Пахта селекцияси,уруғчилиги ва етиштириш агротехнологиялари илмий тадқиқот институти*

e.mail: ergashev_abror_1993@mail.ru orcid.org/0009-0003-6490-3516

e.mail: bunyodmamarahimov@mail.ru https://orcid.org/0000-0002-3687-9892

e.mail: namazov_05@mail.ru orcid.org/0000-0003-2674-7228

e.mail: ozodaxonsodiqova11@gmail.com orcid.org/0009-0004-9956-5905

(Қабул қилинди 16.04.2026 й.)

Аннотация. *Мазкур мақолада турлараро дурагайлаш орқали олинган дурагайларда „Униб чиқиш-50% пишиш“ кўрсаткичининг ўзгарувчанлиги ўрганилган. Тадқиқот натижаларига кўра, йиллар кесимида ЛЦГ-4/06 (О-87-94) комбинацияси бошқа ашёларга нисбатан тезпишар бўлди. ЛЦГ-22/06, ЛЦГ-2/06 (О-132-37) ва ЛЦГ-3/06 (О-963-72) комбинациялари ўсимликлари мос равишда 123,9, 122,4 ва 122,1 кунда пишиб, бошқа комбинацияларга нисбатан бирмунча кеч пишганлиги намоён бўлди.*

Калит сўзлар. *Турлараро, дурагай, ғўза, ўсимлик, пишиш, комбинация, ўзгарувчанлик, биотик, абиотик.*

Аннотация. *В данной статье изучена изменчивость показателя "всходы – 50% созревание" у гибридов, полученных в результате межвидовой гибридизации. Согласно результатам исследования, в разрезе лет комбинация ЛСГ-4/06 (О-87-94) оказалась более скороспелой по сравнению с другими образцами. Растения комбинаций ЛСГ-22/06, ЛСГ-2/06 (О-132-37) и ЛСГ-3/06 (О-963-72) созревали за 123,9, 122,4 и 122,1 дня соответственно, показав несколько более позднее созревание по сравнению с другими комбинациями.*

Ключевые слова. *Межвидовой, гибридный, хлопчатник, растение, созревание, комбинация, изменчивость, биотический, абиотический.*

Abstract. *This study investigates the variability of the "emergence to 50% maturity" period in hybrids obtained through interspecific hybridization. According to the results, the LSG-4/06 (O-87-94) combination proved to be earlier-maturing than the other accessions across the years of the study. Plants of the LSG-22/06, LSG-2/06 (O-132-37), and LSG-3/06 (O-963-72) combinations reached maturity in 123.9, 122.4, and 122.1 days, respectively, demonstrating a slightly later maturation compared to the other combinations.*

Keywords. *Interspecific, hybrid, cotton, plant, maturation, combination, variability, biotic, abiotic.*

Кириш. Пахтачилик Ўзбекистон Республикаси қишлоқ хўжалигининг стратегик аҳамиятга эга тармоқларидан бири ҳисобланади. Мамлакатимизда турли тупроқ-иқлим шароитларининг мавжудлиги, жумладан, суғориладиган бўз тупроқлар, тақир ва тақирсимон тупроқлар, шўрланган майдонлар ҳамда қурғоқчил ҳудудлар ғўза навларига нисбатан юқори талабларни қўяди. Шу боисдан ҳар бир ҳудуднинг табиий-иқлим хусусиятларига мослашган, ташқи муҳит омилларига бардошли ва юқори маҳсулдор навларни яратиш селекция фани олдида турган долзарб вазифалардан бири ҳисобланади.

Сўнгги йилларда глобал иқлим ўзгариши таъсирида ҳаво ҳароратининг кўтарилиши, сув ресурсларининг чекланиши, тупроқ шўрланишининг кучайиши ҳамда турли стресс омилларнинг ортиши натижасида мавжуд навларнинг биологик ва хўжалик кўрсаткичларини янада такомиллаштириш зарурати юзага келмоқда. Бундай шароитда қисқа вегетация даврига эга бўлган, эрта пишиб етиладиган ва юқори ҳосил шакллантира оладиган навларни яратиш муҳим аҳамият касб этади. Тезпишар навлар ҳосилни қисқа муддатда шакллантириши, сув ва бошқа ресурслардан самарали фойдаланиши ҳамда ноқулай об-ҳаво шароитлари таъсирини камайтириши билан ажралиб туради. Шу нуқтаи назардан тадқиқотларда ***"Униб чиқишдан 50% пишишгача бўлган давр"*** бўйича тадқиқотлар олиб борилди. Тадқиқот натижаларига кўра ғўзада вегетация даврининг униб чиқишдан 50% пишишгача бўлган даври бўйича қуйидагича натижаларга эришилди.

Мақсад ва вазифа. Турлараро дурагайлаш асосида Қорақалпоғистон Республикасининг экстремал тупроқ иқлим шароитига мос, абиотик ва биотик омилларга бардошли, тезпишар, тола сифати юқори, хосилдор ғўза навини яратишдан иборат.

Муҳокама. 2017 йилда олиб борилган тадқиқотларда иштирок этаётган ашёларнинг тезпишарлиги 104 кундан (Т-4674-77/16, Т-58/16, Т-4647-48/16, ЛЦГ-4/06 (О-87-94)) 109,2 (ЛЦГ-3/06 (О-1071-73)) кун оралиқда бўлди.

Олиб борилган тадқиқотлар орасидан Т-4674-77/16 (104,5), Т-58/16 (104,5), Т-4647-48/16 (104,5), ЛЦГ-4/06 (О-87-94) (104,5), Т-95/16 (105), Т-200/16 (105), Т-1979/16 (105), Т-ВСГ/16 (105,2) ва Т-4679-81/16 (105,5) тизмалари тезпишарликни намоён этдилар (1-жадвалга қаранг).

Қуйидаги интрогрессив ЛЦГ-3/06 (О-733-44) ва ЛЦГ-3/06 (О-1071-73) комбинацияларининг ўсимликлари мос равишда 109,0 ва 109,2 кунда, яъни бошқа комбинацияларга нисбатан бирмунча кеч пишганлиги намоён бўлди.

Дурагайлар андоза нав сифатида олинган ўрта толали С-6524 ғўза навига таққослаганда (108,0 кун) андоза навдан айрим дурагайлар 1 кундан 4 кунгача эртапишар бўлгани аниқланди. Шу жумладан, айрим дурагайлар андоза навга нисбатан 1 кунгача кечпишар (ЛЦГ-3/06 (О-733-44) ва ЛЦГ-3/06 (О-1071-73)) бўлди. Вариация коэффициенти Т-95/16 дурагайида V=2,69%, Т-ВСГ/16 дурагайида эса нисбатан паст V=0,33% бўлиб ўзгарувчанлик кўлами паст эканлигидан даъолат беради.

2018 йилда олиб борилган тадқиқотларда иштирок этаётган ашёларнинг тезпишарлиги 104,5 кундан (ЛЦГ-4/06 (О-87-94)) 109,5 (Т-588/16) кун оралиқда бўлди.

Олиб борилган тадқиқотлар орасидан ЛЦГ-4/06 (О-87-94) (105), Т-1979/16 (105,3), Т-4674-77/16 (105,5) ва Т-4679-81/16 (105,8) тизмалари тезпишарликни намоён этдилар (1-жадвалга қаранг).

Қуйидаги интрогрессив комбинацияларининг ўсимликлари мос равишда 109,0 (ЛЦГ-3/06 (О-963-72), Т-95/16) ва 109,5 (Т-588/16, ЛЦГ-3/06 (О-1071-73)) кунда, яъни бошқа комбинацияларга нисбатан бирмунча кеч пишганлиги намоён бўлди.

Дурагайлар андоза нав сифатида олинган ўрта толали С-6524 ғўза навига таққослаганда (109,5 кун) андоза навдан айрим дурагайлар 1 кундан 5 кунгача эртапишар бўлгани аниқланди. Шу жумладан, айрим дурагайлар андоза навга нисбатан 1 кунгача кечпишар (Т-588/16 ва ЛЦГ-3/06 (О-1071-73)) бўлди.

2019 йилда олиб борилган тадқиқотларда иштирок этаётган ашёларнинг тезпишарлиги 114,3 кундан (ЛЦГ-4/06 (О-87-94)) 123,9 (ЛЦГ-22/06) кун оралиқда бўлди.

Олиб борилган тадқиқотлар орасидан ЛЦГ-4/06 (О-87-94) (114,3), Т-588/16 (117,1), Т-58/16 (117,2), Т-4679-81/16 (118,4), Т-200/16 (118,5), Т-1979/16 (118,6) ва Т-138/16 (118,7) тизмалари тезпишарликни намоён этдилар (1-жадвалга қаранг).

1-жадвал

Турлараро дурагайлаш орқали олинган дурагайларда „Униб чиқиш-50% пишиш“ кўрсаткичининг ўзгарувчанлиги

№	Нав ва тизмалар	2017 й		2018 й		2019 й	
		M±m	V	M±m	V	M±m	V
1	Ст- С-6524	108,0±0,45	0,60	109,2±0,25	0,46	118,9±1,35	2,21
2	Т-4672-73/16	107,0±1,00	1,32	108,0±1,00	1,31	119,1±1,67	3,15
3	Т-4674-77/16	104,5±0,50	0,67	105,5±0,48	0,65	119,6±2,36	4,43
4	Т-4679-81/16	105,5±1,50	2,01	105,8±1,50	2,01	118,4±1,64	3,11
5	Т-4684-86/16	108,5±1,50	1,95	108,3±1,50	1,90	120,1±1,27	2,37
6	Т-138/16	107,0±1,00	1,32	110,0±1,20	1,32	118,7±1,31	2,48
7	Т-95/16	105,0±2,00	2,69	109,0±1,08	1,69	119,6±2,11	3,95
8	Т-158/16	107,0±1,00	1,32	107,2±1,02	1,36	120,3±2,18	4,05
9	Т-200/16	105,0±1,00	1,35	106,0±1,00	1,39	118,5±3,51	4,20
10	Т-58/16	104,5±0,50	0,67	104,5±0,50	0,67	117,2±1,22	2,34
11	Т-1979/16	105,0±1,00	1,34	105,3±1,02	1,34	118,6±2,31	4,36
12	Т-4747-48/16	104,5±0,50	0,67	106,5±0,50	0,66	119,6±2,60	4,86
13	Т- ВСГ /16	105,2±0,25	0,33	107,2±0,25	0,33	120,5±3,60	4,24
14	Т-588/16	108,5±0,50	0,65	109,5±0,50	0,68	117,1±2,01	2,43
15	ЛЦГ-4/06 (О-87-94)	104,5±0,50	0,68	105,0±1,00	1,35	114,3±0,94	2,20
16	ЛЦГ-3/06 (О-733-44)	109,0±1,00	1,25	107,5±0,80	0,67	121,0±1,03	2,30
17	ЛЦГ-3/06 (О-963-72)	108,5±0,50	0,60	109,0±0,55	1,34	122,1±0,93	2,22
18	ЛЦГ-3/06 (О-1071-73)	109,2±0,25	0,38	109,5±0,60	0,67	121,3±0,94	2,35
19	ЛЦГ-22/06	108,5±0,50	0,70	108,2±0,48	0,33	123,9±0,99	2,40
20	ЛЦГ-2/06 (О-132-37)	107,5±0,50	0,67	108,5±0,50	0,65	122,4±1,01	2,36

Қуйидаги интрогрессив комбинацияларининг ўсимликлари мос равишда 123,9 (ЛЦГ-22/06), 122,4 (ЛЦГ-2/06 (О-132-37)) ва 122,1 (ЛЦГ-3/06 (О-733-44)) кунда, яъни бошқа комбинацияларга нисбатан бирмунча кеч пишганлиги намоён бўлди.

Дурагайлар андоза нав сифатида олинган ўрта толали С-6524 ғўза навига таққослаганда (118,9 кун) андоза навдан айрим дурагайлар 1 кундан 4 кунгача эртапишар бўлгани аниқланди. Шу жумладан, айрим дурагайлар андоза навга нисбатан 1 кундан 4 кунгача кечпишар (Т-4672-73/16, Т-4674-77/16, Т-4684-86/16, Т-95/16, Т-4747-48/16, Т- ВСГ /16, ЛЦГ-3/06 (О-733-44) ЛЦГ-3/06 (О-963-72), ЛЦГ-3/06 (О-1071-73), ЛЦГ-22/06 ва ЛЦГ-2/06 (О-132-37)) бўлди.

Хулоса ўрнида шуни айтишимиз мумкинки, йиллар кесимида ЛЦГ-4/06 (О-87-94) комбинацияси бошқа ашёларга нисбатан тезпишар бўлди. ЛЦГ-22/06, ЛЦГ-2/06 (О-132-37) ва ЛЦГ-3/06 (О-963-72) комбинациялари ўсимликлари мос равишда 123,9, 122,4 ва 122,1 кунда пишиб, бошқа комбинацияларга нисбатан бирмунча кеч пишганлиги намоён бўлди.

Адабиётлар

[1]. Абдиев Ф.Р. *G.barbadence L.* Турига мансуб юқори авлод дургайлардан амалий селекцияга бошланғич материал яратиш. // Автореф. Дисс.канд.биол.наук.- Т.ЎзҒСУИТИ, 2011. – Б. 23.

[2]. Доспехов В.А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. – Москва: Колос, 1985. –С. 416.

[3]. Дала тажрибаларини ўтказиш услублари. Тошкент, ПСУЕАИТИ, 2007. – Б. 146.

[4]. Намазов Ш.Э., Бабаев С.Г. Эффективность сложной межвидовой гибридизации в селекции хлопчатника.

// Монография, -Тошкент, 2014. – С. 3-186.
[5]. Namazov Sh., Matyokubov S., Sadiqova O., Mamarahimov B., Jololov A. Heredity and Vqriability of Early Maturity of Cotton Hybrids Developed by Participation of the Introgressive Progenies. *BIO Web of Conferences* 78(4): 2023. – P. 04003, DOI:10.1051/bioconf/20237804003

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛУЧЕНИЯ И ПЕРВИЧНОЙ ОЧИСТКИ ЭФИРНОГО МАСЛА OCIMUM BASILICUM L. С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ОРГАНИЧЕСКИХ РАСТВОРИТЕЛЕЙ

С.С. Абдуллаев

Farg‘ona davlat texnika universiteti,
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu ishda O‘zbekiston Respublikasining Farg‘ona vodiysi sharoitida yetishtirilgan Ocimum basilicum L. o‘simligidan efir moyini olish jarayoni tadqiq qilingan. Efir moyi Klevenger apparati yordamida gidrodistillyatsiya usulida ajratib olindi. Efir moyi chiqishini aniqlash xususiyatlari o‘rganildi hamda geksan organik erituvchisi va suvsiz natriy sulfat yordamida dastlabki tozalash amalga oshirildi. Efir moyi tarkibidagi qoldiq namlikni bartaraf etish va terpen komponentlarini barqarorlashtirishning fizik-kimyoviy jihatlari ko‘rib chiqildi. Tozalash bosqichida organik erituvchilardan foydalanish efir moyi sifatini oshirishi va namunalarni keyingi GC-MS tahliliga tayyorlash imkonini berishi ko‘rsatildi.*

Kalit so‘zlar: *Ocimum basilicum L., efir moyi, gidrodistillyatsiya, Klevenger apparati, organik erituvchilar, geksan, suvsiz natriy sulfat, terpenoidlar, dastlabki tozalash, GC–MS tahlili.*

Аннотация. *В работе представлены результаты исследования процесса получения эфирного масла Ocimum basilicum L., произрастающего в условиях Ферганской долины Республики Узбекистан. Выделение эфирного масла осуществляли методом гидродистилляции с использованием аппарата Клевенджера. Изучены особенности определения выхода эфирного масла и проведена его первичная очистка с применением органического растворителя гексана и безводного сульфата натрия. Рассмотрены физико-химические аспекты удаления остаточной влаги и стабилизации терпеновых компонентов эфирного масла. Показано, что применение органических растворителей на стадии очистки способствует повышению качества эфиромасличного продукта и подготовке образцов к последующему GC-MS анализу.*

Ключевые слова: *Ocimum basilicum L., эфирное масло, гидродистилляция, аппарат Клевенджера, органические растворители, гексан, безводный сульфат натрия, терпеноиды, первичная очистка, GC-MS анализ.*

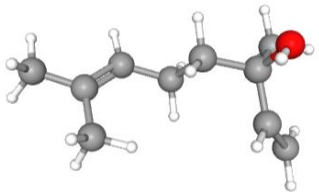
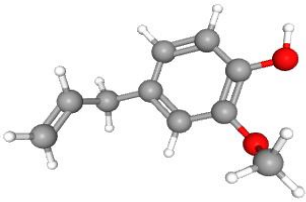
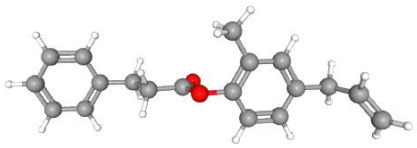
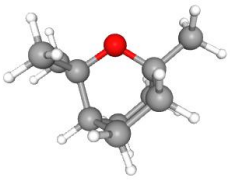
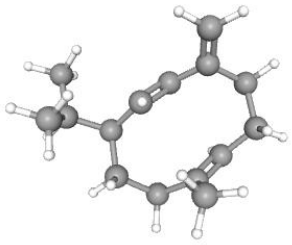
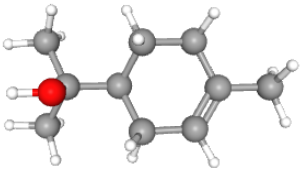
Abstract. *This study presents the results of research on the production of essential oil from Ocimum basilicum L. cultivated in the Fergana Valley of Uzbekistan. The essential oil was isolated by hydrodistillation using a Clevenger apparatus. The yield determination and primary purification of the essential oil were investigated using hexane as an organic solvent and anhydrous sodium sulfate as a drying agent. The physicochemical aspects of residual moisture removal and stabilization of terpene components were examined. The results demonstrate that the use of organic solvents during the purification stage improves the quality of the essential oil and prepares samples for subsequent GC-MS analysis.*

Keywords: *Ocimum basilicum L., essential oil, hydrodistillation, Clevenger apparatus, organic solvents, hexane, anhydrous sodium sulfate, terpenoids, primary purification, GC–MS analysis.*

Введение. Эфирные масла представляют собой сложные смеси летучих биоорганических соединений, включающих монотерпены, сесквитерпены, фенилпропаноиды и кислородсодержащие ароматические компоненты. Благодаря выраженной биологической активности эфирные масла широко используются в фармацевтической, пищевой, косметической и парфюмерной промышленности.

Одним из перспективных эфиромасличных растений является Ocimum basilicum L. (базилик обыкновенный), относящийся к семейству Lamiaceae. Растение характеризуется высоким содержанием летучих терпеновых соединений, среди которых наиболее распространены:

Таблица 1.

Линалоол: $C_{10}H_{18}O$	Эвгенол: $C_{10}H_{12}O_2$
	
Метилхавикол: C19H20O2	Эвкалиптол (1,8-цинеол): $C_{10}H_{18}O$
	
Гермакрен D: $C_{15}H_{24}$	α-терпинеол: $C_{10}H_{18}O$
	

Компонентный состав эфирного масла существенно зависит от климатических условий, стадии вегетации, температуры, инсоляции, условий экстракции и очистки. Климат Ферганской долины характеризуется высокой солнечной активностью и продолжительным вегетационным периодом, что создает благоприятные условия для накопления вторичных метаболитов терпеновой природы.[1] В настоящее время особое внимание уделяется совершенствованию методов очистки эфирных масел после гидродистилляции. Остаточная влага и сопутствующие гидрофильные примеси способны вызывать окисление терпенов, снижение стабильности масла и ухудшение качества продукта. В связи с этим применение органических растворителей и дегидратирующих агентов представляет практический интерес для повышения качества эфиромасличной продукции.

Данная работа выполняется в рамках выпускной квалификационной работы студента 4 курса направления «Химическая технология» Ферганского государственного технического университета на тему:

«Получение эфиров с использованием органических растворителей и повышение качества продукта».[2]

Материалы и методы, объект исследования. Объектом исследования служила надземная часть Ocimum basilicum L., выращенного на территории Ферганской области Республики Узбекистан.

Растительное сырье предварительно, очищали от механических примесей иизмельчали. Подвергали воздушной сушке при комнатной температуре.Получение эфирного масла - выделение эфирного масла проводили методом гидродистилляции с использованием аппарата Клевенджера.

Навеску растительного сырья помещали в круглодонную колбу, добавляли дистиллированную воду и подвергали нагреванию до кипения. В процессе перегонки летучие компоненты переносились водяным паром, после чего конденсировались и разделялись в градуированной ловушке аппарата Клевенджера.

Процесс перегонки продолжали до полного прекращения накопления масляной фазы.[3]

Выход эфирного масла рассчитывали по формуле:

$$\eta = \frac{m_{масла}}{m_{сырье}} \times 100\% \quad (1)$$

где:

$m_{масла}$ — масса выделенного эфирного масла;

$m_{сырье}$ — масса воздушно-сухого растительного материала.

Для удаления остаточной влаги и повышения чистоты эфирного масла использовали жидкостную обработку органическим растворителем. Полученное эфирное масло экстрагировали гексаном. Органическая фаза подвергалась обработке безводным сульфатом натрия (Na_2SO_4) до полного удаления следов влаги.

После дегидратации смесь фильтровали, а растворитель удаляли мягким упариванием.

Результаты и обсуждение. Метод гидродистилляции с использованием аппарата Клевенджера является одним из наиболее распространенных способов выделения эфирных масел из растений семейства Lamiaceae. Основным преимуществом метода является возможность перегонки летучих компонентов при температурах ниже их индивидуальных температур кипения вследствие совместной дистилляции с водяным паром.

Это особенно важно для сохранения кислородсодержащих монотерпенов и фенилпропаноидов, ненасыщенных терпеновых структур.

Терпеноидные компоненты эфирных масел являются термолабильными и склонны к окислению, гидролизу, изомеризации, полимеризации.

Поэтому стадия последующей очистки играет важную роль в сохранении качества продукта.[4]

Использование гексана позволяет эффективно переводить гидрофобные компоненты эфирного масла в органическую фазу благодаря высокой растворимости терпенов в неполярных растворителях. Гексан характеризуется низкой полярностью, химической инертностью, низкой температурой кипения, удобством последующего удаления.

Одним из ключевых этапов очистки является удаление остаточной влаги. Даже небольшие количества воды способны инициировать окислительные процессы, приводящие к изменению запаха и химического состава эфирного масла.

Безводный сульфат натрия выполняет функцию дегидратирующего агента за счет связывания молекул воды с образованием кристаллогидратов:

$$Na_2SO_4 + nH_2O \rightarrow Na_2SO_4 *\cdot nH_2O \quad (2)$$

Применение данной стадии позволяет, повысить стабильность эфирного масла, уменьшить содержание влаги, подготовить образец к Хромато-масспектрометрическому анализу, повысить воспроизводимость аналитических результатов.

С биоорганической точки зрения эфирное масло Ocimum basilicum представляет интерес как источник природных биологически активных соединений, обладающих антиоксидантной, антимикробной, противовоспалительной активностью. Предполагается, что эфирное масло базилика, выращенного в условиях Ферганской долины, будет характеризоваться высоким содержанием линалоола и эвгенола, что типично для растений, произрастающих в условиях жаркого континентального климата.[5]

Выводы. Разработана схема получения эфирного масла Ocimum basilicum методом гидродистилляции с использованием аппарата Клевенджера. Проведена первичная очистка эфирного масла с применением гексана и безводного сульфата натрия. Показано, что стадия дегидратации способствует повышению стабильности и качества эфирного масла. Полученные результаты создают основу для дальнейшего GC-MS анализа компонентного состава эфирного масла базилика Ферганского региона.

Список литературы

[1]. Burt, S. (2004). Essential oils: Their antibacterial properties and potential applications in foods. International Journal of Food Microbiology, 94(3), 223–253.

[2]. Lawrence, B. M. (2007). Mint: The genus Mentha. Boca Raton: CRC Press.

[3]. Simon, J. E., Quinn, J., & Murray, R. G. (1990). Basil: A source of essential oils. 4. In J. Janick & J. E. Simon (Eds.), Advances in new crops (pp. 484–489). Portland: Timber Press.

[4]. Telci, I., Bayram, E., Yılmaz, G., & Avcı, B. (2006). Variability in essential oil composition of Turkish basils (Ocimum basilicum L.). Biochemical Systematics and Ecology, 34(6), 489–497.

ZAMONAVIY FIZIKA LABORATORIYALARINI ILG‘OR TEXNOLOGIYALAR BILAN O‘QITISH

M.I. Abdubannobov, 10-24 Arx guruh talabasi X.E. Axmadaliyev

Farg‘ona davlat texnika universiteti,
Moydinjonabdubannobov976@gmail.com
Xushnudbekaxmadaliyev514@gmail.com
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya:*Mazkur maqolada zamonaviy fizika laboratoriyalarini ilg‘or texnologiyalar asosida tashkil etish va ulardan ta’lim jarayonida samarali foydalanish masalalari yoritilgan. Shuningdek, raqamli laboratoriyalar, virtual va masofaviy tajribalar, kompyuter modellashtirish hamda interaktiv usullarning o‘quvchilarning nazariy bilimlarini amaliy ko‘nikmalar bilan uyg‘unlashtirishdagi ahamiyati tahlil qilingan. Fizika fanini o‘qitishda innovatsion texnologiyalarning qo‘llanilishi ta’lim sifatini oshirish va talabalarning mustaqil fikrlash qobiliyatini rivojlantirishga xizmat qilishi ko‘rsatib berilgan.*

Kalit so‘zlar: *fizika laboratoriyasi, innovatsion texnologiyalar, raqamli laboratoriya, virtual laboratoriya, kompyuter modellashtirish, interaktiv ta’lim, masofaviy tajribalar, STEM ta’limi.*

Аннотация:*В данной статье рассматриваются вопросы организации современных физических лабораторий на основе передовых технологий и их эффективного использования в образовательном процессе. Кроме того, проанализирована роль цифровых лабораторий, виртуальных и дистанционных экспериментов, компьютерного моделирования и интерактивных методов в сочетании теоретических знаний обучающихся с практическими навыками. Показано, что применение инновационных технологий в преподавании физики способствует повышению качества образования и развитию способностей студентов к самостоятельному мышлению.*

Ключевые слова: *физическая лаборатория, инновационные технологии, цифровая лаборатория, виртуальная лаборатория, компьютерное моделирование, интерактивное обучение, дистанционные эксперименты, STEM-образование.*

Abstract:*This article discusses the organization of modern physics laboratories based on advanced technologies and the effective use of these technologies in the educational process. In addition, the importance of digital laboratories, virtual and remote experiments, computer modeling, and interactive methods in integrating students’ theoretical knowledge with practical skills is analyzed. It is shown that the application of innovative technologies in teaching physics contributes to improving the quality of education and developing students’ independent thinking abilities.*

Keywords: *physics laboratory, innovative technologies, digital laboratory, virtual laboratory, computer modeling, interactive learning, remote experiments, STEM education.*

Kirish: Bugungi kunda ta’lim tizimini modernizatsiya qilish va raqamlashtirish jarayonlari barcha fanlar qatori fizika ta’limiga ham yangi talablarni qo‘ymoqda. Fizika fanini chuqur o‘zlashtirishda laboratoriya mashg‘ulotlari muhim o‘rin tutadi. An’anaviy laboratoriya usullarini zamonaviy axborot-kommunikatsiya texnologiyalari bilan uyg‘unlashtirish o‘quv jarayonining samaradorligini oshirishga imkon beradi. Shu sababli zamonaviy fizika laboratoriyalarini ilg‘or texnologiyalar bilan jihozlash va ulardan foydalanish bugungi kunning dolzarb masalalaridan biri hisoblanadi.Hozirgi davrda fizika fanini o‘qitishda zamonaviy laboratoriyalardan foydalanish ta’lim samaradorligini oshirishning muhim omillaridan biri hisoblanadi. Ilg‘or texnologiyalar bilan jihozlangan laboratoriyalar o‘quvchilarga nazariy bilimlarni amaliy tajribalar bilan mustahkamlash, fizik qonuniyatlarni chuqurroq anglash va ilmiy-tadqiqot ko‘nikmalarini shakllantirish imkonini beradi.Zamonaviy fizika laboratoriyalarining asosiy tarkibiy qismlaridan biri raqamli o‘lchash tizimlari va sensorli qurilmalardir. Bunday qurilmalar harorat, bosim, kuch, tezlik, yorug‘lik intensivligi, elektr toki va kuchlanish kabi fizik kattaliklarni yuqori aniqlikda o‘lchash imkonini beradi. Olingan natijalar maxsus dasturlar yordamida kompyuterda qayta ishlanadi va grafiklar

ko‘rinishida tasvirlanadi. Bu esa tajriba natijalarini tezkor tahlil qilish va xatoliklarni kamaytirishga yordam beradi.Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining rivojlanishi natijasida virtual laboratoriyalar ham keng qo‘llanilmoqda. Virtual laboratoriyalar maxsus dasturiy ta’minot asosida tashkil etilib, turli fizik jarayonlarni kompyuter muhitida modellashtirish imkonini beradi.
Masofaviy laboratoriyalar ham zamonaviy ta’limning ajralmas qismiga aylanib bormoqda. Internet tarmog‘i orqali boshqariladigan laboratoriya qurilmalari talabalarga istalgan joydan turib tajribalar o‘tkazish imkoniyatini yaratadi. Bu ayniqsa masofaviy ta’lim sharoitida muhim ahamiyat kasb etadi. Talabalar kompyuter yoki mobil qurilmalar yordamida laboratoriya uskunalarini boshqarish, tajriba natijalarini kuzatish va olingan ma’lumotlarni tahlil qilish imkoniyatiga ega bo‘ladilar.Fizika ta’limida kompyuter modellashtirish texnologiyalaridan foydalanish murakkab fizik hodisalarni tushunishda katta ahamiyatga ega. Kompyuter simulyatsiyalari yordamida mexanika, molekulyar fizika, elektr va magnit hodisalari, optika hamda yadro fizikasi bo‘limlariga oid jarayonlarni vizual tarzda namoyish etish mumkin. Modellashtirish usullari orqali fizik jarayonlarning turli sharoitlardagi o‘zgarishlarini kuzatish va nazariy ma’lumotlarni amaliy jihatdan mustahkamlash imkoniyati yaratiladi.Multimedia texnologiyalari ham laboratoriya mashg‘ulotlarining samaradorligini oshirishda muhim vosita hisoblanadi. Interaktiv doskalar, elektron darsliklar, videodarslar va animatsion materiallar yordamida murakkab mavzularni osonroq tushuntirish mumkin. Audio va video materiallarning qo‘llanilishi o‘quvchilarning fanga bo‘lgan qiziqishini oshiradi hamda mavzuni chuqurroq o‘zlashtirishga xizmat qiladi.So‘nggi yillarda sun’iy intellekt texnologiyalaridan ta’lim jarayonida foydalanish imkoniyatlari ham kengaymoqda. Sun’iy intellekt asosidagi dasturlar o‘quvchilarning bilim darajasini tahlil qilish, individual yondashuvni ta’minlash va laboratoriya natijalarini avtomatik qayta ishlash imkonini beradi. Shuningdek, sun’iy intellekt yordamida tajriba natijalaridagi xatoliklarni aniqlash va ularni bartaraf etish bo‘yicha tavsiyalar ishlab chiqish mumkin.STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) yondashuvi asosida tashkil etilgan laboratoriyalar o‘quvchilarda ilmiy dunyoqarashni shakllantirishga xizmat qiladi. Ushbu yondashuv fanlararo integratsiyani ta’minlab, nazariy bilimlarni amaliy faoliyat bilan bog‘laydi. STEM laboratoriyalarida robototexnika, dasturlash, elektronika va fizik tajribalar o‘zaro uyg‘unlashgan holda olib boriladi. Natijada talabalar muammolarni mustaqil hal qilish, tanqidiy fikrlash va ijodiy yondashuv kabi ko‘nikmalarga ega bo‘ladilar.Shuningdek, laboratoriya mashg‘ulotlarida mobil ilovalar va bulutli texnologiyalardan foydalanish ham keng tarqalmoqda. Mobil ilovalar yordamida o‘lchash natijalarini saqlash, qayta ishlash va almashish mumkin. Bulutli texnologiyalar esa tajriba natijalarini umumiy ma’lumotlar bazasida saqlash va ulardan jamoaviy foydalanish imkonini yaratadi. Shu sababli fizika ta’limida innovatsion texnologiyalarni keng joriy etish bugungi kunning dolzarb vazifalaridan biri hisoblanadi.

Adabiyotlar

[1]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining “Ta’lim tizimini raqamlashtirish va zamonaviy texnologiyalarni joriy etish to‘g‘risida”gi qarorlari va farmonlari.
[2]. Halliday D., Resnick R., Walker J. Fundamentals of Physics. 10th Edition. John Wiley & Sons, 2014.
[3]. Serway R.A., Jewett J.W. Physics for Scientists and Engineers. Cengage Learning, 2018.
[4]. Young H.D., Freedman R.A. University Physics with Modern Physics. Pearson Education, 2019.
[5]. Giancoli D.C. Physics: Principles with Applications. Pearson, 2016.
[6]. Ismoilov A., Xolmirzayev H. Fizikani o‘qitish metodikasi. – Toshkent: O‘qituvchi, 2017.

VOLEYBOL O‘YINIDA JOY TANLASH ASOSIDA TO‘PNI QABUL QILISH TEXNIKASI

A.Y. Eminov

Farg‘ona davlat texnika universiteti,

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu maqola voleybolda to‘pni qabul qilish texnikasini maydonda joylashuvni strategik tanlash asosida o‘rganadi. To‘pni qabul qilish dinamikasi va joylashuv qarorlarining ta’sirini tahlil*

qilish orqali tadqiqot jamoaning ish faoliyatini yaxshilash uchun qabul qilish strategiyalarini optimallashtirish haqida tushuncha berishga qaratilgan.

Kalit so‘zlar: *voleybol, to‘pni qabul qilish, joylashuv strategiyasi, texnika, jamoa samaradorligi.*

Абстрактный: *В данной статье рассматривается техника приема мяча в волейболе на основе стратегического выбора расположения на площадке. Анализируя динамику приема мяча и влияние решений о размещении, данное исследование направлено на предоставление информации об оптимизации стратегий приема для повышения эффективности командной игры.*

Ключевые слова: *волейбол, прием мяча, стратегия размещения, техника, командная игра.*

Abstract: *This article examines the technique of receiving the ball in volleyball based on the strategic choice of court positioning. By analyzing the dynamics of ball reception and the impact of positioning decisions, this study aims to provide insights into optimizing receiving strategies to improve team performance.*

Key words: *volleyball, ball reception, positioning strategy, technique, team performance.*

Kirish. Voleybol o‘yini yuqori tezlikda qaror qabul qilish, texnik mahorat va jamoaviy hamkorlikni talab qiladigan sport turidir. Ushbu o‘yinda to‘pni qabul qilish (reception) hujumni tashkil etishning birinchi bosqichi hisoblanadi. Qabulning sifati keyingi uzatma va zarbaning samaradorligini belgilaydi.Zamonaviy voleybolda o‘yin tezligi ortib borayotganligi sababli, o‘yinchilarning maydondagi joylashuvni to‘g‘ri tanlashi alohida ahamiyat kasb etmoqda. Joylashuvni noto‘g‘ri tanlash qabul sifatining pasayishiga, natijada esa ochkolar yo‘qotilishiga olib keladi.

Asosiy qism. Ushbu maqolada voleybolda to‘pni qabul qilish texnikasi ko‘rib chiqilib, maydonda optimal joyni tanlashning ahamiyatiga alohida e’tibor qaratilgan. Joylashuv, oyoq harakati va to‘p bilan aloqa jarayonini batafsil o‘rganish orqali tadqiqot to‘pni muvaffaqiyatli qabul qilish strategiyasining asosiy tamoyillarini yoritishga qaratilgan.

1. To‘pni qabul qilishning nazariy asoslari

To‘pni qabul qilish — bu raqib tomonidan uzatilgan xizmat yoki zarbani nazorat ostiga olish jarayonidir. Ushbu jarayon quyidagi bosqichlardan iborat:

-to‘p trayektoriyasini aniqlash;

-optimal joylashuvni egallash;

-texnik harakatni bajarish;

-to‘pni kerakli yo‘nalishga uzatish.

-Qabul qilishda asosiy maqsad — to‘pni uzatuvchiga (setter) qulay holatda yetkazishdir.

2. Joylashuv strategiyasining ahamiyati

Maydonda to‘g‘ri joylashuv tanlash qabul samaradorligini oshiradi. Joylashuv quyidagi omillarga bog‘liq:

raqibning xizmat turi (kuchli, suzuvchi, qisqa);

o‘yinchining roli (libero, himoyachi, hujumchi);

jamoaning taktik sxemasi.

Masalan, kuchli xizmatlarga qarshi o‘yinchilar maydonning orqa qismida chuqurroq joylashadi, qisqa xizmatlarda esa oldinga siljiydi.Joylashuv strategiyasining asosiy maqsadi — minimal harakat bilan maksimal natijaga erishishdir.

3. Oyoq harakati va muvozanat

To‘g‘ri oyoq harakati qabul texnikasining asosini tashkil etadi. O‘yinchi:

yengil egilgan holatda turishi;

tana og‘irligini oyoqlarga teng taqsimlashi;

tez harakatlanish uchun tayyor bo‘lishi kerak.

Kichik va tez qadamlar yordamida o‘yinchi optimal nuqtaga yetib boradi. Muvozanatni saqlash esa to‘pni aniq boshqarish imkonini beradi.

4. Platforma (bilak) texnikasi

To‘pni qabul qilishda eng muhim texnik element — bu platforma hisoblanadi. Platforma quyidagi talablarga javob berishi kerak:

qo‘llar birlashtirilgan bo‘lishi;

bilaklar tekis holatda turishi;

barqaror va yo‘naltirilgan bo‘lishi.

To‘p bilan aloqa vaqtida ortiqcha harakatlardan qochish lozim. Asosiy harakat oyoq va tana orqali amalga oshiriladi.

5. Anticipatsiya (oldindan sezish)

Yuqori darajadagi o‘yinchilarning asosiy ustunliklaridan biri — bu anticipatsiya qobiliyatidir. O‘yinchilar:

raqibning tana holatini;

qo‘l harakatini;

zarba yo‘nalishini kuzatib,

to‘pning kelish yo‘nalishini oldindan aniqlashadi. Bu esa ularga tez va to‘g‘ri joylashish imkonini beradi.

6. Jamoaviy muloqot va koordinatsiya

Qabul qilish jarayonida o‘yinchilar o‘rtasidagi muloqot muhim rol o‘ynaydi. Ayniqsa xizmatni qabul qilishda:

o‘yinchilar oldindan zonalarni taqsimlaydi;

aniq signallar (“meniki”, “seniki”) ishlatiladi.

Bu esa chalkashliklarning oldini olib, samaradorlikni oshiradi.

7. Amaliy tavsiyalar

To‘pni qabul qilishni takomillashtirish uchun quyidagi mashg‘ulotlar tavsiya etiladi:

-xizmatlarni qabul qilish bo‘yicha maxsus mashqlar;

-tezkor harakat va reaksiyani rivojlantirish;

-juftlik va guruh mashqlari orqali muloqotni kuchaytirish;

-video tahlil orqali xatolarni aniqlash.

Joylashuv hujumdagi o‘tishlarga, himoyaviy tuzilmalarga va jamoaning umumiy muvofiqlashuviga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Ushbu jihatlarni chuqur tushunish orqali o‘yinchilar va murabbiylar samaradorlikni oshirish va raqobatbardosh natijalarga erishish uchun qabul qilish usullarini takomillashtirishlari mumkin.

Texnik tahlil va amaliy tavsiyalar uyg‘unligi o‘yinchilarning to‘pni qabul qilish bo‘yicha bilim va ko‘nikmalarini mustahkamlashga xizmat qiladi. Bu esa voleybol o‘yinida yuqori natijalarga erishishga yordam beradi.

O‘yinchilar yo‘naltirilgan mashg‘ulotlar va strategik harakatlar orqali qabul qilish usullarini takomillashtirib borar ekan, ular o‘z malakalarini oshiradilar hamda jamoaning maydondagi raqobatdosh ustunligiga hissa qo‘shadilar.

To‘pni qabul qilishda joylashuv strategiyasini mukammal tushunish jamoaning umumiy o‘yin darajasini oshiradi va o‘yinchilarning o‘z salohiyatini to‘liq namoyon etishiga imkon yaratadi.

To‘pni samarali qabul qilishda oldindan taxmin qilish muhim ahamiyatga ega. O‘yinchilar raqibning tana holati, qo‘l harakati va zarba nuqtasiga qarab to‘pning yo‘nalishi va tezligini oldindan aniqlashlari zarur.

Oyoq harakati to‘pni qabul qilish uchun to‘g‘ri joylashishda muhim rol o‘ynaydi. O‘yinchilar optimal pozitsiyani egallash uchun tez va aniq harakatlanishlari kerak. Bu jarayon kichik va boshqariladigan qadamlar orqali amalga oshiriladi. To‘g‘ri oyoq harakati muvozanat va barqarorlikni saqlashga yordam beradi, bu esa to‘pni aniq nazorat qilish uchun zarurdir.

Bilak va qo‘llar yordamida hosil qilinadigan platforma to‘pni muvaffaqiyatli qabul qilishning asosiy elementi hisoblanadi. O‘yinchilar tekis yuzani hosil qilish uchun qo‘llarini birlashtiradilar. Platforma tananing old qismida va biroz yuqoriga yo‘naltirilgan bo‘lishi kerak. Bu holat to‘pni nazorat ostida qaytarish va kerakli yo‘nalishga yuborish imkonini beradi.Samarali muloqot to‘pni kelishilgan holda qabul qilish uchun zarurdir, ayniqsa xizmatni qabul qilishda. O‘yinchilar to‘pni kim qabul qilishini aniqlash uchun jamoadoshlari bilan aniq muloqot qilishlari kerak.Oddiy og‘zaki belgilar, masalan, “meniki” yoki “seniki” kabi chaqiriqlar chalkashliklarning oldini oladi va to‘pni mos o‘yinchi qabul qilishini ta’minlaydi.

To‘pni qabul qilishda o‘yinchilarning joylashuvi raqib tomonidan bajarilayotgan xizmat turiga qarab o‘zgaradi.

Xulosa. Xulosa qilib aytganda, voleybolda to‘pni qabul qilish texnikasi maydondagi joylashuvni strategik tanlash bilan chambarchas bog‘liq. Joylashuv, harakat va aloqa kabi omillarni hisobga olgan holda o‘yinchilar qabul qilish strategiyalarini samarali tarzda optimallashtirishlari mumkin. Bu esa hujumni tezkor tashkil etish va mustahkam himoya tizimini yaratishga yordam beradi.

Adabiyotlar

[1]. Анисимов В.Г. Введение в теорию волейбола. – Москва: Физкультура и спорт, 2018.
[2]. Платонов В.Н. Теория и методика спортивной тренировки. – Киев: Олимпийская литература, 2020.
[3]. Шипулин Г.Я. Волейбол: теория и практика. – Москва, 2019.
[4]. FIVB. Official Volleyball Rules 2021–2024. – Lausanne, Switzerland.
[5]. Fédération Internationale de Volleyball Coaching Manual. – 2020.
[6]. Bompa T., Buzzichelli C. Periodization Training for Sports. – Human Kinetics, 2019.
[7]. American Volleyball Coaches Association (AVCA). Volleyball Skills & Drills. – 2021.
[8]. Zatsiorsky V.M. Science and Practice of Strength Training. – Human Kinetics, 2020.

KANATIK (Hibiscus Cannabinus L.) TOLASINING FIZIK-MEXANIK XOSSALARINI GOST 11191–77 STANDARTI ASOSIDA BAHOLASH

R.K. Djamalov[1], G.X. Jalilova[2], M.M. Akromov[2]

[1]Tolali ekinlar ilmiy tadqiqot instituti
[2]Farg‘ona Davlat Texnika Unversiteti

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Maqolada kanatik tolasining fizik-mexanik xususiyatlari GOST 11191–77 standarti talablari asosida baholandi. Tadqiqot jarayonida tolaning uzunligi, chiziqiy zichligi, egiluvchanligi va mustahkamligi aniqlandi. Natijalarga ko‘ra, kanatik tolasining o‘rtacha uzunligi 109,1 sm, chiziqiy zichligi 28,6 teks, egiluvchanligi 3,18 mm va mustahkamligi 53,58 N ni tashkil qildi. Olingan natijalar kanatik tolasining yuqori texnologik va ekspluatatsion xususiyatlarga ega ekanligini hamda uni to‘qimachilik va texnik mahsulotlar ishlab chiqarishda samarali qo‘llash mumkinligini ko‘rsatdi.*

Kalit so‘zlar: *kanatik tolasi, fizik-mexanik xossalar, tola uzunligi, chiziqiy zichlik, egiluvchanlik, mustahkamlik, GOST 11191–77, tabiiy tola, texnik tola.*

Annotatsiya. *V statye provedena otsenka fiziko-mexanicheskix svoystv volokna kanatika v sootvetstvii s trebovaniyami standarta GOST 11191–77. V xode issledovaniya opredeleni dlina, lineynaya plotnost, gibkost i prochnost volokna. Rezultati pokazali, chto srednyaya dlina volokna sostavila 109,1 sm, lineynaya plotnost – 28,6 teks, gibkost – 3,18 mm, a prochnost – 53,58 N. Poluchenniye danniye svidetelstvuyut o visokix texnologicheskix i ekspluatatsionnix svoystvax volokna kanatika i vozmojnosti yego effektivnogo ispolzovaniya pri proizvodstve tekstilnoy i texnicheskoy produksii.*

Klyucheviye slova: *volokno kanatika, fiziko-mexanicheskiye svoystva, dlina volokna, lineynaya plotnost, gibkost, prochnost, GOST 11191–77, naturalnoye volokno, texnicheskoye volokno.*

Abstract. *The article presents an evaluation of the physical and mechanical properties of kanatik fiber in accordance with the requirements of GOST 11191–77. The fiber length, linear density, flexibility, and tensile strength were determined during the study. The results showed that the average fiber length was 109.1 cm, the linear density was 28.6 tex, the flexibility was 3.18 mm, and the tensile strength reached 53.58 N. The obtained results indicate the high technological and operational properties of kanatik fiber and confirm its potential for application in textile and technical product manufacturing.*

Keywords: *kanatik fiber, physical and mechanical properties, fiber length, linear density, flexibility, tensile strength, GOST 11191–77, natural fiber, technical fiber.*

Kirish

Tabiiy tolalar sanoatning ko‘plab tarmoqlarida keng qo‘llanilib kelinmoqda. Ekologik xavfsiz mahsulotlarga bo‘lgan talabning ortishi natijasida lub tolalarining ahamiyati yanada oshib

bormoqda. Kanatik tolasi shunday tolalardan biri bo‘lib, yuqori mustahkamligi, yaxshi texnologik xususiyatlari va qayta tiklanuvchi tabiiy resurs sifatida alohida ahamiyat kasb etadi [1, 2].

Kanatik tolasining sanoatda samarali qo‘llanilishi uning fizik-mexanik xususiyatlariga bevosita bog‘liq. Shu sababli tolaning uzunligi, chiziqiy zichligi, egiluvchanligi va mustahkamligi kabi ko‘rsatkichlarni aniqlash muhim hisoblanadi.

Ushbu tadqiqotning maqsadi kanatik tolasining asosiy fizik-mexanik ko‘rsatkichlarini GOST 11191–77 standarti asosida baholashdan iborat.

Tadqiqot obyekti va uslubiyati

Tadqiqot obyekti sifatida kanatik tolasining 2-namunasi tanlab olindi. Sinov ishlari GOST 11191–77 standarti talablariga muvofiq amalga oshirildi [3].

Tolaning uzunligi uzunlik bo‘yicha fraksiyalarga ajratish usuli orqali aniqlandi. Chiziqiy zichlikni baholash uchun elementar tolalar soni va massasi hisoblandi. Egiluvchanlik va mustahkamlik ko‘rsatkichlari maxsus laboratoriya qurilmalari yordamida aniqlandi.

Tadqiqot natijalari va muhokama

Kanatik tolasining uzunligi

Tolaning uzunligi uning texnologik qiymatini belgilovchi asosiy ko‘rsatkichlardan biri hisoblanadi. Tadqiqot jarayonida tolalar uzunlik bo‘yicha guruhlarga ajratildi va har bir guruhning massasi aniqlandi.

1-jadval

Kanatik tolasining uzunlik bo‘yicha taqsimlanishi

Uzunlik sinfi, sm	O‘rtacha uzunlik, sm	Massa, g	Miqdori, %
200–175	181,8	3,2	5,89
175–150	165,4	3,01	5,30
150–125	146,1	7,40	12,92
125–100	121,7	5,00	8,73
100–75	86,8	15,38	26,84
75–50	71,2	15,00	26,18
50–40	48,3	1,30	2,27
40–30	34,9	0,40	0,70
30–20	27,4	1,30	2,27
20–10	17,5	0,80	1,40
10–5	6,7	4,50	7,90

Hisoblashlar natijasida kanatik tolasining o‘rtacha uzunligi 109,1 sm ni tashkil qildi. Tahlil natijalari tolalarning asosiy qismi 50–100 sm va 100–150 sm oralig‘ida jamlanganligini ko‘rsatdi. Bu esa mazkur tolaning uzun tolalar qatoriga kirishini tasdiqlaydi.

Kanatik tolasining chiziqiy zichligi

Chiziqiy zichlik tolaning qalinligi va texnologik xususiyatlarini baholashda muhim ko‘rsatkich hisoblanadi.

2-jadval

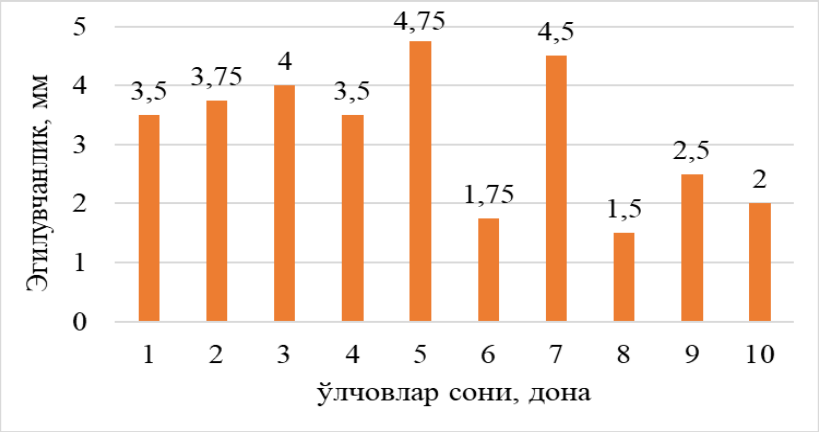
Kanatik tolasining chiziqiy zichligini aniqlash natijalari

Variant	Tolalar soni, dona	Massa, mg
1	633	331,5
2	724	498,6
3	984	499,5

Hisoblashlar natijasida kanatik tolasining o‘rtacha chiziqiy zichligi 28,6 teksni tashkil qildi. Bu ko‘rsatkich tolaning o‘rtacha qalinlikka ega ekanligini va turli xil texnik mahsulotlar ishlab chiqarish uchun mosligini ko‘rsatadi.

Kanatik tolasining egiluvchanligi

Tolaning egiluvchanligi uning qayta ishlash jarayonidagi texnologik xossalarini baholash imkonini beradi (1-rasm).

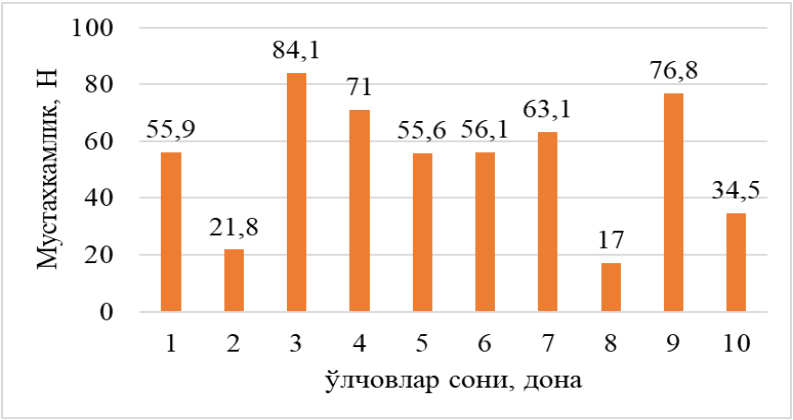


1-Rasm. Kanatik tolasining egiluvchanlik ko‘rsatkichlari.

O‘lchashlar natijasida kanatik tolasining o‘rtacha egiluvchanligi 3,18 mm ga teng bo‘ldi. Bu ko‘rsatkich tolaning texnologik ishlov jarayonlarida yetarli darajada moslashuvchan xususiyatga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Kanatik tolasining mustahkamligi

Mustahkamlik tolaning ekspluatatsion xususiyatlarini belgilovchi asosiy ko‘rsatkichlardan hisoblanadi (2-rasm).



2-Rasm. Kanatik tolasining mustahkamlik ko‘rsatkichlari.

Tajriba natijalariga ko‘ra, tolaning uzilish kuchi 17,0–84,1 N oralig‘ida o‘zgardi. O‘rtacha mustahkamlik ko‘rsatkichi 53,58 N ni tashkil qildi. Bu esa kanatik tolasining yuqori mexanik chidamlilikka ega ekanligini ko‘rsatadi.

Xulosa

1. GOST 11191–77 standarti asosida o‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida kanatik tolasining asosiy fizik-mexanik xususiyatlari aniqlandi, bunda tolaning o‘rtacha uzunligi 109,1 sm, chiziqiy zichligi 28,6 teks, egiluvchanligi 3,18 mm, mustahkamligi 53,58 N ni tashkil qildi.

2. Olingan natijalar kanatik tolasining yuqori texnologik va ekspluatatsion xususiyatlarga ega ekanligini ko‘rsatadi. Mazkur tola to‘qimachilik, arqonchilik, texnik matolar va boshqa sanoat mahsulotlari ishlab chiqarishda samarali qo‘llanilishi mumkin.

Adabiyotlar

[1]. Djamolov R.K, M.R.Mo‘minov. Kanatnik (abutilon) tolali o‘simligidan tola Ajratish jarayoni va sanoat uchun istiqbolli Navlar. «Tolali ekinlarni yetishtirish va qayta ishlash Texnologiyasi istikbollari» mavzuda respublika Miqyosidagi ilmiy-amaliy konferensiY. 2025 yil 10-11 dekabr.-28b.

[2]. Djamolov R.K. Kanatnik (abutilon) tolali o‘simligining fenologik va marfologik xususiyatlari. «Tolali ekinlarni yetishtirish va qayta ishlash Texnologiyasi istikbollari» mavzuda respublika Miqyosidagi ilmiy-amaliy konferensiY. 2025 yil 10-11 dekabr.-25b.

[3]. GOST 11191-77. Volokno kenafa dlinnoye. Texnicheskiye usloviY.

UDK: 528.8:681.3.06

A NEW APPROACH TO DETERMINING AND CALCULATING THE EFFECT OF REFRACTION ON THE RESULTS OF GEODESIC MEASUREMENT IN THE NEAR-EARTH LAYER OF THE ATMOSPHERE

Sh.A. Suyunov[1]*, K.R. Khakimova[2]*, M.Sh. Shavkatova[2]*

[1, 2]Samarkand State University of Architecture and Construction
[2] Fergana State Technical University
*Corresponding author, e-mail: kamolaxon.jurayeva.17@gmail.com
(Received on April 16 th, 2026)

Abstract. *This article examines the influence of the atmospheric surface layer on geodetic measurement results. Instrumental and meteorological methods for measuring this influence are analyzed in detail. A general concept for effectively accounting for this influence on geodetic measurement results is defined, and a new approach to accounting for refraction is proposed.*

Key words. *Atmospheric parameter measurement, vertical and horizontal refraction, measurement accuracy, dry and hot climate, geodetic model, microscale variability, research, accounting, accuracy improvement.*

Annotatsiya. *Maqolada atmosferaning yerga yaqin qatlamini geodezik o‘lchash natijalariga ta`sirini o`rganilgan. Uning instrumental va meteorologik uslubiy yo‘nalishlari chuqur tahlil qilingan. Burchaklar va masofalarni geodezik usulda o‘lchash natijalariga ta’sirini samarali hisobga olishning umumiy konsepsiyasi aniqlanib refraksiyani hisobga olish usulining yangicha yondashuvi taklif qilingan.*

Kalit so‘zlar: *Atmosfer parametrlarini o‘lchash, vertical va gorizontal refraksiya, o‘lchash aniqligi, quruq va issiq iqlim, geodezik model, mikro-masshtabli o‘zgaruvchanlik, tadqiqot, hisobga olish, aniqlikni oshirish.*

Аннотация. *В статье исследуется влияние приземного слоя атмосферы на результаты геодезических измерений. Подробно анализируются инструментальные и метеорологические метод этого влияния. Определена общая концепция эффективного учета влияния на результаты геодезических измерений, а также предложен новый подход к методу учета рефракции.*

Ключевые слова: *Измерение атмосферных параметров, вертикальная и горизонтальная рефракция, точность измерений, сухой и жаркий климат, геодезическая модель, микромасштабная изменчивость, исследования, учет, повышение точности.*

Methods for studying the influence of the surface layer of the atmosphere on the results of geodetic measurements and their accounting are divided into two groups. These are methodological and instrumental. The methodological direction involves determining corrections for the influence of the surface layer of the atmosphere or weakening its influence by processing information about the observation point and time distribution of meteorological elements [3]. Instrumental methods of accounting for the air atmosphere include methods of direct and indirect calculations of the average integral parameters of the atmosphere for the route [1,2].

Speaking about the advantages and disadvantages of this or that method and the approach to their accounting, the concepts of accuracy and speed of execution are used as the main factors, which determine the effectiveness of methods for accounting for the influence of the atmosphere. They are faced with the problem of optimal balance between the response of various geodetic works and the results obtained. The method of taking into account the influence of the atmosphere can be considered effective if such a balance is observed. Creating an effective, that is, simultaneously fast and accurate approach to taking into account the influence of the atmosphere can be considered one of the main tasks for increasing the accuracy of geodetic measurements. Increasing the accuracy of traditional methods leads to an increase in the volume of work performed.

The high accuracy of the methodological approach is based on the point character of meteorological measurements [3]. Point meteorological measurements reflect the state of the atmosphere along the propagation trajectory of electromagnetic radiation. These meteorological measurements should be

-at the height of the beam;

-with precision during geodetic measurements;

-with a sufficient number of points.

In this approach to increasing accuracy, fast execution reduces accuracy, while efficiency also decreases. If the atmospheric state is modeled in the interval between them, in some cases the number of meteorological points can be reduced. However, existing models include statistical parameters, and point measurements are used to determine variable parameters [4,5]. The instrumental direction includes all the methods inherent in point measurements, devoid of the main disadvantages. The atmospheric state determined by instrumental methods is the average integral of the corrections to geodetic measurements. The refractive indices of the sighting beam in the atmosphere, the angles of refraction, and the resulting marks reflect the state of the atmosphere along the sighting beam. This eliminates the need for multiple measurements along the route. However, at the modern stage, the level of implementation and the accuracy of instrumental methods for direct measurement of refraction angles allow them to solve all geodetic tasks. Linear refractometers are distinguished by their large size and high cost. Therefore, speaking about these methods, which are widely used in geodetic practice, it is assumed that methods for measuring atmospheric parameters are used. An example of this is the geodetic method of determining vertical refraction angles or refraction coefficients.

In this approach, the refraction angle is not measured, but the slope is determined using the theoretical results of the zenith distances measured with an angle measuring instrument and the results of high-precision geometric leveling. This approach can also be used in linear measurement cases. The disadvantages of the geodetic method include its complex workflow. In order to reduce the volume of geometric leveling work, the refraction accuracy is determined for a specific route. The results obtained can be applied to other routes in the work area, which leads to a certain decrease in the accuracy of refraction calculations [6,7].

Taking into account the above, it can be concluded that the effective solution to the problem of taking into account the influence of the atmosphere on the results of geodetic measurements does not depend on one or another approach, but on their general application.

The use of modeling of measurements of atmospheric parameters and determination of their changes allows you to take into account the state of the atmosphere, which allows you to determine and implement corrections for the influence of the atmosphere in the measurement process, reducing the volume of measurements. In the modeling process, it is shown that the change in the state of the atmosphere at geodetic measurement points, that is, the horizontal and vertical basis of atmospheric variability, is taken into account in order not to reduce the measurement accuracy.

The general concept of effective consideration of the influence of the atmosphere on geodetic measurements in angle and distance measurements from geodetic works.

References

[1]. Островский А.Л. Достижения и задачи рефрактометрии // Геопрофи. -М., 2008.-№1.-С. 6-15.

[2]. Островский А.Л., Мороз А.И. Теория и практика флуктуасионного метода определения вертикалной рефраксии // Изв. вузов. Геод. и аерофотосемка. — 2000. — Н°3. — С. 11-29.

[3]. Суюнов Ш.А., Каримова У.Э., Файзиев Ш.Ш. Исследование переноса оптического изображения в облачной атмосфере по наклонным трассам// Сборник избранных научных работ Международной научно-практической конференции на тему: «Научно-исследовательской работы в области Геоинформатики: современное состояние и перспективы» по проекту «*DSinGIS*–Докторантура в области Геоинформационных наук» в рамках программы *Erasmus+*. Специальный том ИЗВЕСТИЯ географического общество Узбекистана. –Ташкент, Узб.НУ.2018. – С. 130-133.

[4]. А.С.Суюнов, Ш.А.Суюнов. Методы учета рефракции при геодезичесских измерениях (Монография). Издательство “*IJODKOR*” Ташкент 2020, с.136.

[5]. .Suyunov A.S., Salahiddinov A.A., Suyunov Sh.A. Analysis of the influence of the atmosphere surface layer on the measurement made by electronic total stations. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. Vol. 4, Issue 1, January 2017.

[6]. Zhang Han-wei, Mao Wei, Li Binhua, Yang Lei, Tei Qiong-xian. The argumentation on avoiding adopted atmospheric distributing model in refraction delay model // Cehui kexue. Science of Surveying and Mapping. - 2007. - № 1. - 14-17,160 (РЖ. Серия Геодезия и аэросъемка. - 2008. - № 4).

[7]. Суюнов А.С. Об учете влияния вертикальной рефракции на геодезические измерения в условиях Средней Азии. -1995. - 75 с. - Деп. в ГНТБ Укр., № 838-Ук 95 (РЖ 95.10-52.100).

FARG‘ONA VILOYATI RISHTON TUMANINING IJTIMOIY-IQTISODIY TAVSIFI HAMDA YER TOIFALARI KARTALARINI YARATISHNING AHAMIYATI

A.Y. Rasulov, M.R. Abdujabborova

Farg‘ona davlat texnika universiteti
**Mas’ul muallif, e-mail: rasulovasrorjon1@gmail.com*
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Yer resurslaridan foydalanish bo‘yicha jahonda yuqori o‘rinda turuvchi rivojlangan davlatlarda ham yer turlari kartalarini yaratishda zamonaviy texnologiyalar va ilm-fan yutuqlaridan foydalanilayotganligi sir emas. Yer jamiyat boyligining manbayi, insoniyat uchun moddiy boyliklar yaratish va ishlab chiqarishni xom-ashyo bilan ta’minlashning tabiiy negizidir. Moddiy boyliklarni ishlab chiqarish jarayonida yer asos (bazis) va ishlab chiqarish vositasi sifatida qatnashadi. Shu bilan bir qatorda yer resurslarini boshqarishda hozirgi zamon yangi texnologiyalarini qo‘llab yuqori samadorlikka erishish haqida so‘z boradi.*

Kalit so‘zlar: *Zondlash, geodezik punkt, dronlar(uchuvchisiz uchish aparatlar), karta, plan, baza, qishloq xo‘jaligi, GAT texnologiyasi va boshqalar.*

Аннотация: *Не секрет, что современные технологии и научные достижения используются при создании карт типов земель даже в развитых странах, занимающих лидирующие позиции в мире по использованию земельных ресурсов. Земля является источником богатства общества, естественной основой создания материальных благ человечества и обеспечения сырья для производства. В процессе производства материальных благ земля участвует как основа (базис) и средство производства. В то же время ведутся разговоры о достижении высокой продуктивности за счет использования современных технологий в управлении земельными ресурсами.*

Ключевые слова: *Зондирование, геодезические точки, дроны (беспилотные летательные аппараты), карта, план, база, сельское хозяйство, ГИС-технологии и т. д.*

Annotation: *It is no secret that modern technologies and scientific achievements are used in the creation of maps of land types even in the developed countries, which are at the top of the world in terms of the use of land resources. The land is the source of society's wealth, the natural basis for creating material wealth for humanity and providing raw materials for production. In the process of production of material wealth, the land participates as a basis (basis) and means of production. At the same time, there is talk of achieving high productivity using modern technologies in the management of land resources.*

Keywords: *Probing, geodetic point, drones (unmanned aerial vehicles), map, plan, base, agriculture, GIS technology, etc.*

Kirish.

Bizga ma’lumki, kartografiya tarmog‘ida qishloq xo‘jaligini kartografiyalash o‘ziga xos xususiyatlarga ega. Chunki qishloq xo‘jalik mahsulotlarini ishlab chiqarishi murakkab hududiy ishlab chiqarish tizimini shakillantiradi. Uni tavsiflash uchun ko‘p ko‘rsatkichlar majmui qo‘llaniladi. Kartada tarmoqlar rivojlanishining ijtimoiy- iqtisodiy shart-sharoitlarini, qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishi strukturasini, uning morfologik, tipologik va funksional xususiyatlarini tasvirlash zarurdir. Qishloq xo‘jaligi yer turlari kartalarining mavzusini kartografiyalashtirilayotgan tuman, tabiiy va ijtimoiy-iqtisodiy xususiyatlarini hisobga olgan holda tuziladi. U ko‘p jihatdan ijtimoiy-iqtisodiy kartografiyalashga xos umumiy prinsiplar bilan aniqlanadi. [1-2]

Qishloq xo‘jalik kartografiyasi asosini inson uchun eng zarur bo‘lgan yer va undan foydalanish, yer resurslarini o‘rganish va uni ishga solish xamda undan foydalanib, hosil olish bilan bog‘liq bo‘lgan masalalar tashkil qiladi. Shu bilan birga qishloq xo‘jalik maxsulotlarini qayta ishlash shu sohani bir tarmog‘i hisoblanadi. Qishloq xo‘jalik yer turlari kartalarini yaratish sanoat va transport kartalaridan deyarli katta farq qiladi. Chunki u tabiiy sharoit bilan bog‘liq bo‘lib hudud va yer maydoni bilan bog‘langan xolda kartaga tushiriladi. Ilmiy va ilmiy-ma’lumotnomali kartalar yaratishda ko‘proq qishloq xo‘jaligi yer bilan bog‘liq bo‘lgani uchun dastlab yerning tabiiy xolatini va resurs sifatida o‘rganish uchun yer bilan bog‘liq bo‘lgan kartalar tuziladi. Bugungi kunda qishloq xo‘jalik kartalarini tuzish jarayonini yengillashtirishda zamonaviy usullar va materiallarni qo‘llash zaruriyati tug‘ilmoqda. Shuning uchun ham ushbu masalalarni hal etishda rivojlangan

davlatlar tajribalarini o‘rganish, taqqoslash va zarur bo‘lgan hollarda o‘zlashtirishimiz zarur.

Kosmik ma’lumotlardan hamda GIS texnologiyalardan foydalanib yerdan foydalanish kartalarini yangilash mavzusi yuzasidan O‘zbekistonlik xamda chet ellik olimlar qilgan ishlari va bu ishlari asosida chiqargan maqolalarini o‘rganish. Dunyoda va birinchi navbatda AQShda, Yevropaning rivojlangan mamlakatlari va Rossiya Fedyeratsiyasida yerdan foydalanish samaradorligini oshirish masalalari bo‘yicha tadqiqotlar olib borilgan, bu o‘z navbatida zamonaviy GAT texnologiyalari va masofadan zondlash usullaridan foydalanilgan holda yer turlari kartalarini yaratish va uni takomillashtishning ilmiy asoslangan usullarini ishlab chiqishni taqozo etadi. Bunday tadqiqotlar xorijlik olimlardan Kozlova D.I Koplova S.V, Baranova M.V, Yazyeryan G.G. Pavlov A.V, Kutumov A.A, Shvedov D.O. Anikeneva I.A, Zaichko V.A, Csillag, Ben-Dor, Banin, Dwivedi, Mettyernicht, Zinck, Shao, Farifteh, Singh, Nield, Peng, Dehaan, Taylor, Eldiyery, Huang, H.Henkel, Spies, Woodgate va boshqalar tomonidan olib borilgan. Jumladan: Safarov E.Yu, Mirzaliyev T, Musayev I, Isaqov E.X, Raximov A, Mamatqulov Z, Abduraxmonov I, Prenov Sh va R.Oymatovlar tomonidan ishlab chiqilgan taklif va tavsiyalari o‘zining samarasini berib kelmoqda. [3-4]

Asosiy qism.

Tahlil natijalari asosida monitoring qilish, doimiy o‘zgarishlarni qayd etib borish va miqdor ko‘rsatkichlarini aniqlash kabi dolzarb masalalarning yechimlarini topish imkoniyatlari mavjud.(1.1.1-rasm)

1.1.1-rasm Rossiya fedaratsiyasi hududidagi tuproqlar va tuproq komplekslari kartasi.

1.1.2-rasm Rossiya fedaratsiyasida qishloq xo‘jalik yerlarining tarkibi (haydaladigan yerlar 55.3%, yaylovlar 30.8%, pichanzorlar 10.8%, deposit yerlar 2.2 % ko‘p yillik plantatsiyalar 0.9% 2017 yildagi).

Bugungi kunda iqtisodiyotning barcha sohalarida raqamlashtirish va innovatsion axborot-kommunikatsiya texnologiyalaridan foydalanib geografik axborot tizimlari va veb-portallar shakllantirilmoqda, ular yordamida aholiga va tadbirkorlik subyektlariga davlat xizmatlari va boshqa turdagi xizmatlar ko‘rsatilmoqda. Kadastr agentligi tomonidan yuritilayotgan Milliy geografik axborot tizimi geoportaliga ham 17 ta vazirlik va idoralar mas’ul bo‘lgan Davlat kadastrlari ma’lumotlari va Agentlik tomonidan yaratilgan xarita va ortofotoplanlar kiritilgan. Ushbu axborot tizimi orqali 8 ta vazirlik o‘rtasida avtomatlashtirilgan ma’lumot almashinuvi yo‘lga qo‘yilgan. [5-6]

Fazoviy ma’lumotlar milliy infratuzilmasini yaratish – iqtisodiy, ijtimoiy va ekologik nuqtai nazardan istiqbolli hisoblanadi. Bu borada amalga oshirilayotgan ishlar xususida Yerni masofadan turib zondlash, geodeziya va kartografiya boshqarmasi boshlig‘i Ixtiyor Ergashov quydagilarni so‘zlab berdi. O‘zbekiston Respublikasining 2021 yil 23 iyuldagi “Fazoviy ma’lumotlar to‘g‘risida”gi qonuni bu boradagi ishlar samaradorligini yanada oshiradi. Ushbu qonun 5-bob, 25-moddadan iboratdir. Unda fazoviy ma’lumotlar sohasiga doir asosiy tushunchalarga izoh berilgan. Fazoviy ma’lumotlar milliy infratuzilmasini yaratish – iqtisodiy, ijtimoiy va ekologik nuqtai nazardan istiqbolli hisoblanadi. Bu borada amalga oshirilayotgan ishlar xususida Yerni masofadan turib zondlash, geodeziya va kartografiya boshqarmasi boshlig‘i Ixtiyor Ergashov quydagilarni so‘zlab berdi. O‘zbekiston Respublikasining 2021 yil 23 iyuldagi “Fazoviy ma’lumotlar to‘g‘risida”gi qonuni bu boradagi ishlar samaradorligini yanada oshiradi. Ushbu qonun 5 bob, 25 moddadan iboratdir. Unda fazoviy ma’lumotlar sohasiga doir asosiy tushunchalarga izoh berilgan. Fazoviy ma’lumotlar — fazoviy ob’ektlar to‘g‘risidagi, ularning joylashuvi, shakli, xossalari haqidagi ma’lumotlarni o‘z ichiga oladi.

Xulosa

1. Kosmik suratlar hududning atrofidagi kanallar, ariqlari va umuman olganda hududning tabiiy sharoitini o‘rganishga imkon beradi Farg‘ona viloyatidagi Rishton tumanining elektron raqamli kartalarini yaratish uchun aerokosmik usulidan foydalanishni taklif qilamiz, chunki bunday usul kam mablag‘ talab etadi. Shuning uchun hozirgi davrda kartalashtirish aerokosmik ma’lumotlar asosida amalga oshirilsa maqsadga muvofiq bo‘lar edi.

2. Elektron raqamli kartalarni tuzish uchun GAT dasturlaridan foydalanish hozirgi kunda zamon talabi hisoblanadi. Xozirgi kunda tumanlarning yer turlarini elektron raqamli kartalarini tuzishda aerokosmik vositalardan foydalanish iqtisodiy jihatdan tejamkor hisoblanadi.

3. Masofadan zondlash va aerosuratlardan yuqori darajada foydalanish orqali aniq va sifatlilik darajasi yuqori bo‘lgan elektron raqamli kartalarni yaratish va uni transformatsiya qilish orqali elektron raqamli kartalarni yaratish imkoniyati yaratiladi.

Adabiyotlar

[1]. O‘zbekiston Respublikasining Yer kodeksi: (2011 yil 1 martgacha bo‘lgan o‘zgartish va qo‘shimchalar bilan) Rasmiy nashr – O‘zbekiston Respublikasi Adliya vazirligi. - T.: “Adolat”, 2011 yil

[2]. Toshpo‘latov S.A, Islomov O‘.P, Inamov A.N, Pardaboyev A.N “ Zamonaviy geodezik asboblar” o‘quv qo‘llanma. Toshkent - 2020 y.

[3]. Safarov E.Yu., X.A.Abduraximov, R.Oymatov “Geoinformatsion kartografiya” o‘quv qo‘llanma. Toshkent “Univyersitet” 2012 y.

[4]. K R Raxmonov “Yer monitoringi asoslari” O‘quv qo‘llanma Toshkent- 2008 y.

[5]. T.Mirzaliyev “Kartografiya” Toshkent O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi “Fan nashriyoti” 2006 y.

[6]. Yokubov S. Development of agricultural cards using arcgis and panorama technologies //Innovations in Science and Technologies. – 2024. – Т. 1. – №. 1. – С. 101-107.

[7]. Khakimova K., Yokubov S. Creation and maintenance of state cadasters in therepublic of uzbekistan //Innovations in Science and Technologies. – 2024. – Т. 1. – №. 1. – С. 85-93.

TUPROQLARNING IKKILAMCHI SHO‘RLANISHGA MOYILLIK DARAJASI (Andijon viloyati Bo‘z tumani)

I.X. Kimsanov[1], A.Y. Rasulov [2]*

[1]*Andijon davlat texnika universiteti*
[2]*Farg‘ona davlat texnika universiteti*
**Mas’ul muallif, e-mail: rasulovasrorjon1@gmail.com*

Annotatsiya: *Maqolada Markaziy Farg‘ona hududiga kirgan Andijon viloyatining Bo‘z tumanida 2017 yilda bajarilgan sug‘oriladigan qishloq xo‘jaligi yer maydonlari sho‘rlanish darajasini aniqlash va kartogrammalar tuzishishlari natijalari taxlil qilingan. Sho‘rlanish darajasini aniqlashda tadqiqot obyektining rel’yef bo‘yicha joylanishi, sho‘rlanish ximizmini xisobga olgan holda tuproqlarning ikkilamchi sho‘rlanish darajasi aniqlanib, sho‘r yuvish me’yori, muddati va soni bo‘yicha tavsiyalar berilgan.*

Kalit so‘zlar: *tuproq, sho‘rlanish, massiv, ikkkilamchi sho‘rlanish, tuproq monitoringi, namunalar, kartografiya, xarita.*

Аннотация: *В статье анализируются результаты определения уровня засоления и составления картограмм орошаемых сельскохозяйственных земель Бозского района Андижанской области, входящей в состав Центрально-Ферганской области, проведенные в 2017 году. При определении уровня засоления был определен вторичный уровень засоления почв с учетом рельефа объекта исследования и химического состава засоления, а также даны рекомендации по норме, продолжительности и количеству солевых выщелачиваний.*

Ключевые слова: *почва, засоление, массив, вторичное засоление, мониторинг почвы, образцы, картография, карта.*

Annotation: *The article analyzes the results of determining the level of salinization of irrigated agricultural land and creating cartograms in the Boz district of the Andijan region, which is part of the territory of Central Fergana. When determining the level of salinity, taking into account the location of the object of study of the area, the chemistry of salinity, the secondary level of soil salinity are determined and recommendations are given on the rate, duration and number of salt flushes.*

Key words: *soil, salinization, massif, secondary salinization, soil monitoring, samples, cartography, map.*

KIRISH

Qishloq xo‘jaligida foydalaniladigan yerlarning tabiiy va antropogen omillar ta’sirida o‘zgarishini aniqlash, kuzatish, taxlil qilish hamda ularni nazorat qilish tizimlarini o‘z ichiga olgan tuproq monitoringining asosiy tadbirlaridan biri bo‘lgan sho‘rlanish darajasini aniqlash ishlari ikkilamchi sho‘rlanishga moyil bo‘lgan qishloq xo‘jalik yerlarida bajarildi.Ma’lum-ki, tuproq hosil bo‘lish jarayonining rivojlanishida tabiiy tuproq hosil bo‘lish omillaridan tashqari insonlarning qishloq xo‘jaligidagi faoliyati ham muhim ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, Respublikamizning sug‘orib dehqonchilik qilinadigan tumanlarida qo‘llanilayotgan agrotexnika va sug‘orish suvi o‘simliklarga, tuproq xossalarigagina emas, balki tuproq hosil bo‘lish jarayoniga sezilarli ta’sir etadi. Tuproqlarning tarixiy rivojlanishidagi barcha ta’sir qiluvchi omillarni to‘g‘ri baxolash lozim, ular quyidagilardan iborat: o‘simliklar dunyosi, joyning iqlimi va rel’yefi, tuproq xosil qiluvchi tog‘ jinslari xarakteri va insonlar faoliyatidir. Sanab o‘tilgan omillarning to‘liq o‘rganish sug‘orib dehqonchilik qilinadigan tuproqlarni holati monitoringini to‘g‘ri yuritishda hamda agronomik tavsiflashda muhim ahamiyatga ega. Tuproqlarning sho‘rlanish darajasini aniqlash qishloq xo‘jaligi ishlab chiqarishida muxim axamiyat kasb etadi. Sho‘rlanish sug‘oriladigan yerlar tuproq unumdorligi, mahsuldorligi va meliorativ-ekologik holatini belgilovchi asosiy tuproq jarayonlaridan hisoblanib, bu jarayonning qishloq xo‘jalik yerlarida faollashib borishi ekin maydonlaridan foydalanish darajasini qiyinlashtiradi, yerlarga zamonaviy ishlov berish, chigit ekish muddatlarini kechiktiradi, o‘simliklarni normal o‘sishi va rivojlanishiga salbiy ta’sir ko‘rsatib, ko‘plab ilmiy va amaliyot ajribalarda kuchsiz sho‘rlangan yerlarda paxta hosildorligini 20-30 foiz, o‘rtacha sho‘rlangan yerlarda 40-60 foiz, kuchli sho‘rlangan tuproqlarda esa 80 foizgacha kamaytirishi aniqlangan.

Xaritalashtirish ishlari asosida Bo‘z tumanidagi 10 – ta massivlar sug‘oriladigan yerlarining “Tuproq sho‘rlanishi” xaritogrammasi tuzildi, agrotexnik va agromeliorativ tadbirlar tarkibi va hajmi rejalashtirilib, sho‘r yuvish normalarining optimal me’yorlari aniq belgilandi. Sho‘rlangan yerlarni syomkalash va xaritogrammalar tuzishda, 2004 yil deshifrovka qilingan yerdan foydalanish plani(tarxi), 2013 yilda tayyorlangan xo‘jalikning masshtabi 1:10000 bo‘lgan tuproq sifatini baholash xaritalari, avvalgi tur tadqiqotlar natijalaridan kartografik asos sifatida foydalanildi.

1. Tayyorgarlik ishlari- Bo‘z tumanida 13120 gektar qishloq xo‘jaligi yer maydonidagi 10 ta massivlarda bajarildi. O‘rtacha har 18 gektar qishloq xo‘jalik yer maydonidan 1 ta kesma qazildi (yer maydonining 10 % idan 2 metrlik, 90 % idan 1 metrlik kesmalar), ulardan tuproq namunalari olindi.

Kartografik ishlar- ArcGiss dasturida chizilgan tuproq sho‘rlanish darajasini ko‘rsatuvchi xaritalari 5-nusxada ko‘paytirildi, olingan natijalar asosida qishloq xo‘jalik xaritasidagi qishloq xo‘jalik yerlari mavjud konturlar kesimida yer maydoni tuproqlarining sho‘rlanish darajalari jadvali (ilova) shaklda ko‘rsatildi. Sug‘oriladigan yerlarida sho‘rlanish jarayonlari jadallashib borayotgan bir sharoitda, tuproqning ustki ildiz qatlamida tuz to‘planish va qayta sho‘rlanish jarayonlarini oldini olish, sodir etgan oqibatlarini tugatish hamda sug‘oriladigan sho‘rlangan yerlar melioratsiyasi muammolarini hal qilish qishloq xo‘jaligi oldida turgan dolzarb masalalardan hisoblanib, bu borada sug‘oriladigan yerlarda xaritalashtirish ishlarini o‘tkazish, sho‘rlangan tuproqlarni hisobga olish va sho‘r yuvish normalarini aniq belgilash, olingan natijalar asosida meliorativ tadbirlar majmuasini rejalashtirish nihoyatda muhim. Bo‘z tumani yerlari subtropik cho‘l zonasida joylashgan. Tuproq yuzasi keng to‘lqinsimon bo‘lib, dengiz sathiga nisbatan 450-500 metr balandlikda, yillik yog‘in miqdori 150 mm dan kam. Farg‘ona vodiysining tekislik qismi. O‘simliklari shuvoq, yulg‘un va sho‘ralardir. Tekshirilayotgan yerlardagi tuproq-gruntlarning mexanik tarkibi, sizot suvlari sathi va mineralizatsiyalanganligi shu geomorfologik elementlar tuzilishiga bog‘liq.

O‘tloqi tuproqlarda sizot suvlari sathi 1,5-2,0 metr chuqurlikda bo‘lib, gidromorf sharoitda rivojlanadi. Haydalma qatlamda chirindi(gumus) miqdori 0,75-1 %, umumiy azot 0,06-0,1%, fosfor miqdori 0,13-0,14 %, kaliy 0,9-1 %, harakatchan fosfor 25-35mg/kg, almashinuvchi kaliy 100-200mg/kg ni tashkil etadi. Tuproqlari turli darajada sho‘rlanishga uchragan. Shuni ta’kidlash kerak-ki, tuproq sho‘rlanishi bilan bog‘liq bo‘lgan ko‘pgina nazariy masalalarni hal etishda tuproq va uning fizik xossalarini bilish muhim ahamiyatga ega. Tuproq tarkibidagi suv va unda eriydigan tuzlarning harakatlanishi tezligi, to‘planishi, bug‘lanishi va shunga o‘xshash jarayonlar bir xil mexanik tarkibli (qat-qat yotqiziqli gruntalar) tuproq-grunt profilida o‘ziga xos xarakterga ega bo‘ladi. Sug‘orishlar davri orasida grunt suvlari sathi tabiiy holatigacha pasayadi. Bu xolat esa sug‘orish davrida tuzlarni pastki qatlamlarga siljishiga olib keladi. Sug‘orishlar orasidagi davrda esa, filtrasion suv tarkibidagi grunt suvlari kapillyar namlik tarkibiga kirib, yuqoriga ko‘tariladi. Yer osti suvlari xlorid-sulfatli tipda bo‘lib, 2,0-4,6 gr/litrni tashkil etib, kuchsiz va o‘rtacha minerallashgandir. Yozgi davrda sho‘r filtrasion suvlarning suyuqlashganligi munosabati bilan yer osti suvlari kam minerallashgan bo‘ladi.

1-jadval

Sizot suvlari taxlili natijalari.

Sizot suvi namunasi	Sizot suvi chuqurligi, sm	***pH***	Tipi	***HCO3***		***SO4***	***Ca***	***Mg***	***Na+K***	Quruq qoldiq, gr/l
1	0-130	7,62	C	0,494	0,08	2,704	0,630	0,074	0656	4,638
38	0-145	7,90	C	0,256	0,084	2,604	0,630	0,086	0,510	4,170

2-jadval

Grunt suvlarining minerallashganlik darajasini aniqlash klassifikatsiyasi. (V.A.Priklonskiy, 1960)

T/r №	Guruhlari	Quruq qoldiq, gr/l
1.	Chuchuk suvlar	0-1
2.	Kuchsiz minerallashgan suvlar	1-3
3.	O‘rtacha minerallashgan suvlar	3-10
4.	Kuchli minerallashgan suvlar	10-25
5.	Juda kuchli minerallashgan suvlar	25-50
6.	Namakob	>50

Tuproqlarning sho‘rlanishi sug‘oriladigan tuproqlar unumdorligi hamda arid ekotizimlar meliorativ-ekologik xolatini belgilovchi asosiy tuproq jarayonlaridan biridir. O‘tkazilgan suvli so‘rim kimyoviy taxlil natijalari, tuzlar tarkibining miqdori va sifati sho‘rlanish xaritogrammasiga tuzilgan eksplikatsiyada ko‘rsatilgan. Tuman bo‘yicha tekshirilgan jami 13120 gektar qishloq xo‘jalik yer maydonining 3586,2 gektari yoki 27,3 % sho‘rlanmagan, jami sho‘rlangan sug‘oriladigan yerlarning maydoni 9533,8 gektar bulib, 72,7 %ni tashkil etadi. Shu jumladan kuchsiz sho‘rlangan yerlar 6793,8 ga, yoki 51,8 %, o‘rta sho‘rlangan yerlar 2589,5 ga, yoki 19,7 % va kuchli sho‘rlangan yerlar 70 ga, yoki 0,5%, juda kuchli yoki sho‘rxoklashgan yerlar 80,6 ga bo‘lib 0,6 % ni tashkil qiladi. Tuman sug‘oriladigan yerlarining ko‘pgina qismida sho‘rlanish tipi sulfatli qisman xlorid-sulfatli. Yengil mexanik tarkibli, o‘zanlararo balandlik yerlarda sulfatli, og‘ir mexanik tarkibli ko‘lsimon yotqiziqlarda esa sho‘rlanish tipi sulfat-xloridni tashkil etmokda. Shularni xisobga olgan xolda kuyidagi amallarga roiya etish zarur.

1.Massiv(xudud)lardagi har bir fermer xo‘jaligi tabiiy va irrigasion-xo‘jalik sharoitiga bog‘liq xolda suvdan foydalanish normalarini rejalashtirishi shart. Paxta va beda yetishtirishda yil davomida olinadigan jami suv miqdori 10,0-12,0 ming m3/ga dan oshirmasligi zarur.

2. Sug‘orish texnikasini yaxshilash. Pushta olib sug‘orishni joriy qilish zarur, chunki bu usulda sug‘oriladigan tuproqning bir meьyorda namlanishi taьminlanib, kam suv sarflanib, suv isrofgarchiligiga yo‘l qo‘yilmaydi. Sug‘orish pushtasi o‘q ariqlari, nishablikni hisobga olgan xolda (45,0-50,0 metr) maqbul uzunlikdan ortib ketmasin.

3. Erta bahorda sho‘ri yuvilgan yerlarni yetilishi bilanoq boronalash lozim, aks holda tuproqdagi namlik qayta bug‘lanib yana sho‘rlanish yuzaga kelishi mumkin.

4. Paxtaning vegetatsiya davrida sug‘orishdan so‘ng, yetiltirib chuqur kultivatsiya qilish, tuproq yuzasidan parlanishni 20-30 % ga kamaytiradi va sho‘rlanishni oldini oladi. Chirindi (gumus) kamaygan tuproqlarda organik o‘g‘itlar, asosan go‘ng solish.

5. Qishloq xo‘jalik ekinlarni almashlab ekish tizimining mos, maqbul va samarali usullarini joriy etish.

6. Sizot suvlari satxini kritik nuqtadan pasaytirish, tejamkor sug‘orish usullarini qo‘llash.

Adabiyotlar

[1]. “Instruksiya po kontrolyu zasoleniya oroshayemых zemel s primeneniyem elektrokonduktometrov” (SANIIRI,Tashkent,2007).

[2]. Study of morphological and economic-valuable features of new varieties of cotton in the conditions of the andijan region // EPRA International Journal of Environmental Economics, Commerce and Educational Management- Abdulazizova Munavvar Abduqaxxor qizi Kimsanov Ibrohim Khayitmurotovich, Mamatqulov Orifjon Odiljon o’g’li 2020/12/1

[3]. “Эффективность способов внесения азотных удобрений на хлопчатнике в зависимости от технологии полива в условиях сероземно-оазисных почв пояса типичных сероземов” Ibroxim Xayitmuradovich Kimsanov 1996 avtoreferat dissertasii God: 1996

[4]. Изучение морфологических и хозяйственно-ценных признаков новых сортов хлопчатника в условиях андижанского вилоята IX Kimsanov, OA Kodirov, AD Raximov, UZ Abdumalikov, SHZ Tursunaliyev 2019 Prioritetы innovasionno-texnologicheskogo razvitiya v usloviyax globalizasii, Belgorod

[5]. “Davlat yer kadastrini yuritish uchun tuproq tadqiqotlarini bajarish va tuproq xaritalarini tuzish bo‘yicha yo‘riqnoma” (IMH-27-002-13), “Yergeodezkadastr” davlat qo‘mitasi, Toshkent, 2013-yil.

[6]. “Sho‘rlangan yerlarni xaritalashtirish, hisobga olish va sho‘r yuvish me’yorlarini aniqlash bo‘yicha uslubiy ko‘rsatmalar” (Toshkent-2014-yil). Qo‘ziyev R.Q., Sektimenko V.Ye., Ismonov A.J.

HUDUDIY CHEGARALARNI BELGILASHDA TOPOGEODEZIK MA’LUMOTLARDAN FOYDALANISHNING MAVJUD USULLARI VA TEXNOLOGIYALARI (FARG‘ONA TUMANI MISOLIDA)

A.Y. Rasulov*, S.F. Nurmuhammadova

Farg‘ona davlat texnika universiteti
**Mas’ul muallif, e-mail: rasulovasrorjon1@gmail.com*
(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya. *Mazkur maqolada Farg‘ona tumani misolida hududiy chegaralarni aniqlash, delimitatsiya va demarkatsiya jarayonlarida topogeodezik ma’lumotlardan foydalanishning zamonaviy usullari tahlil qilingan. Tadqiqotda global navigatsiya sun’iy yo‘ldoshlari tizimi (GNSS), aerokosmik suratga olish, masofadan zondlash, geografik axborot tizimlari (GIS) va geodezik tarmoqlardan foydalanish asosida aniq chegaralarni belgilash texnologiyalari yoritilgan. Shuningdek, topogeodezik o‘lchovlarning aniqlik darajasini oshirish va ularni GIS muhitida tahlil qilishning ilmiy-amaliy ahamiyati ko‘rsatib o‘tilgan.*

Kalit so‘zlar: *hududiy chegara, delimitatsiya, demarkatsiya, GIS, topogeodeziya, koordinata tizimi, WGS-84, GNSS, aerokosmik suratga olish, kartografiya, geoinformatsion tahlil, aniqlik darajasi.*

Аннотация. *В данной статье анализируются современные методы использования топогеодезических данных в процессах определения территориальных границ, делимитации и демаркации на примере Ферганского района. Исследование охватывает технологии определения точных границ на основе использования глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС), аэрокосмической фотографии, дистанционного зондирования, географических информационных систем (ГИС) и геодезических сетей. Также показана научная и практическая значимость повышения точности топогеодезических измерений и их анализа в среде ГИС.*

Ключевые слова: *территориальная граница, делимитация, демаркация, ГИС, топография, система координат, WGS-84, GNSS, аэрокосмическая фотография, картография, геоинформационный анализ, уровень точности.*

Abstract. *This article analyzes modern methods of using topogeodesic data in the processes of determining territorial boundaries, delimitation and demarcation on the example of Fergana district. The study covers technologies for determining precise boundaries based on the use of global navigation satellite systems (GNSS), aerospace photography, remote sensing, geographic information systems (GIS) and geodetic networks. The scientific and practical importance of increasing the accuracy of topogeodesic measurements and their analysis in a GIS environment is also shown.*

Keywords: *territorial boundary, delimitation, demarcation, GIS, topography, coordinate system, WGS-84, GNSS, aerospace photography, cartography, geoinformation analysis, level of accuracy.*

Kirish

Hududiy chegaralarni aniqlash, belgilash va hujjatlashtirish jarayoni davlat suverenitetining muhim tarkibiy qismidir. Bu jarayonda topogeodezik o‘lchovlar, kartografik materiallar va kosmik ma’lumotlardan foydalanish katta ahamiyatga ega.

O‘zbekiston Respublikasida so‘nggi yillarda geodeziya va kartografiya sohalarida GIS texnologiyalarini joriy etish bo‘yicha keng ko‘lamli islohotlar olib borilmoqda [1, p.8]. Farg‘ona tumani misolida olib borilgan tadqiqotlar natijasida, an’anaviy o‘lchash usullari bilan zamonaviy GNSS texnologiyalarining kombinatsiyasi chegaralarni aniqlashda yuqori aniqlik beradi.

Topogeodezik ma’lumotlarning to‘g‘ri yig‘ilishi va qayta ishlanishi delimitatsiya va demarkatsiya jarayonlarining huquqiy, ilmiy va amaliy jihatdan to‘g‘ri kechishini ta’minlaydi.

Adabiyotlar tahlili

So‘nggi yillarda topogeodezik va kartografik tadqiqotlar bo‘yicha ko‘plab ilmiy ishlar amalga oshirilgan. Masalan, Sh. Ergashev [2, p.10] o‘z tadqiqotlarida O‘zbekiston hududida davlat chegaralarini aniqlashda aerokosmik va GNSS o‘lchovlarining uyg‘unlashuvi samaradorligini ko‘rsatadi.

Rossiyalik olimlar A. A. Karpov va V. N. Sidorovlar [3, p.12] tomonidan olib borilgan izlanishlarda geodezik punktlar tarmog‘ini modernizatsiya qilish orqali chegara chizig‘ining aniqligini 1:25000 masshtabda ta’minlash mumkinligi aniqlangan.

Xalqaro miqyosda esa ESRI, Leica Geosystems, Trimble kompaniyalari tomonidan ishlab chiqilgan GNSS texnologiyalari, ortofotoplanlar va dron asosida masofadan zondlash usullari keng qo‘llanilmoqda [5, p.11].

Xalqaro tashkilotlar, xususan FIG [9, p.24] va OSCE [11, p.6] tomonidan nashr etilgan hujjatlarda esa davlat chegaralarini demarkatsiya qilishda fazoviy ma’lumotlarning standartlashtirilgan tizimlari tavsiya etilgan.

Farg‘ona vodiysi hududlarida o‘tkazilgan amaliy ishlarda, ayniqsa Farg‘ona tumanining topogeodezik bazasi orqali hududiy chegaralarning yangi koordinatalar tizimi (WGS-84) bilan qayta belgilanishi yuqori natija bergan [6, p.24].

Bundan tashqari, O‘zbekiston Respublikasi Yer resurslari, geodeziya, kartografiya va davlat kadastri qo‘mitasi tomonidan ishlab chiqilgan “Geodezik o‘lchovlar reglamenti”da (2022) topogeodezik tarmoqlarni yaratish va yangilash bo‘yicha metodik talablar batafsil ko‘rsatib o‘tilgan. Ushbu reglament, delimitatsiya va demarkatsiya ishlarida geodezik punktlar koordinatalarining aniqligini 5 mm gacha yetkazish imkonini beradi [10, p.12].

Umuman olganda, ilmiy manbalar tahlili shuni ko‘rsatadiki, hududiy chegaralarni belgilashda quyidagi yondashuvlar eng samarali hisoblanadi:

- GNSS va GIS texnologiyalarining integratsiyasi;
- Aerokosmik suratga olish asosida koordinatalarni yangilash;
- Yer usti va sun’iy yo‘ldosh o‘lchovlarini birlashtirish;
- Raqamli xaritalash (digital mapping) asosida hududlarni qayta belgilash.

Natijalar

Tadqiqot natijalaridan ko‘rinadiki, mavjud geodezik tarmoqda ayrim punktlarning koordinatalari yangilanishi zarur. Shuningdek, GNSS va fotogrammetriya texnologiyalarini qo‘llash natijasida chegara chiziqlarining aniqligini oshirish mumkin [12, p.4].

GIS asosida ishlab chiqilgan chegara chizig‘ining qatlamli modeli yordamida delimitatsiya jarayonida topografik va ma’muriy ma’lumotlar o‘zaro integratsiya qilinadi [13, p.5].

Bu esa Farg‘ona tumanidagi amaliy ishlarda chegara chizig‘ining 0.5 m aniqlikkacha takomillashishiga imkon beradi.

Farg‘ona tumanida olib borilgan tadqiqotlar natijasida quyidagi asosiy topogeodezik punktlar aniqlangan.

№	Punkt nomi	Kenglik (°N)	Uzunlik (°E)	Aniqlik (mm)	Maqsadi
1.	FG-01	40.3735	71.7652	±5	Boshlang‘ich geodezik baza
2.	FG-02	40.3821	71.7854	±6	Chegara chizig‘ini belgilash
3.	FG-03	40.3956	71.7988	±4	Kontrollik punkt
4.	FG-04	40.4103	71.8125	±5	GNSS o‘lchov punkti
5.	FG-05	40.4231	71.8344	±4	Kortografik moslash nuqtasi

1-jadval. Farg‘ona tumanining asosiy geodezik punktlari koordinatalari (WGS-84 tizimi asosida)

Ushbu ma’lumotlar GIS dasturlarida (ArcGIS, QGIS) qayta ishlanib, hududiy chegaralarning aniqligi 1:10000 masshtabda ta’minlanadi.

Muhokama

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatadiki, Farg‘ona tumanida topogeodezik ma’lumotlar asosida chegaralarni belgilash jarayoni ancha samarali kechmoqda.

Masalan, GNSS o‘lchovlarining an’anaviy teodolit o‘lchovlariga nisbatan xatolik darajasi 3 baravar kamaygan.

GIS texnologiyalarida ma’lumotlarni qatlamlar asosida (vektor, raster) joylashtirish orqali chegara chiziqlarining real joylashuvi aniqlashtirildi.

Bundan tashqari, demarkatsiya jarayonida dron asosida olingan ortofotosuratlardan foydalanish chegaralarni tabiiy relyef bilan uyg‘unlashtirish imkonini bermoqda.

Xulosa

Topogeodezik ma’lumotlardan foydalanish hududiy chegaralarni belgilashda eng ishonchli va aniqligi yuqori usullardan biridir.

Farg‘ona tumanida olib borilgan tahlillar shuni ko‘rsatdiki, GNSS, aerofotosurat, va GIS integratsiyasi asosida yaratilgan yangi tarmoq sxemasi chegara belgilash aniqligini 30–40% ga oshiradi.

Kelajakda bu tajribani boshqa tuman va viloyatlar delimitatsiya jarayoniga joriy etish maqsadga muvofiqdir.

Farg‘ona tumani hududida topogeodezik ma’lumotlardan foydalanish orqali:

- Hududiy chegaralarni 5 mm aniqlik bilan belgilash imkoniyati mavjud;
- GIS va GNSS texnologiyalari kombinatsiyasi delimitatsiya va demarkatsiya jarayonlarini avtomatlashtirishga xizmat qiladi;
- Topogeodezik tarmoqlarni muntazam yangilash hududiy boshqaruv tizimini yanada takomillashtiradi.

Shunday qilib, topogeodezik va GIS texnologiyalarining uyg‘un qo‘llanishi Farg‘ona tumani misolida aniq, ilmiy asoslangan va amaliy jihatdan ishonchli chegaralarni belgilash imkonini beradi.

Adabiyotlar

[1]. O‘zbekiston Respublikasi Yer resurslari, geodeziya, kartografiya va davlat kadastri qo‘mitasi. “Geodezik o‘lchovlar reglamenti”, Toshkent, 2022.
[2]. Ergashev Sh. “Hududiy chegaralarni belgilashda GNSS texnologiyalarining o‘rni”. – T.: Geoinformatika jurnali, 2023.
[3]. Karpov A.A., Sidorov V.N. “Sovremennye geodezicheskie seti v delimitatsii granits”. – Moskva, 2021.
[4]. ESRI, Trimble, Leica Geosystems. “Modern GNSS-Based Border Mapping Methods”. – USA, 2020.
[5]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining PQ–3804-son qarori, “Geoinformatsion tizimlarni rivojlantirish chora-tadbirlari to‘g‘risida”, 2018.
[6]. Drontex Ltd. “Aerial Photogrammetry for Border Mapping”. – London, 2021.
[7]. Qodirov A. “Hududiy boshqaruvda GIS texnologiyalarining qo‘llanilishi”. – Toshkent, 2022.
[8]. G‘ulomov I., Ergashev Sh. “Farg‘ona vodiysi topogeodezik tarmoqlari tahlili”. – Samarqand, 2023.
[9]. International Federation of Surveyors (FIG). “Best Practices in Boundary Delimitation and Demarcation”, 2021.
[10]. Trimble Geospatial Division. “GNSS Data Integration in Border Control”. – California, 2022.
[11]. O‘zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2023-yil 17-maydagi “Hududiy chegaralarni belgilashda raqamli xaritalash tizimlaridan foydalanish to‘g‘risida”gi qarori.
[12]. Rasulov N. “Chegara hududlarida aerofotosurat asosida demarkatsiya ishlarini olib borish tajribasi”. – Farg‘ona davlat universiteti ilmiy axborotnomasi, 2024.
[13]. Mamatqulov S. “Dron va GIS texnologiyalari yordamida hududiy chegara chiziqlarini aniqlashtirish”. – Toshkent irrigatsiya universiteti ilmiy to‘plami, 2023.

MADANIY MEROS OBYEKTLARIDAGI ORNAMENTLARNING TARIXIY ILDIZLARI VA ULARNING QAYTA TIKLASH JARAYONIDAGI O‘RNI

O’.Sh. Jo’rayev, G.A. Anvarova

Farg‘ona davlat texnika univarsiteti
e-mail: anvarovagulnora56@gmail.com

(Qabul qilindi 16.04.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu maqolada O‘zbekiston milliy ornamentlarining tarixiy ildizlari va ularning madaniy meros obyektlarini restavratsiya qilishdagi ahamiyati tahlil qilinadi. Tadqiqotda tarixiy manbalar, arxeologik topilmalar, hududiy uslubiy maktablar hamda raqamli rekonstruksiya metodlari o‘rganildi. Natijalar qadimgi, islomiy va temuriylar davriga xos ornamentik shakllanish tamoyillarini hamda Buxoro, Xiva va Qo‘qon maktablarining o‘ziga xos bezaklarini aniqlash imkonini berdi. Ornamentlarning yodgorliklarning davri, uslubi va hududga mansubligini belgilashda muhim mezon ekani ko‘rsatildi. Shuningdek, 3D skanerlash, fotogrammetriya va pigment tahlili kabi zamonaviy texnologiyalar restavratsiya jarayonining ilmiy aniqligini oshirishi qayd etildi. Xulosa sifatida ornamentlarni chuqur o‘rganish, ularni kataloglashtirish va an’anaviy hamda zamonaviy metodlarni uyg‘un qo‘llash madaniy merosni tiklashda muhim omil ekani ta’kidlanadi.*

Kalit so‘zlar: *milliy ornamentlar, restavratsiya, madaniy meros, girih va islimiy naqshlar, uslubiy maktablar, raqamli rekonstruksiya, an’anaviy texnikalar.*

Аннотация: *В данной статье анализируются исторические корни узбекских национальных орнаментов и их значение в реставрации объектов культурного наследия. В исследовании рассмотрены исторические источники, археологические находки, региональные стилистические школы и методы цифровой реконструкции. Результаты позволили выявить принципы орнаментообразования, характерные для античного, исламского и тимуридского периодов, а также уникальные орнаменты бухарской, хивинской и кокандской школ. Показано, что орнаменты являются важным критерием определения периода, стиля и региональной принадлежности памятников. Отмечено также, что современные технологии, такие как 3D-сканирование, фотограмметрия и пигментный анализ, повышают научную точность реставрационного процесса. В заключении подчеркивается, что глубокое изучение орнаментов, их каталогизация, гармоничное использование традиционных и современных методов являются важными факторами реставрации культурного наследия.*

Ключевые слова: *национальные орнаменты, реставрация, культурное наследие, гирих и исламские узоры, стилистические школы, цифровая реконструкция, традиционные техники.*

Abstract: *This article analyzes the historical roots of Uzbek national ornaments and their significance in the restoration of cultural heritage objects. The study examined historical sources, archaeological finds, regional stylistic schools, and digital reconstruction methods. The results made it possible to identify the principles of ornamental formation characteristic of the ancient, Islamic, and Timurid periods, as well as the unique ornaments of the Bukhara, Khiva, and Kokand schools. It was shown that ornaments are an important criterion for determining the period, style, and regional affiliation of monuments. It was also noted that modern technologies such as 3D scanning, photogrammetry, and pigment analysis increase the scientific accuracy of the restoration process. In conclusion, it is emphasized that in-depth study of ornaments, their cataloging, and the harmonious use of traditional and modern methods are important factors in the restoration of cultural heritage.*

Keywords: *national ornaments, restoration, cultural heritage, girih and Islamic patterns, stylistic schools, digital reconstruction, traditional techniques.*

Kirish

O‘zbekiston hududi asrlar davomida yirik sivilizatsiyalar chorrahasi sifatida shakllanib, turli madaniy qatlamlar va amaliy san’at maktablarining rivojlanishiga zamin yaratgan. Milliy ornamentlar ana shu uzoq tarixiy jarayonlar natijasida vujudga kelgan ramziy kompozitsiyalar bo‘lib, xalqning estetik qarashlari, dunyoqarashi va urf-odatlarini o‘zida mujassamlashtiradi. Girih, islimiy, kundal, haft-rang koshinkorligi, yog‘och va ganch o‘ymakorligidagi naqshlar O‘zbekistonning me’morchilik va amaliy san’at merosining eng qadimiy ko‘rinishlaridan hisoblanadi.

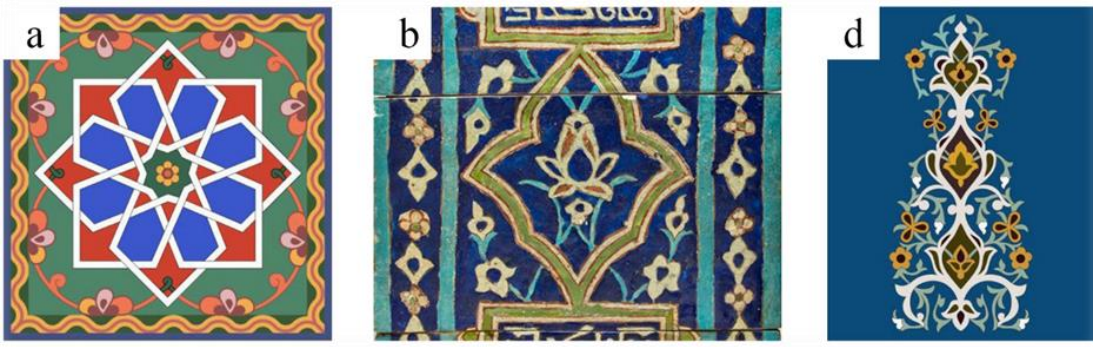
Bugungi restavratsiya jarayonlarida milliy ornamentlarning ilmiy asosda o‘rganilishi dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Chunki bezaklar yodgorlikning davrini, uslubiy maktabini, madaniy muhitini va hududiy xususiyatlarini aniqlashda muhim mezon bo‘lib xizmat qiladi. Mazkur tadqiqotning maqsadi milliy ornamentlarning tarixiy ildizlarini ilmiy jihatdan tahlil qilish va ularning restavratsiya ishlaridagi o‘rnini aniqlashdan iborat.

Tadqiqot quyidagi metodlardan foydalanilgan holda amalga oshirildi:

1. Tarixiy-analitik metod

O‘zbekiston hududida topilgan arxeologik yodgorliklar — Afrasiyob, Ayritom, Varaxsha,

Tuproqqal’a, Dalvarzintepa — da uchraydigan ornamentlar tahlil qilindi. Shuningdek, Temuriylar davri me’morchiligi, Buxoro, Xiva va Qo‘qon xonliklari san’atiga oid namunalar qiyoslandi.



1-rasm. Milliy ornament namunalari
1-a sakkiz burchali girih, 1-b koshin, 1-d-islimiy naqsh.

2. Kompozitsion-tasnifiy metod

Milliy ornamentlar geometrik, o‘simliksimon, hayvoniy va epigrafik turlarga ajratilib, ularning shakllanish tamoyillari o‘rganildi.

3. Restavratsion texnologiyalarni o‘rganish

Koshinkorlik, ganchkorlik, yog‘och o‘ymakorligi va devoriy bezaklarni tiklashda qo‘llanadigan an’anaviy va zamonaviy restavratsion yondashuvlar tahlil qilindi.

4. Raqamli-arxivlash va 3D rekonstruksiya metodlari

3D skanerlash, fotogrammetriya, raqamli pigment tahlili kabi metodlar ornamentlarni ilmiy asosda tiklash jarayonida qanday qo‘llanilayotgani o‘rganildi.

5. Ustoz-shogird maktablarini kuzatish metodlari

Amaliy san’at ustalarining an’anaviy naqsh ishlash usullari, o‘quv jarayoni va real restavratsiya amaliyoti bo‘yicha etnografik kuzatishlar o‘tkazildi.

Natijalar

1. Milliy ornamentlarning tarixiy ildizlari aniqlab berildi

Tahlillarga ko‘ra:

Qadimgi davr (m.a. I ming yillik) ornamentlari asosan spiral, to‘lqin, tasviriy geometrik belgilar asosiga ega bo‘lib, ular kosmogonik tasavvurlar bilan bog‘langan.

Antik davrda lotus, uzum shingilari, rozetta kabi o‘simliksimon naqshlar keng tarqalib, Kushonlar san’ati ornamentikasining asosini tashkil etgan.

Islom davrida girih, islimiy, kufiy yozuvlar asosidagi bezak tizimi shakllangan.

Temuriylar davrida murakkab yulduzsimon girihlar, koshinkorlikning haft-rang usullari, zarhal kundal naqshlari eng yuqori darajaga ko‘tarilgan.

XVI–XIX asrlarda Buxoro, Xiva, Qo‘qon maktablari ornamentlarning hududiy farqlarini yanada yorqin namoyon etgan.[1]

2. Ornamentlar davriy va hududiy aniqlash mezoni sifatida tasdiqlandi

Uslubiy tahlillar shuni ko‘rsatdiki:

Temuriylar davridagi girih kompozitsiyalari odatda murakkab 8, 10 yoki 12 burchakli yulduz shakllaridan iborat.

Xiva maktabiga xos “ko‘k-islimiy” naqshlar hukmron bo‘lib, ular ko‘proq sirtli koshinlarda uchraydi.

Buxoro maktabi zarhal kundal ishlari bilan ajralib turadi.

Rishton va G‘ijduvon kulollik maktablarida gulli, anor, bodomcha, marg‘ilon gul barglari asosiy motiv hisoblanadi.[2]

Bu holat restavratsiyada bezakni to‘g‘ri davrlashtirish imkonini beradi.

3. Restavratsiya texnologiyalaridagi asosiy yondashuvlar aniqlandi

Tadqiqot jarayonida ornamentlarni tiklash quyidagi bosqichlarda amalga oshirilishi tasdiqlandi:

Tadqiqot bosqichi — pigment tahlili, kompozitsion skhematizatsiya, tarixiy analoglar bilan qiyoslash.

Rekonstruksiya bosqichi — yo‘qolgan qismlar tarixiy dalillar asosida tiklanadi.

Tiklash bosqichi — an’anaviy texnikalar (haftrang, kundal, suvurmakorlik, o‘yma) ilmiy izchillik bilan qo‘llaniladi.[10]

4. Raqamli texnologiyalar ilmiy restavratsiyada muhim o‘rin tutishi tasdiqlandi

Natijalar shuni ko‘rsatdiki:

1. 3D skanerlash ornamentning asl o‘lchamlarini aniq saqlaydi.
2. Fotogrammetriya bezaklarning mikro yoriqlarigacha modellashtiradi.
3. Raqamli pigment tahlili bo‘yoqlarning tarixiy tarkibini aniqlaydi.
4. Grafik rekonstruksiya yo‘qolgan naqsh elementlarini ilmiy asosda tiklashga yordam beradi.
5. Ustoz-shogird tizimi restavratsiyada davomiylikni ta’minlaydi

Amaliy kuzatuvlar shuni tasdiqlaydiki:

Kulolchilik, ganchkorlik, yog‘och o‘ymakorligi maktablarida asrlar davomida shakllangan texnika va uslublar hozir ham restavratsiyada qo‘llanilmoqda.

An’anaviy texnikalar zamonaviy restavratsion materiallar va ilmiy tahlillar bilan uyg‘unlashtirilmoqda.

Olingan natijalar milliy ornamentlar nafaqat bezak elementi, balki tarixiy identifikatsiya vositasi ekanini ko‘rsatadi. Ornamentlar asosida obidaning: davri, hududi, maktabi, an’anaviy ustalar faoliyati, texnik ishlov darajasi aniq belgilanishi mumkin. Bu esa restavratsiya jarayonida ilmiy aniqlikni ta’minlaydi.

Biroq tadqiqot davomida quyidagi muammolar ham aniqlandi:

1. Ba’zi yodgorliklarda asl ornamentlarning katta qismi yo‘qolgan, bu esa rekonstruksiya jarayonini murakkablashtiradi.
2. Ustoz-shogird maktablarining qisqarib borishi an’anaviy texnikalarning yo‘qolishiga sabab bo‘lmoqda.
3. Raqamli texnologiyalar barcha hududlarda joriy etilmagan, bu ilmiy restavratsiyani sekinlashtiradi.
4. Ba’zan zamonaviy materiallardan noto‘g‘ri foydalanish ornamentlarning vizual sifatiga putur yetkazadi.
5. Ornamentlarning ilmiy katalogi yetarlicha ishlab chiqilmagan, natijada restavratorlar har doim ham aniq manbalarga tayana olmaydi.

Tadqiqot ko‘rsatadiki, milliy ornamentlarni tizimli kataloglashtirish, restavratsiya bo‘yicha davlat standartlarini ishlab chiqish, ustoz-shogird maktablarini qo‘llab-quvvatlash, raqamli texnologiyalar bilan boyitish dolzarbdir.

Xulosa

Tadqiqot natijalariga ko‘ra quyidagi xulosalarga kelindi: Milliy ornamentlar O‘zbekiston madaniy merosi shakllanishida muhim o‘rin tutadi va ularning ildizlari qadimgi davrlarga borib taqaladi. Ornamentlar me’moriy yodgorliklarning davrini, uslubini va hududiy xususiyatlarini aniqlashda asosiy mezonlardan biridir. Restavratsiya jarayonida ornamentlarni ilmiy asosda o‘rganish, pigment tahlili, kompozitsiya rekonstruksiyasi va an’anaviy texnikalardan foydalanish obidalar autentikligini ta’minlaydi. Raqamli texnologiyalar (3D skan, fotogrammetriya, raqamli rekonstruksiya) ornamentlarni tiklash sifatini oshiradi. Ustoz-shogird maktablari milliy bezak san’ati tajribasini avloddan avlodga uzatishda davom etmoqda. Ornamentlarni o‘rganish va tiklash bo‘yicha yagona ilmiy kataloglar, standartlar va metodikalar ishlab chiqilishi madaniy merosni saqlash sifatini oshiradi. Shunday qilib, milliy ornamentlar nafaqat tarixiy bezak unsuri, balki madaniy xotirani qayta tiklash jarayonida asosiy ilmiy manba sifatida katta ahamiyat kasb etadi.

Adabiyotlar

[1]. Abdullayev, R. O‘zbek xalq amaliy san’ati tarixi. – Toshkent: Fan, 2019.
[2]. Mirzaahmedov, B. Sharq ornamentlari: shakllanish va taraqqiyot. – Samarqand: Registon, 2020.
[3]. Pugachenkova, G. A. Central Asian Art and Architecture. – Moscow: Nauka, 1987.
[4]. Mankovskaya, L. Ornament Centralnoy Azii. – Leningrad, 1978.

[5]. UNESCO. Operational Guidelines for the Implementation of the World Heritage Convention. Paris, 2021.
[6]. Alimov, U. Temuriylar davri me’morchilik maktabi. – Toshkent: O‘zbekiston, 2017.
[7]. Karimov, A. Islimiy va girih naqshlarining kompozitsion qurilishi. – Buxoro: Ziyouz, 2022.
[8]. O‘rozboyev, O. Koshinkorlik san’atining tarixiy asoslari. – Xiva: Ichan qal’a nashriyoti, 2016.
[9]. Ravshanov, S. Ganchkorlik va yog‘och o‘ymakorligi maktablari. – Namangan: Navqiron, 2018.
[10]. Qodirov, E. O‘zbekiston me’moriy yodgorliklarida restavratsiya texnologiyalari. – Toshkent: Kamalak, 2021.

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: 18.05.2026 й.
Бичими: А4. Гарнитура Times New Roman.
Босма табоғи:15,25. Адади 10 нусха. Буюртма № 3.
Баҳоси шартнома асосида.
УП «FDTU ALPHA PRINT» босмахонасида чоп этилди.
Фарғона шаҳар, Фарғона кўчаси 86 -уй.