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 № 1

НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ФГТУ

SCIENTIFIC –TECHNICAL JOURNAL of FSTU

ФАРҒОНА – 2026

ИЛМИЙ-ТЕХНИКА ЖУРНАЛИ ТАҲРИРИЯТИ

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

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

Бош муҳаррир У.Р. САЛОМОВ

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. – Фар ДТУ

Механика:

1. Алиматов Б.А., т.ф.д., проф. – Белгород ДТУ, Россия
2. Сиваченко Л.А., академик, т.ф.д., проф. – Бел.-Рос. Университет, Белорусия
3. Тожиев Р.Ж., т.ф.д., проф. – Фар ДТУ
4. Тўхтақўзиев А., т.ф.д., проф. – Ўз ФА МЭИ
5. Файзиматов Ш.Н., т.ф.д., проф. – Фар ДТУ
6. Валиев Г.Н., т.ф.д., проф. – Фар ДТУ

Қурилиш:

1. Аббасов Ё.С., т.ф.д., проф. – Фар ДТУ
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. – Фар ДТУ
4. Эргашев С.Ф., т.ф.д., проф. – Фар ДТУ

Кимёвий технология ва экология

1. Салиханова Д.С., т.ф.д. проф. – Ўз ФА УНКИ
2. Ибрагимов А.А., к.ф.д., проф. – Фар ДУ
3. Ибрагимов О.О., к.х.ф.д. проф. – Фар ДТУ
4. Омонов Т.С., ф.-м.ф.д., проф. – Альберта Универ, Канада
5. Хамдамова Ш.Ш., т.ф.д. – ООТМХИ
6. Хамрокулов З.А., т.ф.д. – Фар ДТУ

Электрон қурилмалар ва ахборот технологиялари:

1. Расулов А.М., ф.-м.ф.д., проф. – Фар ДТУ
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. – Фар ДУ
4. Исманов И.Н., и.ф.д., проф. – Фар ДТУ
5. Жахонгиров И.Ж., и.ф.д. – Фар ДТУ

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 У.Р. САЛОМОВ

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 printed 6 times a year.

The decision of Presidium of the Supreme Attestation Committee of the RUz №201/3 from December, 30th, 2013 Journal is included in the list of scientific editions of the SAC.

Editor-in-chief U.R. SALOMOV

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

Do’stmatov A.D. Qatlam qalinligining chokning moyilligiga ta'sirini hisobga olgan holda kompozitsion mustahkamlangan plitalarning chegara shartlari va kuchlanishi 9

Usmonova D.R., Mahsudov Sh.A., Vahobova D.G., Oripov J.I. Homilador ayollar bandajlarini takomillashtirishda materiallarning fizik-mexanik, gigiyenik xususiyatlari va funksional imkoniyatlari tadqiqi 15

Умаров Э.С. Инновацион барабанли қуритгичда намлик йўқотилиши жараёни ва унинг самарадорлигини илмий асосда тадқиқ қилиш 20

Odilov O.Z. Shahar avtomobil tashuvlarida sintetik va past uglerodli yoqilg‘ilardan foydalanishning energetik-ekologik baholanishi 26

Mo‘minov M.R., Homidjonov M.M. Prujina bilan mahkamlangan qoziqchali barabanlarda paxta oqimining dinamik harakatini matematik modellashtirish 31

Мўминов М.Р., Касимов Б.М., Шин И.Г. Тебранувчи индентор ёрдамида деталлар сиртқи қатламининг деформацион мустаҳкамланиши 37

ҚУРИЛИШ

Abobakirova Z.A., Bobofozilov O.M. Qurilish va binolarni buzish jarayonida hosil bo‘ladigan beton chiqindilarini qayta ishlash orqali ekologik barqarorlikni taminlash 42

Mahamat Soungui Ali, Abdelkerim Dirgui Oumar, Moussa Abdramane Ousmane, Likius Andossa, Kayumov Odiljon Pala ohaktosh formatsiyasining sedimentologik va geokimyoviy tavsifi (CHAD Respublikasi) 46

Sattorov A.X., Matkaziyev D.A., Madraximov M.M. Nasos stansiyasi avankamerasida oqim taqsimotini sonli modellashtirish va gidravlik optimallashtirish 51

Baxromov M.M. Qoziq poydevorlarni seysmik yuklar ta’sirida ishlash xususiyatlari 58

Otajonov O.A., Nigmatov U.J. Qayta ishlangan asfaltbetonning fizik-mexanik xususiyatlarini uchuvchi kul asosidagi geopolimerdan foydalanish orqali oshirish 63

ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Abbasov Yo.S., Umurzakova M.A. Yassi oval naychaning aerodinamik qarshiligi 68

Latipova M.I., Latifjonov A.B. Janubiy Farg‘ona Kanalida qo‘llash uchun gidrokinetik turbina-generator tizimining loyihalash va parametrlarini optimallashtirish 72

Boxodirov I.A. Korxona elektr ta’minot tizimida nosimmetriya va ikki fazali yuklamalarning energiya samaradorligiga ta’siri 78

Xoliddinov I.X., Begmatova M. PV panellarini integratsiyalashtirishda aqlli algoritmlardan foydalanilgan holda past kuchlanishli tarmoqlarda faza rejimlarini optimallashtirish 81

Xoshimov F.A., Kadirov K.Sh., Kushev A.P., Yusupaliyeva X.U., To‘xtashev A.A. Sanoat iste’molchilarida sutkalik elektr energiya yuklama grafigini matematik modellashtirish va baholash 89

Shavazov A.A., Ne’matjonov H.Sh., Turaxanov Sh.Sh., Ilekerova I.B. Elektromexanik komplekslarining elektr yuritmalarida o‘tish jarayonlarini modellashtirish 95

Tovbayev A.N., Tog‘ayev I.B., Nodirov G‘.Y. Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida tojlanish bilan bog‘liq energiya yo‘qotishlarini monitoring va diagnostika asosida kamaytirish hamda optimallashtirish usullari 102

ЭЛЕКТРОН ҚУРИЛМАЛАР ВА АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Otaqulov O.X., Noraliyev Sh.Sh. Cisco switch asosidagi lokal tarmoqlarda vlan va port security texnologiyalari yordamida kiber xavfsizlikni ta'minlash 108

Abdulxamidov A.A., Umaraliyeva N.P. Havoni filtrlash va namlash orqali real vaqtda atrof-muhit parametrini monitoring tizimi 114

G‘anijonov S.A. Korporativ axborot xavfsizligi strategiyalarini ishlab chiqish va joriy etish tamoyillari 120

Rahimov Q., Rahmatjonov M. Sun'iy intellekt yordamida aerodinamik xususiyatlarni bashorat qilish va optimal shaklni loyihalash 126

Mirzozoda S.B., Sodiqov J.I. Avtomobil yo‘llari holatini raqamli baholash uchun mobil, lazer va intellektual texnologiyalar integratsiyasi 131

Mo'minov K.Z., Otaxonova B.I. Talqin qilinadigan sentimentga asoslangan gibrid DSM–ML qarorlarni qo‘llab-quvvatlash tizimi 146

КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЭКОЛОГИЯ

Ибрагимов О.О., Турсунова Ф.У., Тўракелдиев Ж.Р. Озиқ-овқат хавфсизлигини таъминлашнинг амалий ва илмий асослари 153
Мирзаева Г.С. Экологик муаммо бизнинг давримизнинг глобал муаммоси сифатида 157
Собиров А.О. Шўрланган тупроқлар ва ундан фойдаланиш 163
Mamatov A. Modulli raqamli metrologiya tizimlarida o‘lchash noaniqligini miqdoriy tarqalishi va dekompozitsiyasi uchun yagona ehtimollik-analitik model 166
Dexkanov Z.K., Saydaliyev S.S. Tebranma mavhum qaynash qatlamli quritgich yordamida quritilgan meva va sabzavotlarning sifati va boshqa quritish usullaridan farqi 173
Xokimov A.E., Mirzayev N.A., Valiyev B.B., Axrorova M.M. Paxta g‘o‘zapoyasidan olingan kulning strukturaviy xususiyatlari: ftir asosida tahlil 176

ИЖТИМОИЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАНЛАР

Xomidov M.X. Milliy iqtisodiyotning innovatsion rivojlanishini ta’minlashda texnologik transformatsiya va innovatsiyalarni joriy etish mexanizmlari 181
Nazaraliyeva M.A. Kasbiy yo ‘naltirilgan ingliz tili (ESP) doirasida o‘qish materiallarini loyihalash: yengil sanoat yo ‘nalishidagi kasb-hunar ta’limi misolida 187
Madaliyev E.O‘., Qurbonova N.U., Abdumalikov R.R. “Yashil” iqtisodiyotga o‘tish istiqbollari ... 190
Onarkulov M.K., Yusupov M.A., Umirzhonov L.A. Dunyo imo-ishora tillari ma'lumotlar to'plami: G'arbdan Markaziy Osiyo tillarigacha bo'lgan keng qamrovli sharh 195
Jurayeva M.A. Reklama megadiskursida suggestsiyaning lingvistik va diskursiv voqelanishi 201

ҚИСҚА ХАБАРЛАР

Nasirov M.X. Kristall panjara nazariyasi asosida bir o‘lchamli davriy potensial maydonda elektronlarning kvant-mexanik dinamikasini tadqiq etish 206
Alimatov B.A., Xursanov B.J. Suyuqlik ekstraksiyasi jarayon va tizimlarini modellashtirish to‘g‘ri yechimlar topishda faol faktor 208
Nizomiddinova M.Sh. Shahar avtomobil transporti tizimida yoqilg‘i samaradorligi va ekologik muammolar 211
Oripov J.I., Dadamirzayev B.B., Xomidjonov A.O. Noan’anaviy xomashyo parranda terilarini oshlash texnologiyasi tahlili 214
Jabborov T.K., Jobborov B.T., Jobborova G.Sh. Havo oqimida turbulizatsiyani hosil qiluvchi absorberda issiqlik almashinish jarayonlarini tadqiq qilish 217
Ashurmatova N.A. O‘zbek va xorijiy raqamli media diskursining qiyosiy tahlili 220
Maxsudova G.M. Siyosiy diskursda paremiologik birliklarning o‘rni, xuxusiyatlari va funksional ahamaiyati 222
Masaliyeva S.N., Dehkanov Z.K. Yog‘ ishlab chiqarish korxonalaridan qolibli non olish texnologiyasini takomillashtirish 225
Hakimov M.U. Shaftolining biologik tavsifi, kimyoviy hususiyati, eksport bop, sifatli, havfsiz, toza mahsulot yetishtirish muammolari 228
Niyozov M.B., Axmedov A.N. Paxta moyini adsorbsiyali oqartirish jarayonida adsorbentning tarkibiy asosiy xususiyatlari 231
Mamayusipova M. Mineral o‘g‘itlarni berish me’yori va ekish tizimining soya o‘simligining qalinligi hamda o‘simliklar yashab qolishiga ta’siri 233
Akramov Sh.Sh. Shinjon usulida paxta yetishtirish texnologiyasi va uning samaradorligi 236
Xamidova S.N., Solijonova M.S. Xolid hamidning konseptosferasi: zamonaviy o‘zbek nasrida adabiy tushunchalar va madaniy semantika 240
Meliqo‘ziyev A.L. Sport turlari bo‘yicha trenerlar uchun ingliz tili dars jarayonini tashkil qilishda tana tilining ahamiyati 242
Муаллифлар диққатига ! 245

СОДЕРЖАНИЕ

МЕХАНИКА

Дусматов А.Д. Граничные условия и напряжения композитно армированных плит с учётом влияние толщины слоёв на податливости клеевого шва 9
Усмонова Д.Р., Махсудов Ш.А., Вахобова Д.Г., Орипов Дж.И. Исследование физических, механических, гигиенических свойств и функциональных возможностей материалов при улучшении повязок для беременных женщин 15
Умаров Э.С. Научное исследование процесса влагоудаления и эффективности инновационного барабанного сушильного аппарата 20
Одилов О.З. Энерго-экологическая оценка применения синтетических и низкоуглеродных топлив в городских автомобильных перевозках 26
Муминов М.Р., Хомиджонов М.М. Математическое моделирование динамического движения потока хлопка в колковых барабанах, закреплённых пружинами 31
Муминов М.Р., Касимов Б.М., Шин И.Г. Деформационное упрочнение поверхностного слоя деталей с использованием осциллирующего индентора 37

СТРОИТЕЛЬСТВО

Абобакирова З.А., Бобофозилов О.М. Обеспечение экологической устойчивости посредством переработки бетонных отходов, образующихся в процессе строительства и сноса зданий 42
Махамат Сунги Али, Абделькерим Диргуи Умар, Мусса Абдраман Усман, Ликиус Андосса, Каюмов Одилжон Седиментологическая и геохимическая характеристика известняковой формации пала (Республика ЧАД) 46
Сатторов А.Х., Матказиев Д.А., Мадрахимов М.М. Численный анализ и гидравлическая оптимизация распределения потока в аванкамере насосной станции 51
Бахромов М.М. Особенности работы свайных фундаментов при воздействии сейсмических нагрузок 58
Отажонов О.А., Нигматов У.Ж. Повышение физико-механических характеристик переработанного асфальтобетона посредством использования геополимера на основе золы-уноса 63

ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Аббасов Ё.С., Умурзакова М.А. Аэродинамическое сопротивление плоскоовальной трубки 68
Латипова М.И., Латифжонов А.Б. Проектирование и оптимизация параметро гидрокинетической турбинно-генераторной системы для применения в Южно-Ферганском Канале 72
Боходиров И.А. Влияние несимметрии и двухфазных нагрузок в системе электроснабжения предприятия на энергоэффективность 78
Холиддинов И.Х., Бегматова М. Оптимизация фазовых режимов в сетях низкого напряжения с применением интеллектуальных алгоритмов при интеграции PV панелей 81
Хошимов Ф.А., Кадиров К.Ш., Кушев А.П., Юсупалиева Х.У., Тухташев А.А. Математическое моделирование и оценка суточной нагрузки электроэнергии для промышленных потребителей 89
Шавазов А.А., Неъматжонов Х.Ш., Тураханов Ш.Ш., Илекерова И.Б. Моделирование переходных процессов в электроприводах электромеханических комплексов 95
Товбаев А.Н., Тогаев И.Б., Нодиров Г.Ю. Методы снижения и оптимизации потерь электрической энергии, связанных с коронным разрядом, на воздушных линиях электропередачи высокого напряжения на основе мониторинга и диагностики 102

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Отакулов О.Х., Норалиев Ш.Ш. Кибербезопасность с использованием технологий vlan и защиты портов в локальных сетях на базе коммутаторов CISCO 108
Абдулхамидов А.А., Умаралиева Н.П. Система мониторинга параметров окружающей среды в реальном времени, а также фильтрации и увлажнения воздуха 114
Ганиджонов С.А. Принципы разработки и внедрения стратегий корпоративной информационной безопасности 120
Рахимов К., Рахматжанов М. Прогнозирование аэродинамических характеристик профиля крыла и проектирование оптимальной формы с использованием искусственного интеллекта 126
Мирзозода С.Б., Содиков Ж.И. Интеграция мобильных, лазерных и интеллектуальных технологий для цифровой оценки состояния автомобильных дорог 131

СОДЕРЖАНИЕ

Муминов К.З., Отахонова Б.И. Гибридная структура DSM–ML для интерпретируемой поддержки принятия решений на основе анализа настроений 146

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Ибрагимов О.О., Турсунова Ф.У., Туракелдиев Ж.Р. Практические и научные основы обеспечения безопасности пищевых продуктов 153

Мирзаева Г.С. Экологическая проблема как глобальная проблема современности 157

Собиров А.О. Засоленные почвы и их использование 163

Маматов А. Унифицированная вероятностно-аналитическая структура для количественного распространения и декомпозиции неопределенности измерений в модульных цифровых метрологических системах 166

Дехканов З.К., Сайдалиев С.С. Качество фруктов и овощей, высушенных с использованием жидкостно-слоевой сушилки, и их отличия от других методов сушки 173

Хокимов А.Э., Мирзаев Н.А., Валиев Б.Б., Ахророва М.М. Структурные особенности золы, полученной из хлопковых стеблей: анализ на основе ftir 176

СОЦИАЛЬНО - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Хомидов М.Х. Механизмы технологической трансформации и внедрения инноваций в обеспечении инновационного развития национальной экономики 181

Назаралиева М.А. Разработка учебных материалов в рамках профессионально-ориентированного курса английского языка для специальных целей (ESP): на примере профессионального образования в легкой промышленности 187

Мадалиев Э.О., Курбонова Н.У., Абдумаликов Р.Р. Перспективы перехода к «зелёной» экономике ... 190

Онаркулов М.К., Юсупов М.А., Умиржонов Л.А. Наборы данных жестовых языков мира: комплексный обзор от Западных до Центральноазиатских языков 195

Жураева М.А Лингвистическая и дискурсивная реализация суггестии в рекламном мегадискурсе 201

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Насиров М.Х. Квантовая динамика электронов в одномерных периодических потенциалах в рамках теории кристаллической решётки 206

Алиматов Б.А., Хурсанов Б.Ж. Моделирование процессов и систем жидкостной экстракции является важным фактором в поиске оптимальных решений 208

Низомиддинова М.Ш. Топливная эффективность и экологические проблемы в системе городского автомобильного транспорта 211

Орипов Ж.И., Дадамирзаев Б.Б., Хомиджонов А.О. Анализ технологии дубления птичьих шкур как нетрадиционного вида сырья 214

Жабборов Т.К., Жобборов В.Т., Жобборова Г.Ш. Анализ тенденций развития возобновляемых источников энергии и их влияния на электроэнергетическую систему 217

Ашурматова Н.А. Сравнительный анализ узбекского и зарубежного цифрового медиадискурса 220

Махсудова Г.М. Роль, характеристики и функциональная значимость паремиологических единиц в политическом дискурсе 222

Масалиева С.Н., Дехканов З.К. Усовершенствование технологии производства формованного хлеба на предприятиях маслообрабатывающей промышленности 225

Хакимов М.У. Биологические характеристики персиков, химические свойства, экспортная ценность, проблемы выращивания высококачественной, безопасной и чистой продукции 228

Ниёзов М.Б., Ахмедов А.Н. Основные структурные свойства адсорбента в процессе адсорбционного отбеливания хлопкового масла 231

Мамаюсипова М. Влияние норм внесения минеральных удобрений и системы посева на густоту стояния сои и выживаемость растений 233

Акрамов Ш.Ш. Технология выращивания хлопка по синьцзянскому методу и ее эффективность 236

Хамидова С.Н., Солижонова М.С. Концептосфера холида хамида: литературные концепции и культурная семантика в современной узбекской прозе 240

Меликузиев А.Л. Значение языка тела в организации уроков английского языка для тренеров по видам спорта 242

К сведению авторов ! 246

CONTENTS

MECHANICS

Dusmatov A.D. Boundary conditions and stresses of composite-reinforced slabs taking into account the influence of layer thickness on the compliance of the adhesive joint 9

Usmonova D.R., Mahsudov Sh.A., Vakhobova D.G., Oripov J.I. Study of physical, mechanical, hygienic properties and functional capabilities of materials in improving bandages for pregnant women 15

Umarov E.S. Scientific investigation of moisture removal process and efficiency of an innovative drum dryer 20

Odilov O.Z. Energy–environmental assessment of the use of synthetic and low-carbon fuels in urban road transport 26

Mominov M.R., Homidjonov M.M. Mathematical modeling of the dynamic movement of cotton flow in spring-loaded pile drums 31

Mominov M.R., Kasimov B.M., Shin I.G. Deformation strengthening of the surface layer of details using an oscillating indenter 37

BUILDING

Abobakirova Z.A., Bobofozilov O.M. Ensuring environmental sustainability through the recycling of concrete waste generated during construction and demolition of buildings 42

Mahamat Soungui Ali, Abdelkerim Dirgui Oumar, Moussa Abdramane Ousmane, Likius Andossa, Kayumov Odiljon Sedimentological and geochemical characterization of the pala limestone formation (Republic of CHAD) 46

Sattorov A.X., Matkaziyev D.A., Madraximov M.M. Numerical analysis and hydraulic optimization of flow distribution in a pumping station forebay 51

Bakhramov M.M. Peculiarities of the Behavior of Pile Foundations Under Seismic Loads 58

Otajonov O.A., Nigmatov U.J. Improving the physical-mechanical properties of recycled asphalt concrete through the use of fly ash based geopolymer 63

ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING

Abbasov Y.S., Umurzakova M.A. Aerodynamic drag of a flat oval tube 68

Latipova M.I., Latifjonov A.B. Design and parameter optimization of a hydrokinetic turbine-generator system for application in the South Fergana Canal 72

Bokhodirov I.A. Impact of Voltage Unbalance and Two-Phase Loads in the Enterprise Power Supply System on Energy Efficiency 78

Kholiddinov I.Kh., Begmatova M. Optimization of phase modes in low voltage networks using intelligent algorithms for PV panel integration 81

Xoshimov F.A., Kadirov K.Sh., Kushev A.P., Yusupaliyeva X.U., To‘xtashev A.A. Technology for producing cdse films with transparent sno_2 contacts by thermal evaporation in vacuum 89

Shavazov A.A., Ne’matjonov H.Sh., Turaxanov Sh.Sh., Ilekerova I.B. Modeling of transient processes in electric drives of electromechanical systems 95

Tovbayev A.N., Tog‘ayev I.B., Nodirov G‘.Y. Methods for reducing and optimizing corona-related energy losses in high-voltage overhead transmission lines based on monitoring and diagnostic approaches 102

ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES

Otakulov O.Kh., Noraliyev Sh.Sh. Ensuring cyber security with the use of vlan and port security technologies in local networks based on CISCO switches 108

Abdulkhamidov A.A., Umaraliyeva N.P. A real-time environmental parameter monitoring system with air filtration and humidification 114

Ganijonov S.A. Principles for developing and implementing corporate information security strategies 120

Rakhimov Q., Rakhmatjonov M. Predicting aerodynamic characteristics of an airfoil and designing the optimal shape using artificial intelligence 126

Mirzozoda S.B., Sodikov J.I. Integration of mobile, laser, and intelligent technologies for digital road condition assessment 131

CONTENTS

Muminov K.Z., Otaxonova B.I. A Hybrid DSM–ML Framework for Interpretable Sentiment-Driven Decision Support 146

CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY

Ibragimov O.O., Tursunova F.U., Turakeldiev J.R. Practical and scientific basis of ensuring food safety 153
Mirzaeva G.S. The environmental problem as a global problem of our time 157
Sobirov A.O. Saline soils and their use 163
Mamatov A. Unified Probabilistic-Analytical Framework for Quantitative Propagation and Decomposition of Measurement Uncertainty in Modular Digital Metrology Systems 166
Dexkanov Z.K., Saydaliyev S.S. Quality of fruits and vegetables dried using a fluid layer dryer and their difference from other drying methods 173
Khokimov A.E., Mirzayev N.A., Valiyev B.B., Akhrorova M.M. Structural characterization of cotton stalk ash by ftir spectroscopy 176

SOCIAL AND ECONOMIC SCIENCES

Xomidov M.X. Mechanisms for the implementation of technological transformation and innovations in ensuring the innovative development of the national economy 181
Nazaralieva M.A. Designing study materials in the framework of professionally oriented english (ESP): on the example of vocational education in light industry 187
Madaliev E.O., Kurbanova N.U., Abdumalikov R.R. Prospects for the transition to a “green” economy 190
Onarkulov M.K., Yusupov M.A., Umirzhonov L.A. Datasets of the world's sign languages: a comprehensive review from Western to Central Asian languages 195
Jurayeva M.A. Linguistic and discursive implementation of suggestion in advertising megadiscourse 201

SHORT MESSAGES

Nasirov M.X. The quantum dynamics of electrons in one-dimensional periodic potentials within the framework of crystal lattice theory 206
Alimatov B.A., Khursanov B.J. Modeling of liquid extraction processes and systems is an active factor in finding the right solutions 208
Nizomiddinova M.Sh. Fuel efficiency and environmental issues in urban road transport systems 211
Oripov J.I., Dadamirzayev B.B., Khomidjonov A.O. Analysis of the tanning technology of poultry skins as a non-traditional type of raw material 214
Jobborov T.K., Jobborov B.T., Jobborova G.Sh. Analysis of the development trends of renewable energy sources and their impact on the electric power system 217
Ashurmatova N.A. Comparative analysis of uzbek and foreign digital media discourse 220
Maxsudova G.M. The role, characteristics, and functional significance of paremiological units in political discourse 222
Masaliyeva S.N., Dehkanov Z.K. Improvement of the technology of producing molded bread from oil manufacturing enterprises 225
Hakimov M.U. Biological characteristics of peaches, chemical properties, export value, problems of growing high-quality, safe, clean products 228
Niyozov M.B., Akhmedov A.N. Main structural properties of the adsorbent in the process of adsorption bleaching of cottonseed oil 231
Mamayusipova M. The effect of mineral fertilizer application rates and sowing systems on soybean plant density and plant survival 233
Akramov Sh.Sh. Cotton cultivation technology using the xinjiang method and its efficiency 236
Khamidova S.N., Solijonova M.S. The conceptosphere of kholid hamid: literary concepts and cultural semantics in modern uzbek prose 240
Melikuziev A.L. The importance of body language in organizing english language lessons for sports coaches 242
Information to the authors ! 247

ГРАНИЧНЫЕ УСЛОВИЯ И НАПРЯЖЕНИЯ КОМПОЗИТНО АРМИРОВАННЫХ ПЛИТ С УЧЁТОМ ВЛИЯНИЕ ТОЛЩИНЫ СЛОЁВ НА ПОДАТЛИВОСТИ КЛЕЕВОГО ШВА

А.Д. Дусматов

Ферганский государственный технический университет
(Получена 22.01.2026 г.)

Аннотация *Работа посвящена исследованию напряжения и граничных условий композитно армированных двухслойных плит с учётом влияние толшины слоёв на податливости клеевого шва. Рассматривается напряженно-деформированного состояния (НДС) двухслойных комбинированных плит. Приводятся вывод уравнений и формулировка граничных условий с учетом межслоевых сдивигов и податливости клеевого шва. Приводится анализ влияния геометрических и физических параметров двухслойных комбинированных плит на НДС.*

Ключевые слова. *Напряжения композитно армированная плита, граничные условия, вывод уравнении, толщина слоёв, податливости клеевого шва, модуль сдвига шва, междуслоевой сдвиг,касательная напряжения.*

Annotatsiya*: Ushbu maqola qatlam qalinligining yopishqoq birikmaning muvofiqligiga ta'sirini hisobga olgan holda, kompozitsion mustahkamlangan ikki qatlamli plitalarning kuchlanish va chegara shartlarini o'rganadi. Ikki qavatli kompozit plitalarning kuchlanish-deformatsiya holati (QDH) ko'rib chiqiladi. Tenglamalar olinadi va chegara shartlari qatlamlararo siljishlar va yopishtiruvchi birikma muvofiqligini hisobga olgan holda shakllantiriladi. Ikki qavatli kompozit plitalarning geometrik va fizik parametrlarining kuchlanganlik va deformarsiyalanganlik holatiga ta'siri tahlil qilinadi.*

Kalit so'zlar*: Kuchlanishlar,kompozit mustahkamlangan plita, chegaraviy shartlar, tenglamalarni chiqarish, qatlamlar qalinligi, birlashtiruvchi chikning moyilligi,chokning siljish moduli, qatlamlararo siljish, urinma kuchlanishlar*

Abstract *This work is devoted to the study of voltage and boundary conditions of composite-reinforced two-layer plates, taking into account the influence of layer thickness on the compliance of the adhesive joint. The stress–strain state (SSS) of two-layer combined plates is considered. The derivation of governing equations and the formulation of boundary conditions are presented with consideration of interlayer shear and the compliance of the adhesive joint. An analysis of the influence of geometric and physical parameters of two-layer combined plates on the stress–strain state is also provided.*

Keywords. *Voltage, composite-reinforced plate, boundary conditions, derivation of equations, layer thickness, adhesive joint compliance, shear modulus of the joint, interlayer shear, shear stresses.*

Считаем, что рассматриваемая двухслойная комбинированная композитно-армированная железобетонная плита состоит из несущего и армирующего слоев. Полагаем, что:

1. Толщины первого несущего(железобетонного), второго(композитного) армирующего и склеивающего (соединяющего) слоев, постоянные.
2. Толщины несущего, (мощного) слоя значительно больше, чем второго армирующего слоя ($h>\delta n$).
3. Применительно к плитам, в данном случае, справедливы принятые гипотезы по уточненной теории С.А.Амбарцумяна [1, 2]: комбинированная железобетонная плита.

Принимая гипотезы С.А.Амбарцумяна [1, 2] приближенно, считаем, что относительное удлинение деформации по направлению Z равно нулю.

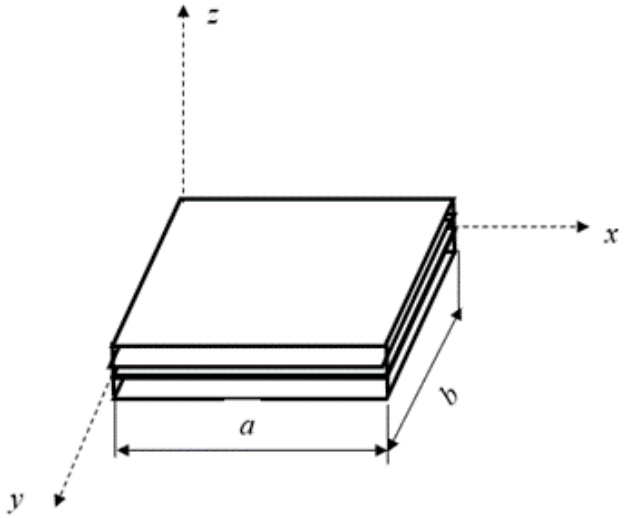


Рис.1. Композитно-армированная двухслойная.

Деформации сдвига первого слоя.

$$\ell_{xz}^{(1)} = 0{,}5\left(\frac{h^2}{4} - \gamma^2\right)\Phi_1 + \left(0{,}5 - \frac{\gamma}{h}\right)\frac{\tau_1}{G_{13}^{(1)}}$$

$$\ell_{yz}^{(1)} = 0{,}5\left(\frac{h^2}{4} - \gamma^2\right)\Phi_2 + \left(0{,}5 - \frac{\gamma}{h}\right)\frac{\tau_2}{G_{23}^{(1)}} \quad (1)$$

Аналогично деформации сдвига второго композитно-армирующего слоя по толщине плиты меняются по следующему заданному закону

$$\ell_{xz}^{(2)} = \left(0{,}5 + \frac{\gamma_1}{\delta_n}\right)\frac{\tau_1}{G_{13}^{(2)}}$$

$$\ell_{yz}^{(2)} = \left(0{,}5 + \frac{\gamma_1}{\delta_n}\right)\frac{\tau_2}{G_{23}^{(2)}} \quad (2)$$

$\Phi_i = \Phi_i(x,y)$ - произвольные искомые функции сдвига;

$\tau_i = \tau_i(x,y)$ - искомые касательные напряжения;

$G_{i,K}^{(1)}, G_{i,K}^{(2)}$ - модули сдвигов первого и второго слоев (i=1, 2; K=3).

Для получения основных уравнений деформирования двухслойных композитно армированных железобетонных плит, с учетом сдвиговых жесткостей используем вариационный принцип Лагранжа.

Потенциальную энергию упругой железобетонной плиты определим через компоненты тензоров напряжений и деформаций и приведем ее в следующем виде:

$$\mathrm{U(z)} = \frac{1}{2}\int_s \iint_{-\frac{h}{2}}^{+\frac{h}{2}} \left(\sigma_x^{(1)}\varepsilon_x^{(1)} + \sigma_y^{(1)}\varepsilon_y^{(1)} + \tau_{xy}^{(1)}\varepsilon_{xy}^{(1)} + \tau_{xz}^{(1)} \times \gamma_{xz}^{(1)} + \tau_{yz} \times \gamma_{yz}\right) \times d_x d_y d_\gamma$$

$$+ \int_s \iint_{-\frac{\delta_n}{2}-\frac{h_2}{2}}^{+\frac{\delta_n}{2}+\frac{h_2}{2}} \left(\sigma_x^{(2)}\varepsilon_x^{(2)} + \sigma_y^{(2)}\varepsilon_y^{(2)} + \tau_{xy}^{(2)}\varepsilon_{xy}^{(2)} + \tau_{xz}^{(2)} \times \gamma_{xz}^{(2)} + \tau_{yz}^{(2)} \times\times \gamma_{yz}^{(2)}\right) d_x d_y d\gamma_1 +$$

$$\frac{1}{2}\iint (\tau_1^{\text{ш}}\varepsilon_{\text{ш}13} + \tau_2^{\text{ш}}\varepsilon_{\text{ш}23} + \tau_3^2\varepsilon_{\text{ш}13} + \tau_4^2\varepsilon_{\text{ш}23} 2qw) ds. \quad (3)$$

Интегрируя по толщине (для первого слоя –от$-\frac{h}{2}$ до $+\frac{h}{2}$, для второго –от $-\frac{\delta_n}{2}$ до $\frac{\delta_n}{2}$) получим выражения функционала в виде двойного интеграла

$$U = \frac{1}{2}\iint U_F\left(\frac{\partial u_0}{\partial x}, \frac{\partial u_0}{\partial y}, \frac{\partial v}{\partial x}, \frac{\partial v}{\partial y}, \frac{\partial \Phi_1}{\partial x}, \frac{\partial \Phi_1}{\partial y}, \frac{\partial \Phi_2}{\partial x}, \frac{\partial \Phi_2}{\partial y}, \frac{\partial \tau_1}{\partial x}, \frac{\partial \tau_1}{\partial y}, \frac{\partial \tau_2}{\partial x},\right.$$

$$\left.\frac{\partial \tau_2}{\partial y}, \frac{\partial^2 w}{\partial x^2}, \frac{\partial^2 w}{\partial y^2}, \frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}, \frac{\partial w}{\partial x}, \frac{\partial w}{\partial y}, U_0, V_0, \Phi_1, \Phi_2, \tau_1, \tau_2, w\right) ds \quad (4)$$

Для такого функционала известное вариационное уравнение Эйлера имеет следующий вид:

$$F_z - \frac{\partial}{\partial x}\left\{F_{\frac{\partial z}{\partial x}}\right\} - \frac{\partial}{\partial y}\left\{F_{\frac{\partial z}{\partial y}}\right\} + \frac{\partial}{\partial x^2}\left\{F_{\frac{\partial^2 z}{\partial x^2}}\right\} + \frac{\partial^2}{\partial x \partial y}\left\{F_{\frac{\partial^2 z}{\partial x \partial y}}\right\} + \frac{\partial^2}{\partial y^2}\left\{F_{\frac{\partial^2 z}{\partial y^2}}\right\} = 0 \quad (5)$$

После некоторых преобразований, к этому уравнению должны быть добавлены граничные условия, которые получаются с использованием формулы Грина.

Для W они могут быть получены на основании следующих выражений

$$\oint_c \left[F_{\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}}\delta\left(\frac{\partial w}{\partial x}\right)dy - F_{\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}}\delta\left(\frac{\partial w}{\partial y}\right)dx\right] - \oint_c \left[\frac{\partial}{\partial x}\left\{F_{\frac{\partial^2 w}{\partial x^2}}\right\} + \right.$$

$$\left. + \frac{\partial}{\partial y}\left\{F_{\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}}\right\}\right]\delta w\, dy + \oint_c \left[\frac{\partial}{\partial x}\left\{F_{\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y}}\right\} + \frac{\partial}{\partial x}\left\{F_{\frac{\partial^2 w}{\partial y^2}}\right\}\right] \times$$

$$\times \delta w dx + \oint_c \left(F_{\frac{\partial w}{\partial x}}dy - F_{\frac{\partial w}{\partial y}}dx\right)\delta w = 0 \quad (6)$$

Остальные граничные условия для $U_0, V_0, \Phi_1, \Phi_2, \tau_1$ и τ_2 имеют следующий вид:

$$\oint_c \left(F_{\frac{\partial u_0}{\partial x}} \cos(\widehat{ys}) - F_{\frac{\partial u_0}{\partial y}} \cos(\widehat{xs}) \right) \delta U_0 = 0;$$

$$\oint_c \left(F_{\frac{\partial v_0}{\partial x}} \cos(\widehat{ys}) - F_{\frac{\partial v_0}{\partial y}} \cos(\widehat{xs}) \right) \delta V_0 = 0;$$

$$\oint_c \left(F_{\frac{\partial \Phi_{1,(2)}}{\partial x}} \cos(\widehat{ys}) - F_{\frac{\partial \Phi_{1,(2)}}{\partial y}} \cos(\widehat{xs}) \right) \delta \Phi_{1,(2)} = 0; \quad (7)$$

$$\oint_c \left(F_{\frac{\partial \Phi_{1,(2)}}{\partial x}} \cos(\widehat{ys}) - F_{\frac{\partial \Phi_{1,(2)}}{\partial y}} \cos(\widehat{xs}) \right) \delta \tau_{1,(2)} = 0.$$

Для $U_0, V_0, \Phi_1, \Phi_2, \tau_1,$ и τ_2 аналогично могут быть получены естественные граничные условия. Подинтегральные функции в формулах (7) принимают выражения

$$F_{\frac{\partial u_0}{\partial x}} = 2K_{1u_0}\frac{\partial u_0}{\partial x} + K_{3u_0}\frac{\partial v_0}{\partial y} + K_{4\tau_1}\frac{\partial \tau_1}{\partial x} + K_{4\tau_2}\frac{\partial \tau_2}{\partial y} +$$
$$+K_{9u_0}\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + K_{10u_0}\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + K_{14\Phi}\frac{\partial \Phi_1}{\partial x} + K_{15\Phi_1}\frac{\partial \Phi_2}{\partial y};$$

$$F_{\frac{\partial u_0}{\partial y}} = 2K_{2u_0}\frac{\partial u_0}{\partial y} + K_{4u_0}\frac{\partial V_0}{\partial x} + K_{5\tau_2}\frac{\partial \tau_2}{\partial x} + K_{5\tau_1}\frac{\partial \tau_1}{\partial y} +$$
$$+K_{12\Phi_1}\frac{\partial \Phi_2}{\partial x} + K_{12\Phi_1}\frac{\partial \Phi_1}{\partial y} + K_{15u_0}\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y};$$

$$F_{\frac{\partial v_0}{\partial x}} = 2K_{2u_0}\frac{\partial v_0}{\partial x} + K_{4u_0}\frac{\partial U_0}{\partial y} + K_{5\tau_2}\frac{\partial \tau_2}{\partial x} + K_{5\tau_1}\frac{\partial \tau_1}{\partial y} +$$
$$+K_{12\Phi_1}\frac{\partial \Phi_2}{\partial x} + K_{12\Phi_1}\frac{\partial \Phi_1}{\partial y} + K_{15u_0}\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y};$$

$$F_{\frac{\partial v_0}{\partial y}} = 2K_{2v_0}\frac{\partial v_0}{\partial y} + K_{3u_0}\frac{\partial u_0}{\partial x} + K_{3\tau_2}\frac{\partial \tau_2}{\partial y} + K_{3\Phi_2}\frac{\partial \Phi_2}{\partial x} +$$
$$+K_{10v_0}\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + K_{10v_0}\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + K_{15\Phi_1}\frac{\partial \Phi_1}{\partial x} + K_{15\Phi_2}\frac{\partial \Phi_2}{\partial y};$$

$$F_{\frac{\partial \Phi_1}{\partial x}} = 2K_{1\Phi_1}\frac{\partial \Phi_1}{\partial x} + K_{3\Phi_1}\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + K_{4\Phi_1}\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + K_{9\tau_1}\frac{\partial \tau_1}{\partial x} +$$
$$+K_{10\tau_1}\frac{\partial \tau_2}{\partial y} + K_{8\Phi_1}\frac{\partial \Phi_2}{\partial y} + K_{14\Phi_1}\frac{\partial U_0}{\partial x} + K_{15\Phi_1}\frac{\partial V_0}{\partial y};$$

$$F_{\frac{\partial \Phi_1}{\partial y}} = 2K_{2\Phi_1}\frac{\partial \Phi_1}{\partial y} + K_{5\Phi_1}\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + 2K_{2\Phi_1}\frac{\partial \Phi_2}{\partial x} + K_{11\tau_2}\frac{\partial \tau_2}{\partial x} +$$
$$+K_{11\tau_1}\frac{\partial \tau_1}{\partial y} + K_{12\Phi_1}\frac{\partial v_0}{\partial x} + K_{12\Phi_1}\frac{\partial U_0}{\partial y};$$

$$F_{\frac{\partial \Phi_2}{\partial X}} = 2K_{2\Phi_1}\frac{\partial \Phi_2}{\partial x} + K_{5\Phi_1}\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y} + 2K_{2\Phi_1}\frac{\partial \Phi_2}{\partial y} + K_{11\tau_2}\frac{\partial \tau_2}{\partial x} +$$
$$+K_{12\tau_1}\frac{\partial \tau_1}{\partial y} + K_{12\Phi_1}\frac{\partial V_0}{\partial x} + K_{12\Phi_1}\frac{\partial U_0}{\partial y};$$

$$F_{\frac{\partial \Phi_2}{\partial y}} = 2K_{2\Phi_2}\frac{\partial \Phi_2}{\partial y} + K_{4\Phi_1}\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + K_{4\Phi_2}\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + K_{10\tau_1}\frac{\partial \tau_1}{\partial x} +$$
$$+K_{10\tau_2}\frac{\partial \tau_2}{\partial y} + K_{8F_1}\frac{\partial \Phi_1}{\partial x} + K_{15\Phi_1}\frac{\partial u_0}{\partial x} + K_{15\Phi_2}\frac{\partial v_0}{\partial y};$$

$$F_{\frac{\partial \tau_1}{\partial x}} = 2K_{1\tau_1}\frac{\partial \tau_1}{\partial x} + K_{3\tau_1}\frac{\partial v_0}{\partial y} + K_{4\tau_1}\frac{\partial u_0}{\partial x} + K_{7\tau_1}\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} +$$
$$+K_{8\tau_1}\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} + K_{9\tau_1}\frac{\partial \Phi_1}{\partial x} + K_{10\tau_1}\frac{\partial \Phi_2}{\partial y} + K_{13\tau_1}\frac{\partial \tau_2}{\partial y};$$
$$F_{\frac{\partial \tau_1}{\partial y}} = 2K_{2\tau_1}\frac{\partial \tau_1}{\partial y} + K_{5\tau_1}\frac{\partial v_0}{\partial x} + K_{6\tau_1}\frac{\partial u_0}{\partial y} + K_{11\tau_1}\frac{\partial \Phi_1}{\partial y} +$$
$$+K_{11\tau_1}\frac{\partial \Phi_2}{\partial x} + K_{14\tau_1}\frac{\partial \tau_2}{\partial x} + K_{15\tau_1}\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y};$$
$$F_{\frac{\partial \tau_2}{\partial x}} = 2K_{1\tau_2}\frac{\partial \tau_2}{\partial x} + K_{5\tau_1}\frac{\partial v_0}{\partial x} + K_{5\tau_1}\frac{\partial u_0}{\partial y} + K_{11\tau_2}\frac{\partial \Phi_1}{\partial y} +$$
$$+K_{12\tau_2}\frac{\partial \Phi_2}{\partial x} + K_{14\tau_2}\frac{\partial \tau_1}{\partial y} + K_{15w}\frac{\partial^2 w}{\partial x \partial y};$$
$$F_{\frac{\partial \tau_2}{\partial y}} = 2K_{2\tau_2}\frac{\partial \tau_2}{\partial y} + K_{3\tau_2}\frac{\partial v_0}{\partial y} + K_{3\tau_1}\frac{\partial u_0}{\partial x} + K_{7\tau_2}\frac{\partial^2 w}{\partial y^2} +$$
$$+K_{8\tau_1}\frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + K_{9\tau_2}\frac{\partial \Phi_1}{\partial x} + K_{10\tau_2}\frac{\partial \Phi_2}{\partial y} + K_{13\tau_2}\frac{\partial \tau_1}{\partial x}; \quad (8)$$

Приведем полученную систему дифференциальных уравнений для комбированной композитно армированной железобетонной плиты:

$$\mathrm{K}_{9u_0}\frac{\partial^3 \mathrm{w}}{\partial \mathrm{x}^3} + 2\mathrm{U}_4\frac{\partial^3 \mathrm{w}}{\partial \mathrm{x}\partial \mathrm{y}} + 2\mathrm{K}_{1u_0}\frac{\partial^2 \mathrm{u}_0}{\partial \mathrm{x}^2} + 2\mathrm{K}_{2u_0}\frac{\partial^2 \mathrm{U}_0}{\partial \mathrm{y}^2} +$$
$$+K_{4\tau_1}\frac{\partial^2 \tau_1}{\partial x^2} + K_{5\tau_1}\frac{\partial^2 \tau_1}{\partial y^2} + T_{23}\frac{\partial^2 \tau_2}{\partial x \partial y} + U_3\frac{\partial^2 v_0}{\partial x \partial y} + F_5 \times$$
$$\times\frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial x \partial y} + K_{14\Phi_1}\frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial x^2} + K_{12\Phi_1}\frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial y^2} = 0$$
$$K_{10v_0}\frac{\partial^3 w}{y^3} + 2U_4\frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} + 2K_{1v_0}\frac{\partial^2 V_0}{\partial x^2} + 2K_{2v_0}\frac{\partial^2 V_0}{\partial y^2} +$$
$$+K_{5\tau_1}\frac{\partial^2 \tau_2}{\partial x^2} + K_{3\tau_2}\frac{\partial^2 \tau_2}{y^2} + T_3\frac{\partial^2 \tau_1}{\partial x \partial y} + U_3\frac{\partial^2 U_0}{\partial x \partial y} +$$
$$+F_5\frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial x \partial y} + K_{12\Phi_1}\frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial x^2} + K_{15\Phi_2}\frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial y^2} = 0;$$
$$K_{3\Phi_1}\frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + 2F_3\frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} + 2K_{1\Phi_1}\frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial x^2} + 2K_{2\Phi_1}\frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial y^2} + K_{9\tau_1} \times$$
$$\times\frac{\partial^2 \tau_1}{\partial x^2} + K_{11\tau_1}\frac{\partial^2 \tau_1}{\partial y^2} + T_{25}\frac{\partial^2 \tau_2}{\partial x \partial y} + F_5\frac{\partial^2 V_0}{\partial x \partial y} + F_4 \times$$
$$\times\frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial x \partial y} + K_{14\Phi_1}\frac{\partial^2 U_0}{\partial x^2} + K_{12\Phi_1}\frac{\partial^2 u_0}{\partial y^2} - 2K_{16\Phi_1}\Phi_1 - \frac{h^3}{12}\tau_1 = 0;$$
$$K_{4\Phi_2}\frac{\partial^3 w}{\partial y^3} + 2F_3\frac{\partial^3 w}{\partial x^2 \partial y} + 2K_{1\Phi_2}\frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial x^2} + 2K_{2\Phi_2}\frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial y^2} +$$
$$+K_{11\tau_2}\frac{\partial^2 \tau_2}{\partial x^2} + K_{10\tau_2}\frac{\partial^2 \tau_2}{\partial y^2} + T_5\frac{\partial^2 \tau_1}{\partial x \partial y} + T_5\frac{\partial^2 U_0}{\partial x \partial y} +$$
$$+F_4\frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial x \partial y} + K_{12\Phi_1}\frac{\partial^2 V_0}{\partial x^2} + K_{15\Phi_2}\frac{\partial^2 V_0}{\partial y^2} - 2K_{16\Phi_2} - \frac{h^3}{12}\tau_2 = 0;$$
$$K_{7\tau_1}\frac{\partial^3 w}{\partial x^3} + 2T_4\frac{\partial^3 w}{\partial x \partial y^2} + 2K_{1\tau_1}\frac{\partial^2 \tau_1}{\partial x^2} + 2K_{2\tau_1}\frac{\partial^2 \tau_1}{\partial y^2} + K_{9\tau_1}\frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial x^2} +$$
$$+K_{11}\frac{\partial^2 \Phi_1}{\partial y^2} + T_6\frac{\partial^2 \tau_2}{\partial x \partial y} + T_3\frac{\partial^2 V_0}{\partial x \partial y} + T_5\frac{\partial^2 \Phi_2}{\partial x \partial y} + K_{4\tau_1}\frac{x^2 U_0}{\partial x^2} +$$

$$+K_{5\tau_1}\frac{\partial^2 U_0}{\partial y^2}-2K_{16\tau_1}\tau_1-\frac{h^3}{12}\Phi_1=0;$$

$$K_{7\tau_2}\frac{\partial^3 w}{\partial y^3}+2T_{24}\frac{\partial^3 w}{\partial x^2\partial y}+2K_{1\tau_2}\frac{\partial^2\tau_2}{\partial x^2}+2K_{2\tau_2}\frac{\partial^2\tau_2}{\partial y^2}+K_{12\tau_2}\frac{\partial^2\Phi_2}{\partial x^2}+$$

$$+K_{10\tau_2}\frac{\partial^2\Phi_2}{\partial y^2}+T_{26}\frac{\partial\tau_1}{\partial x\partial y}+T_{23}\frac{\partial^2 V_0}{\partial x\partial y}+T_{25}\frac{\partial^2\Phi_1}{\partial x\partial y}+$$

$$+K_{5\tau_2}\frac{\partial^2 U_0}{\partial x^2}-K_{3\tau_2}\frac{\partial_2 V_0}{\partial y^2}-2K_{16\tau_2}\tau_2-\frac{h^3}{12}\Phi_2=0$$

$$K_{1w}\frac{\partial^4 w}{\partial x^4}+K_{3w}\frac{\partial^4 w}{\partial y^4}+K_{w_3}\frac{\partial^4 w}{\partial x^2\partial y^2}+\frac{1}{2}K_{7\tau_1}\frac{\partial^3\tau_1}{\partial x^3}+$$

$$+\frac{1}{2}K_{7\tau_2}\frac{\partial^3\tau_2}{\partial y^3}+T_4\frac{\partial^3\tau_1}{\partial x\partial y^2}+T_{24}\frac{\partial^3\tau_2}{\partial x^2\partial y}+\frac{1}{2}K_{3\Phi_1}\frac{\partial^3\Phi_1}{\partial ч^3}+$$

$$+\frac{1}{2}K_{4\Phi_2}\frac{\partial^3\Phi_2}{\partial y^3}+F_3\frac{\partial^3\Phi_1}{\partial x\partial y^2}+F_3\frac{\partial^3\Phi_2}{\partial x^2\partial y}+\frac{1}{2}K_{9u_0}\frac{\partial^3 U_0}{\partial x^3}+$$

$$+\frac{1}{2}K_{10v_0}\frac{\partial^3 V_0}{\partial y^3}+U_4\frac{\partial^3 U_0}{\partial x\partial y^2}+U_4\frac{\partial^3 V_0}{\partial y\partial x^2}-q=0; \qquad (9)$$

Коэффициенты системы дифференциальных уравнений (9) приводятся в приложении работах[3.4].

Полученные уравнения в предположении $\delta_n=0,\ \tau_1=\tau_2=0$ переходят в известные уравнения для однослойной плиты, полученные С.А.Абарцумяном[2]. При этом функция сдвига принятая в рассматриваемой работе связана с функцией сдвига в соотношением:

$\Phi_1^{(i)}=\Phi_1^{(i)}(x,y)G_{13}^{(i)}$, $\widetilde{\Phi_2^{(i)}}=\Phi_2^{(i)}(x,y)G_{23}^{(i)}$.

Очевидно, что из этих уравнений, как частный случай, получается уравнение Софи-Жермена для изотропной однослойной плиты.

Приведенная система дифференциальных уравнений с граничными условиями (8,9) позволяет с достаточно точностью оценить деформативность комбированной композитно армированной железобетонной плиты. А также дает возможность анализировать влияние межслоевого сдвига клеевого шва и других механических характеристик комбинированных железобетонных плит на напряженно-деформированное состояние.

Полученные дифференциальные уравнения (9) для двухслойных плит, являются обобщением уравнений, полученных С.А. Пелехом. Очевидно, если не учитывать касательные напряжения в склеивающем слое, уравнение (9), превратится в известную систему дифференциальных уравнений, полученных С.А. Амбарцумяном.[1.2].

Для анализа влияния упомянутых факторов рассмотрены шарнирно-опертые плиты при равномерно распределенных и линейно распределенных статических нагрузках.

В качестве примеров выбраны комбинированные плиты, выполненные на основе бетона и стеклопластика.

В качестве примера выполнен расчет двухслойной композитно армированной железобетонной плиты нагруженной по средине сосредоточенной нагрузкой, левая опора защемленная, а провая опора шарнирно опертая по контуру.

$$E_1^{Б}=1{,}08.10^5\text{кг/см}^2, E_2^{Б}=0{,}81.10^5\text{кг/см}^2, E_1^{П}=3{,}05.10^5\text{кг/см}^2,$$

$E_2^{П}=1{,}88\cdot 10^5\ \frac{\text{кг}}{\text{см}^2}$

-коэффициенты Пуассона бетона и стеклопластика $\mu_{12}^{(2)}=\mu_{21}^{(2)}=0{,}18$ - размеры плиты (рис. 1) а = 1,2 м в = 3,6 м,

- толщина бетонного слоя h = 18 см,

-толщина стеклопластикового слоя $\delta_n=0{,}25$ см,

-толщина шва $h_ш=0{,}015$ см .

Модули сдвига шва $G_{ш13}$ и $G_{ш23}$ варьировались в пределах от 1 до 50000.

Результаты расчета показали что изменение (увеличение) модула сдвига шва $G_{шik}$ от 60 до 600 Мпа приводут к уменшению прогиба на 3,9 % при этом увеличиваётся на 8,1% несущем железобетонном слое.

Из полученных зависимостей видно, что чем меньше величина модуля сдвига шва по сравнению со слоем ($G_{шik} < G_{ik}^{(1)}, G_{шik} < G_{ik}^{(2)}$), тем влияние податливости шва на НДС двухслойных композитно армированных железобетонных плит сказывается больше.

В качестве примера выполнен расчет двухслойной бетонной плиты со стеклопластиковым армирующим слоем, шарнирно опертой по контуру и нагруженной равномерно распределенной нагрузкой.

Расчет произведен при следующих параметрах:

- модули упругости бетона и стеклопластика

$$E_1^Б = 1{,}1.10^5 кг/см^2, E_2^Б = 0{,}80.10^5 кг/см^2, E_1^П = 3{,}05.10^5 кг/см^2,$$

$$E_2^П = 1{,}90 \cdot 10^5 \frac{кг}{см^2}$$

-коэффициенты Пуассона бетона и стеклопластика $\mu_{12}^{(2)} = \mu_{21}^{(2)} = 0{,}18$ - размеры плиты (рис. 2.3) а = в = 240 см,

- толщина бетонного слоя h = 7 см,

-толщина стеклопластикового слоя $\delta_n = 0{,}1$ см,

-толщина шва $h_ш = 0{,}25$ см (варьировалась от 0 до 1 мм).

Модули сдвига шва $G_{ш13}$ и $G_{ш23}$ варьировались в пределах от 1 до 6000.

Был выполнен расчет при фиксированном модуле сдвига $G_{ш23} = 1$ шва (для эпоксидного клея К147) при варьировании толщины склеивающего шва. При увеличении толщины склеивающего шва с $h_ш = 10^{-3}$ см до 10^{-1} см напряжение в стеклопластиковом (тонком) слое ($\sigma_x^{(2)}$) уменьшилось на 47% и $\sigma_y^{(2)}$ на 17,1%, и а в мощном слое $\sigma_x^{(1)}$ увеличивается на 6,2% и $\sigma_y^{(1)}$ на 5,4%.

При увеличению толщины стеклопластикового слоя с 0,15 см до 0,4 см изменение толщины и модуля сдвига шва (при $G_{шik} > 50$ МПа) значительно меньше влияет на $\sigma_x^{(2)}$ и $\sigma_y^{(2)}$ (см. рис. 2.)При малых сдвиговых жесткостях увеличение модуля сдвига склеивающего шва оказывает существенное влияние на напряжения в слоях. Так, например, изменение модуля сдвига шва с 0,5 МПа до 5 МПа ($h_ш$=0,1 см) увеличивает напряжения $\sigma_x^{(2)}$ и $\sigma_y^{(2)}$ на 20,01% и 15,2% соответственно, при этом напряжения $\sigma_x^{(1)}$ и $\sigma_y^{(1)}$ в бетонном слое уменьшаются на 3,4% и 15,2%

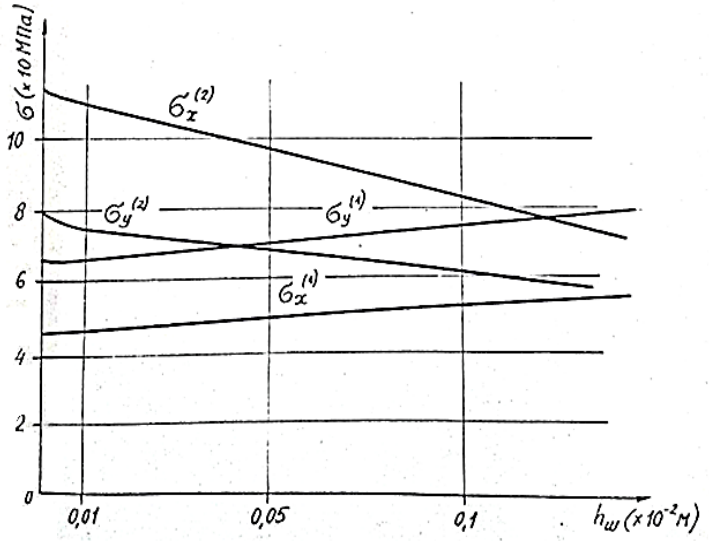


Рис.2 Изменения толщины шва.

Таким образом можно отметить, что модуль сдвига шва значительно меньше влияет на НДС двухслойных бетонных плит со стеклопластиковым армирующим слоем при значениях модулей сдвига шва и слоев близких по величине

Список литературы

[1]. Амбарцумян С.А. Обшая теория анизотропных оболочек. Изд-во НАУКА, Гл.Ред.х.м.л., М.,1974, 446 с. (с.17-29, 102-122).

[2]. Амбарцумян С.А. Теория анизатропных пластин. Наука , гл, ред. Ф.м.л, 1967 (с.24-51), с.266.

[3]. Воблых В.А., Дусматов А.Д. Напряженно-деформированное состояние комбинированных плит и оболочек с учетом поперегного сдвига и податливости клеевого шва. Деп.в. ВНИИИС Госстроя СССР, рег. №3082, Р.Ж.Строительство и архитектура , сер.8, вып,7,М.1981.

[4]. Дусматов А.Д. Прочность и деформативность двухслойных плит с податливыми клеевыми швами. Деп.в ВНИИИС.Р.Ж.Строительство и архитектура,сер.8, вып.7, М.,1982.

[5]. Дусматов А.Д, маг. М1-25Абдуллаев Р.Р. Междуслоевые сдвиги двухслойных комбинированных плит и оболочек с учетом температурных нагрузок. Республиканская научная и научно техническая конференция. 25-26 сентьября 2025 года. “Современные решения по повышению энергоэффективности и обеспечению экологической устойчивости на обьектах по производству бетона и желозобетона в Ферганской области” 73-75 стр, Фергана, 2025 г.

[6]. Дусматов А.Д. Влияние поперечного сдвига композитного слоя на прочность и деформативность двухслойной цилиндрической комбинированной оболочки. Международный научно-практический журнал „ Економика и социум’’ Вып 03.(106) 2023, стр-12 17.03.2023г.

[7]. [ДусматовА.Д. Бахромов.М. Маликов.С.С Strength And Deformabilitu Of Metal Glass-Plastic Shells Taking Into Account Shear Rigidity. The PeerianJournal.Volume 12, November, 2022. ISSN(E): 2788-0303.

[8]. Дусматов, А. Д., Ахмедов, А. Ў., &Абдуллаев, З. Ж. (2021). Температурная задача двухслойных цилиндрических оболочек с композиционными защитными слоями. Scientificprogress, 2(7), 343-348.

[9]. Дусматов А.Д, Исследование прочности и деформативности и создание второго армируюшего слоя двухслойной комбиринованной цилиндрической оболочки, ФерПИ ИТЖ, 2023. 27спец, вып №11 стр.71-77.

HOMILADOR AYOLLAR BANDAJLARINI TAKOMILLASHTIRISHDA MATERIALLARNING FIZIK-MEXANIK, GIGIYENIK XUSUSIYATLARI VA FUNKSIONAL IMKONIYATLARI TADQIQI

D.R. Usmonova[1], Sh.A. Mahsudov[1], D.G. Vahobova[1], J.I. Oripov[2]

ORCID: 0000-0001-9474-8498
e-mail: usmanovadilfuzaravshanzqi1996@gmail.com
ORCID: 0000-0002-3081-0026
e-mail: shohruxmahsudov@gmail.com
[1]Namangan davlat texnika universiteti
ORCID: 0009-0000-0247-1242
e-mail: joripov@19gmail.com
[2]Farg‘ona davlat texnika universiteti
(Qabul qilindi 22.01.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu ilmiy maqolada homiladorlik davrida ayollar organizmida kuzatiladigan fiziologik va antropometrik o‘zgarishlar, bir necha xorijiy olimlarning olib borgan tadqiqot ishlari, mavjud bandajlarning fizik-mexanik xossalari, ona va homila holatini real vaqt rejimida kuzatish imkonini beruvchi, intellektual kuzatuvchi qurilma bilan jihozlangan smart-bandaj tizimlari haqiga ma’lumotlar keltirilgan.*

Kalit so‘zlar: *Homila, bandaj, bel og‘rig‘i, smart-texnologiyalar, to‘qimachilik materiallari, neopren, fiziologik monitoring.*

Аннотация: *В данной научной статье рассматриваются физиологические и антропометрические изменения, наблюдаемые в женском организме во время беременности, исследования, проведенные Информация, полученная от нескольких зарубежных ученых, о физических и механических свойствах существующих повязок, а также о состоянии матери и плода в режиме реального времени. Представлена информация об интеллектуальных системах повязок, оснащенных интеллектуальным устройством мониторинга, позволяющим осуществлять наблюдение.*

Ключевые слова: *плод, повязка, боль в спине, интеллектуальные технологии, текстильные материалы, неопрен, физиологический мониторинг.*

Annotation: *This scientific article discusses the physiological and anthropometric changes observed in the female body during pregnancy, research conducted by several foreign scientists, physical and mechanical properties of existing bandages, and the state of the mother and fetus in real time*

Information is provided about smart bandage systems equipped with an intelligent monitoring device that allows for monitoring.

Keywords: *Fetus, bandage, back pain, smart technologies, textile materials, neoprene, physiological monitoring.*

Kirish. Tug’ruqoldi bandaji- bu qorin devorining haddan tashqari cho’zilishining oldini olish va umurtqa pog’onasining bel qismidagi og’irlikni kamaytirish uchun taqish zarur bo’lgan tibbiy buyumdir. Bel sohasidagi noqulaylik yoki og’riqlar homiladorlik paytida tananing og’irlik markazi siljishi va orqa mushaklarining kuchlanishi bilan bog’liq. Bularning barchasi bo’lajak onaning hayot sifatini pasaytiradi. To’g’ri tanlangan bandaj qorin bo’shlig’i va kichik chanoq a’zolariga tushadigan yukni kamaytiradi, homilaning bachadonda to’g’ri holatni egallashiga yordam beradi[1].

Bir necha olimlar tomonidan olib borilgan tadqiqot ishlari shuni korsatadiki, N.A. Mitsyuk (tarix fanlari doktori) va V.N. Pokusaevaning tadqiqotlari homiladorlik qachondan boshlab "Oddiy tabiiy holat" emas, balki "Shifokor nazorati ostidagi tibbiy jarayon"ga aylanganini o‘rganadi, yani, o‘sha davrda ayollarga birinchi marta homiladorlik paytida maxsus kiyimlar va qorinni to‘g‘ri ushlab turuvchi (bandaj prototiplari) moslamalar haqida tavsiyalar berila boshlangan[2], V. Karapetyan va K. K. Shcherbinaning tadqiqotchilar o’z ishida homilador ayollarda tayanch-harakat tizimi bilan bog‘liq muammolarni korreksiya qilishning ilmiy asoslarini yaratib berishgan[3], L. B. Reznik va S.V. Barinov boshchiligidagi tadqiqot guruhi, xususan S.G. Demchenkoning ishtiroki bilan, homiladorlik davridagi eng jiddiy ortopedik muammolardan biri — qov simfizi disfunksiyasini (simfiziopatiya) davolashga qaratilgan amaliy yechimni taklif qilgan[4].

Biroq, an'anaviy bandajlarda notipovoy qomat o‘zgarishlariga moslashuvchanlikning yo‘qligi va onaning fiziologik holatini real vaqt rejimida masofaviy monitoring qilish (smart-texnologiya) imkoniyati mavjud emasligi asosiy kamchilik hisoblanadi. Shu sababli, smart-texnologiyalar asosida ishlab chiqilgan bandaj buyumlarini joriy etish tikuvchilik soxasi va tibbiyotni o’zaro uyg’unlashtirish dolzarb vazifalaridan biri hisoblanadi.

Hozirgi kunda O‘zbekiston Respublikasida yiliga 900 mingga yaqin homilador ayol ro‘yxatga olinib, ularning 70 foizida bel va orqa sohasida surunkali og‘riqlar kuzatilishi ushbu sohada innovatsion yechimlarni joriy etishni talab qiladi[5].

Homilador ayol tanasidagi fiziologik o'zgarishlar keyinchalik uning salomatligiga ta’sir ko’rsatishi mumkin. Bandaj shunday o’zgarishlarni va kelajakda homilador tana duch keladigan kasalliklarni oldini olish uchun hizmat qilishi lozim. Bandajning vazifalari asosan qorin bo'shlig'i mushaklari, old va lateral qorin, sonlar terisini haddan tashqari cho'zilishining oldini oladi, qorin bo'shlig'i va tos bo'shlig'ining ichki a'zolariga tushayotgan og’irlikni kamaytiradi, bel umurtqa pog'onasidagi stressni kamaytiradi va shu bilan birga homilaning bachadonda to'g'ri pozitsiyasini egallashiga yordam beradi. Ushbu vazifalarni samarali bajarilishi, avvalo, bandaj tayyorlanadigan materiallarning fizik, mexanik va gigiyenik xususiyatlariga bevosita bog‘liqdir[6].

Ko’plab medetsina hodimlarining tavsiyasiga ko’ra tug’ruqdan oldingi bandajdan 3-4 soat davomida doimiy ravishda foydalaniladi. Shundan so'ng 30-40 daqiqa yoki undan ko'proq tanaffus qilish tavsiya etiladi. Bandaj, birinchi navbatda, faol harakatlanish vaqtida tana a’zolarini fiziologik holatda tutib turish uchun mo’ljallangan. Shunga qaramay, tibbiy ko’rsatmalarga ko’ra, undan o’tirgan va yotiq holatlarda ham tayanch-harakat tizimi hamda ichki a’zolarga tushadigan statik yuklamani kamaytirish maqsadida foydalanish mumkin.

Tug’ruqdan oldingi bandajni foydalanish homiladorlikning keyingi bosqichlarida homilador tananing jismoniy holatini yaxshilashi mumkin. Bu onaga yoki chaqaloqqa zarar yetkazmasdan odatdagi faollik darajasini saqlab qolish imkonini berishi lozim.

Amaliy kuzatuvlar shuni ko‘rsatadiki, bugungi kunda mavjud bandajlarda sintetik tolalar asosidagi elastik trikotajlar, neopren, paxta aralash materiallar, havo o‘tkazuvchi mesh to‘qimalar va boshqa kombinatsiyalar qo‘llanilmoqda[7]. Biroq ularning har biri o‘ziga xos afzallik va cheklovlarga ega: elastik tolalar qulaylikni ta’minlasa-da, uzoq muddatli taqishda terlashni kuchaytirishi mumkin; paxta gigiyenik va yumshoq bo‘lsada, shaklni yaxshi saqlamaydi; neopren

kuchli qo‘llab-quvvatlasa-da, havo o‘tkazuvchanligi past. Shu sababli bandaj uchun eng maqbul material paketini aniqlash muxim masalalardan biri hisoblanadi.

Homiladorlik davrida ayol organizmidagi antropometrik o’zgarishlar natijasida qorin sohasidagi teri qoplamalarining yuqori darajada cho’zilishi va sezuvchanligi kuzatiladi. Shu sababli, bandaj konstruktsiyasining teri nafas olishini ta’minlash, gigroskopik gigienani saqlash va materiallarning biomohiyati tufayli yuzaga kelishi mumkin bo’lgan allergik reaktsiyalarni kamaytirish bandajdan foydalanishning asosiy xavfsizlik mezonlari hisoblanadi[8].

Amalda foydalanilayotgan homiladorlik bandajlari dizayni va maqsadiga ko'ra bir-biridan sezarli farq qilib, ular quyidagicha:

Anita Maternity (Germaniya) - BabyBelt. Ushbu brend o'zining tibbiy aniqligi va kiyishga qulayligi bilan mashhur hisoblanib, ishlab chiqarayotgan maxsulotlari havo o'tkazuvchan mikrofibra materialidan tayyorlanishi, foydalanish jarayonida qulaylik yaratuvchi maxsus elastik zonalariga ega ekanligi bilan ajralib, bel og'rig'ini samarali kamaytirishi, qorinning og'irlik hissini yengillashtirishi va teriga allergik reaksiya bermasligi (Oeko-Tex sertifikati mavjud) bilan mashxurdir.

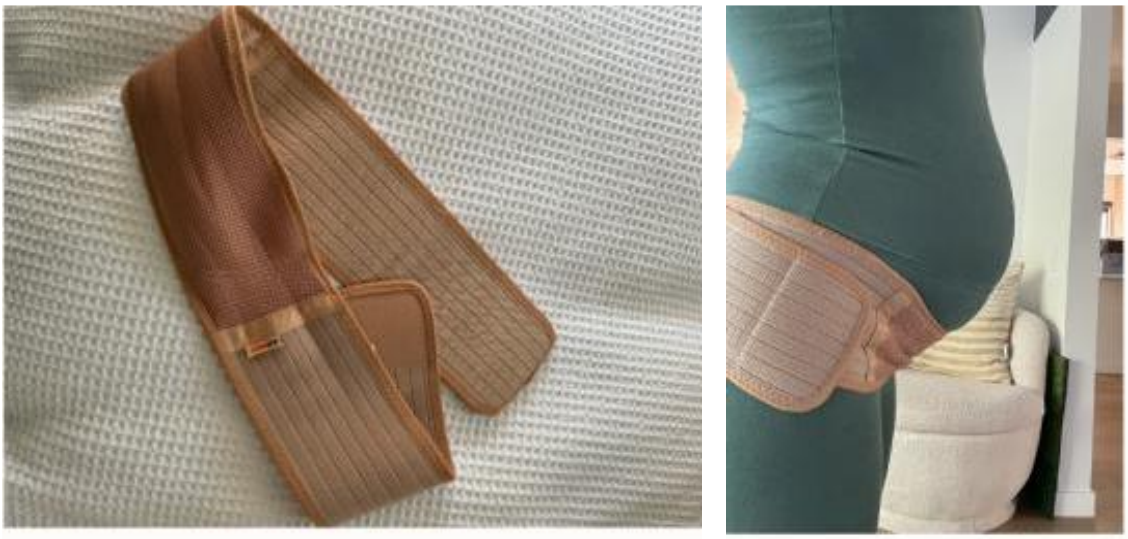
Biroq, Ushbu bandaj boshqa mahsulotlarga qaraganda nisbatan yuqoriligi, faqat yengil va o'rtacha qo'llab quvvatlashni ta'minlashi, o'ta og'ir holatlar uchun mexnaik bardosh bermasligi kabi kamchililari mavjud (1-rasm) [9].

1-rasm. Baby Belt bandaji.

Belly Bandit (AQSH) — Upsie Belly. Ushbu bandaj ko'proq premium va ko'p funksiyali mahsulotlarga ixtisoslashgani, bandaj ichida maxsus cho'ntak bo'lib, unga issiq yoki sovuq paket (gel pack) joylash mumkinligi, bel og'rig'i va tos sohasidagi og'riqlarni (round ligament pain) issiqlik/sovuqlik yordamida tezroq qoldirishi, qorinni juda mustahkam ko'tarib turishi bilan ko’plab homiladorlarga ma’qul kelgan.

2-rasm. Upsie Belly bandaji.

Ammo, qalinroq bo'lgani uchun kiyim ostidan sezilib turishi, ba'zi foydalanuvchilar o'tirgan holatda noqulaylik sezganligi sabab mahsulotning vertikal siljishi kuzatiladi. Bu esa nafaqat estetik noqulaylikni keltirib chiqaradi, balki qorinning pastki qismida nomutanosib siqish (kompressiya) hosil qilib, foydalanuvchida diskomfort hissini oshiradi (2-rasm) [10].



3-rasm. Universal bandaj.

AZMED Maternity (AQSH) — Universal Bandaj bozordagi eng mashhur va hamyonbop variantlardan biri. Bir o'lchamli (One size) va oddiy konstruktsiyaga ega bo'lib, kiyish va yechish juda oson (Velcro tasmali), yengil va kundalik yumushlar uchun qulay. Faqat bitta tasmadan iborat bo'lgani uchun belga beriladigan bosimni murakkab bandajlardek yuqori darajada taqsimlay olmaydi (3-rasm) [11].

NeoTech Care (Xitoy/Xalqaro) o'zining "3 tasi 1 da" (3-in-1) konstruksiyasi bilan tanilgan. Uch qismdan iborat bo'lib, qorin osti tasmasi, orqa panel va yuqori qo'shimcha tasmaga egaligi, maksimal darajadagi barqarorlik berishi, homiladorlikning turli bosqichlariga moslab qismlarni qo'shish yoki olish mumkinligi bilan ajralib turadi. Biroq ko'p qatlamli bo'lgani uchun yoz kunlarida issiqlik qiladi va kiyishda biroz vaqt talab etadi.

Tug'ruq oldi bandajlar uchun maqbul materiallar paketini ishlab chiqarish, nafaqat texnologik, balki fundamental tadqiqot va qat'iy eksperimental sinovlar bosqichlarini o'z ichiga olgan murakkab jarayondir. Ushbu jarayonning asosiy maqsadi homilador ayol va uning homilasi uchun maksimal qulaylik, xavfsizlik va sog'lom rivojlanish sharoitlarini ta'minlovchi mahsulot yaratishdir.

Buning uchun, dastlab, bandaj ishlab chiqarishda potensial qo'llanilishi mumkin bo'lgan barcha matolar laboratoriya tajribasidan o'tkaziladi. Tajribalar bir qator muhim fizik-mexanik va gigiyenik xususiyatlarni aniq standart (GOST) asosida baholashni talab etib, ular:

- Havo o'tkazuvchanlik (GOST 12088-22);
- Qalinlik;
- Uzilish kuchi va cho'zilish (GOST 28554);
- Qaytar va qaytmas deformatsiya (GOST 28882);
- Ishqalanishga chidamlilik (GOST 16486);
- Gazlamaning qattiqligi kabi amaliy bosqichlarni o'z ichiga oladi.

Shu maqsadda, to'rtta ishlab chiqaruvchilar tomonidan taklif etilgan turli hil bandaj material na'muna (I-variant (Xitoy), II-variant (O'zbekiston), III-variant (O'zbekiston), IV -variant (O'zbekiston)) materialari GOST standartlari asosida sinovlardan o'tkazildi. Bu ularning homiladorlar uchun bandaj ishlab chiqarishda qo'llanilishiga munosibligini aniqlash imkonini beradi.

Tajribalar natijalari har bir materialning foydali va zararli tomonlarini aniq ko'rsatdi, bu esa kelajakda yangi bandaj dizaynini ishlab chiqishga imkon beradi (1-jadval).

Amalda foydalanilayotgan bandaj gazlamalarining fizik-mehanik ko'rsatkichlari.

1-jadval

Ko'rsatkichlar			Variantlar				
			I	**II**	**III**	**IV**	Standartlar
1	**Havo o'tkazuvchanlik** V (sm^3/sm^2·sek)						GOST 12088-22 30-100
	Asos		472,32	30,29	86,35	24,38	
	Qo'shimcha		171,76	-	47,47	7,73	
	To'r-		-	290,56	-	-	
	Rezina		-	8,23	-	-	
2	**Qalinligi (mm)**						
	Asos		1.4	0.8	2.7	1.7	
	Qo'shimcha		5.04	-	2.2	1.4	
	To'r		-	0.3	-	-	
	Rezina		-	1.5	-	-	
3	**Uzilish kuchi R** (N)						Kamida 80 N GOST 28554
	Asos	bo'yiga	594	-	388	353	
		eniga	501	1103	281	958	
	Qo'shimcha		813	-	-	-	
	To'r-		-	116	-	-	
	Mag'iz		104	341	-	-	
4	**Uzilishgacha cho'zilish** L %)						0 dan 100 % gacha GOST 28554 I va II
	Asos	bo'yiga	32.1	-	49.9	12	
		eniga	307.5	34.5	474	423	
	Qo'shimcha		134.8	-	-	-	
	To'r-		-	21.4	-	-	
	Mag'iz		384.3	48.9	-	-	
5	**Qaytar deformatsiya** ε_o (%)	Bo'yi bo'yicha	5,6	20	0,1	18	GOST 28882 20 % gacha
		Eni bo'yicha	20	22	1,9	14	
		Bo'yi bo'yicha	94,4	80	99,9	82	GOST 28882 80 % dan yuqori
		Eni bo'yicha	80	78	98,1	86	
6	**Ishqalanishga chidamligi** I (ming. aylana)		44,7	60,1	55,4	57,8	GOST 16486 30-60
7	**Gazlamaning qattiqligi** Bgaz(μH*m)		190,27	13,11	84,44	145,42	

Olib borilgan tadqiqot natijalariga ko'ra amaliyotda mavjud maxsus bandajlardan namuna IV va namuna III homilador ayollar optimal materiallar hisoblanadi, chunki ular barcha fizik-mexanik va gigiyenik talablarga eng yuqori darajada javob beradi. Ular yuqori chidamlilik, mustahkamlik, yaxshi havo o'tkazuvchanlik va shaklini mukammal saqlash xususiyatlariga ega. Namuna I va Namuna II minimal talablarga javob bersa-da, mustahkamlik va ayniqsa qaytmas deformatsiya bo'yicha salbiy natijalari tufayli optimal variant emas va ularni qo'llash tavsiya etilmaydi yoki faqat arzonroq segmentdagi mahsulotlar uchun ko'rib chiqilishi mumkin.

Ushbu ko'rsatgichlar amalda foydalanilayotgan va akusher-ginekologlar tomonidan tavsiya berilayotgan hom ashyo hisoblanadi.

Homilador ayollarning hayot sifatini yaxshilash va salomatligini muhofaza qilishda an’anaviy bandajlarning imkoniyatlari bugungi kun talablari uchun yetarli emas. Amaliyotda qo‘llanilayotgan materiallarning kamchiliklarini bartaraf etish hamda ona va homila holatini real vaqt rejimida kuzatish imkonini beruvchi smart-bandaj tizimlarini yaratish – zamonaviy tibbiyot va yengil sanoat uyg‘unligidagi ustuvor vazifadir. Intellektual datchiklar bilan jihozlangan bunday innovatsion qurilmalar nafaqat mexanik tayanch vazifasini o‘taydi, balki fiziologik ko‘rsatkichlarni monitoring qilish orqali yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan asoratlarning oldini olishga xizmat qiladi.

Ushbu yo‘nalishdagi izlanishlarimizning davomi sifatida, smart-bandajlarning konstruktiv yechimlari, datchiklarning joylashuv sxemalari va tanlangan materiallar paketining laboratoriya tahlillari haqidagi ma’lumotlarni keyingi ilmiy asoslangan maqolalarimizda batafsil keltirib o‘tamiz.

Xulosa

Tahlillar shuni ko‘rsatadiki, an’anaviy bandajlar homilador ayollarning jismoniy zo‘riqishini qisman kamaytirsa-da, ularning funksionalligi bugungi kunning intellektual tibbiyot talablariga to‘liq javob bermaydi. Kelajakda ishlab chiqilishi kutilayotgan smart-bandajlar nafaqat yuqori gigiyenik va mexanik xususiyatlarga ega materiallardan tayyorlanishi, balki homilador ayolning fiziologik holatini nazorat qiluvchi aqlli tizimga aylanishi lozim. Bu kabi innovatsion yechimlar homiladorlik davridagi asoratlarni erta aniqlash va ayollarning hayot sifatini tubdan yaxshilashda muhim bosqich bo‘lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar.

[1]. Borg-Stein, J., et al. (2005). Musculoskeletal aspects of pregnancy.

[2]. Мицюк Н**.А., П**окусаева В**.Н.-** История медицины “Ведение беременности в дореволюционной россии**:** От традиционных практик к медицинскому знанию”.

[3]. С. В. Карапетян[1], К. К. Щербина[1], Д. А. Ниаури[2] 1 “Динамика качества жизни беременных при использовании дородовых бандажей и вкладных ортопедических приспособлений”-Акушерство и гинекология.

[4]. “Применение комбинированного бандажа у беременных с дисфункцией лонного сочленения” Л.Б. Резник, С.В. Баринов, С.Г. Демченко

[5]. O‘zbekiston Respublikasi Statistika agentligi.

[6]. Journal of Pregnancy - Effect of Maternity Support Belts on Back Pain.

[7]. Textile Research Journal - Properties of Fabrics for Medical Applications.

[8]. Usmanova D., Mahsudov SH. Notipovoy qomatli(homilador) ayollar uchun maxsus kiyimlar//Namangan Institute of Engineering end Technology”Scientifuk and technical” journal. Namangan. 2024. №1.-36-41b.

[9]. https://www.amazon.com/Anita-Maternity-Microfiber-Style

[10]. https://www.whattoexpect.com

[11]. https://www.thebump.com.

ИННОВАЦИОН БАРАБАНЛИ ҚУРИТГИЧДА НАМЛИК ЙЎҚОТИЛИШИ ЖАРАЁНИ ВА УНИНГ САМАРАДОРЛИГИНИ ИЛМИЙ АСОСДА ТАДҚИҚ ҚИЛИШ

Э.С. Умаров

Farg‘ona davlat texnika universiteti,
E-mail: eumarov15@gmail.com

(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Аннотация: *Ушбу ишда пахта хом ашёсини қуритиш жараёнида барабанли қурилманинг ишлаш самарадорлиги тажриба асосида ўрганилди. Тажрибалар жараёнида барабанда бўлиш вақти, чиқиш вақти, ҳароратнинг бош, ўрта ва охир нуқталаридаги ўзгариши, катёл босими ҳамда намлик йўқолиши каби асосий параметрлар аниқланди. Олинган натижалар таҳлил қилиниб, қуритиш жараёнида иссиқликнинг бир текис тақсимланиши ва намликнинг самарали йўқолиши таъминланиши кўрсатилди. Шу билан бирга, қурилманинг конструктив афзалликлари ва ишчи режимларини оптималлаштириш бўйича хулосалар ишлаб чиқилди.*

Калит сўзлар: *Пахта хом ашёси, барабанли қуритиш қурилмаси, намлик йўқолиши, иссиқлик ўтказувчанлик, ҳарорат тақсимоти, тажриба натижалари, самарадорлик, оптимал режим.*

Аннотация: *В данной работе исследована эффективность работы барабанной сушильной установки при сушке хлопкового сырья на основе экспериментальных данных. В ходе опытов определялись основные параметры: время пребывания материала в барабане, время выхода, изменения температуры в начальной, средней и конечной зонах, давление пара в котле, а также потеря влаги. Полученные результаты показали равномерное распределение тепла и эффективное удаление влаги в процессе сушки. Кроме того, были разработаны выводы по оптимизации конструктивных преимуществ установки и рабочих режимов.*

Ключевые слова: *Хлопковое сырьё, барабанная сушильная установка, потеря влаги, теплопроводность, распределение температуры, результаты эксперимента, эффективность, оптимальный режим.*

Annotation: *This study investigates the efficiency of a drum-type drying unit for processing raw cotton, based on experimental research. During the experiments, the main parameters were determined: material residence time in the drum, output time, temperature changes in the initial, middle, and final zones, boiler steam pressure, and moisture loss. The obtained results demonstrated uniform heat distribution and effective moisture removal during the drying process. In addition, conclusions were drawn regarding the optimization of the unit's structural advantages and operating conditions.*

Keywords: *Raw cotton, drum dryer, moisture loss, thermal conductivity, temperature distribution, experimental results, efficiency, optimal regime.*

Кириш. Пахтани қайта ишлаш жараёнида хом ашёнинг намлик даражасини оптимал меъёрга келтириш муҳим технологик босқич ҳисобланади. Чунки юқори намликдаги пахта толалари мустаҳкамлик жиҳатидан афзал бўлса-да, уларни тозалаш жараёни қийинлашади, қурилмаларнинг самарадорлиги пасаяди ва тайёр маҳсулот сифатига салбий таъсир кўрсатади. Шу боис, қуритиш жараёни пахтачилик саноатида асосий ва ҳал қилувчи босқич сифатида эътироф этилади.

Илмий тадқиқотларда пахта толасининг ўртача намлик даражаси 5–20 % оралиғида сақланиши мумкинлиги аниқланган [1]. Амалда эса стандарт намлик кўрсаткичи 5,5–6,5 % атрофида белгиланган [2]. Шу сабабли, пахтани қуритиш жараёнида барабанли қуритгичларнинг самарадорлигини ошириш долзарб масала ҳисобланади. Намлик меъёрдан ортиқ бўлганда толанинг ифлослик даражаси ошади, тозалаш самарадорлиги пасаяди, ҳамда қуритиш жараёнига сарфланадиган энергия кўпайиб кетади. Шу билан бирга, меъёрдан ортиқ қуритиш ҳам толанинг мўртлигига ва сифатининг ёмонлашишига олиб келади.

Пахтани қуритиш жараёни мураккаб илмий-амалий жараён бўлиб, унда иссиқлик ва масса алмашиниш қонуниятлари биргаликда намоён бўлади. Шунинг учун жараён самарадорлигига таъсир этувчи омиллар – иситувчи агент ҳарорати, босим, барабан айланиш тезлиги ва ҳаво оқимининг параметрларини аниқлаш катта илмий ва амалий аҳамиятга эга.

Ушбу тадқиқотнинг мақсади – пахтани буғ ёрдамида қуритиш жараёнининг асосий параметрларини ўрганиш, намликнинг динамик равишда йўқотилиш қонуниятларини таҳлил қилиш ва самарадор қуритиш усулини ишлаб чиқишдан иборат. Бу борада махсус барабанли тажриба-синов қурилмаси ишлаб чиқилди ва унинг имкониятлари экспериментал жиҳатдан ўрганилди.

Адабиётлар таҳлили ва назарий асослар. Пахтани қуритиш жараёни илмий жиҳатдан мураккаб жараён ҳисобланиб, у иссиқлик ва модда алмашинув қонунларига асосланади. Жаҳон илмий манбаларда бу жараённинг самарадорлиги асосан иссиқлик ташувчи муҳитнинг ҳарорати, босими ва айланиш тезлиги каби параметрлар билан боғлиқлиги таъкидланади [3–5].

Шу билан бирга, маҳаллий тадқиқотчиларнинг ишлари ҳам муҳим аҳамиятга эга. Хусусан, Файзиев С.Ҳ. (БухМИТИ) томонидан олиб борилган тадқиқотларда барабанли қуритгичда ҳаво оқими параметрларининг таъсири математик моделлаштириш асосида таҳлил қилинган [6]. Унда барабан айланиш тезлиги, ҳаво зичлиги ва намлик йўқотиш кўрсаткичлари математик моделлаштириш асосида таҳлил қилинган.

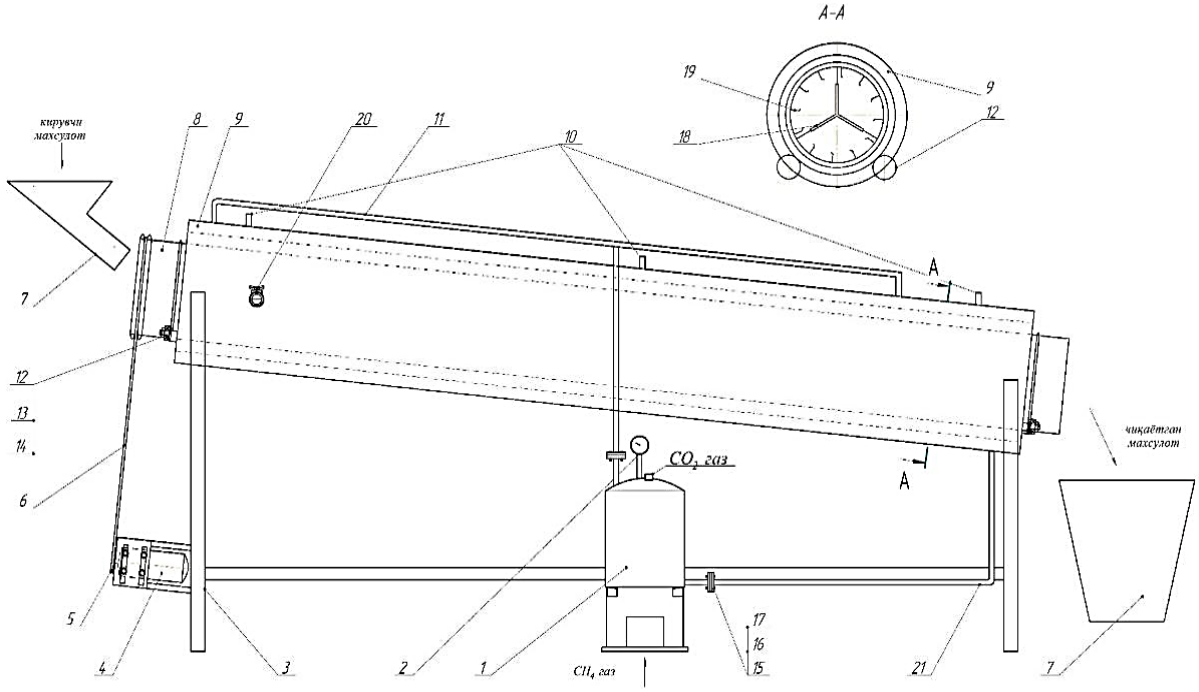
Шунингдек, “Пахтасаноат илмий маркази” АЖ томонидан ўтказилган илмий ишлар ҳам бу йўналишда муҳим ҳисобланади [7]. Марказ мутахассислари пахтани қуритиш ва тозалаш жараёнларини такомиллаштириш, замонавий инновацион қурилмаларни ишлаб

чиқиш ва ишлаб чиқаришга жорий этиш бўйича қатор илмий тадқиқотларни амалга оширган. Хусусан, қуритиш жараёнида буғ ёрдамидаги иссиқлик узатишнинг афзалликлари, унинг энергия тежамкорлиги ва тола сифатига таъсири аниқланган.

Маҳаллий ва хорижий манбалар таҳлили шуни кўрсатадики, пахта қуритиш жараёнидаги самарадорлик асосан қуйидаги омилларга боғлиқ:

– иссиқлик ташувчи муҳитнинг физик-термодинамик хусусиятлари;
– барабан айланиш тезлиги ва унинг конструктив параметрлари;
– бошланғич намлик даражаси ва унинг динамик ўзгариши;
– аралаштириш интенсивлиги ва ҳаво оқими тезлиги.

Шундай қилиб, маҳаллий тадқиқотлар жаҳон тажрибаси билан уйғун ҳолда пахтани қуритиш жараёнида самарадорликка эришиш учун аниқ технологик режимларни белгилаш зарурлигини кўрсатади. Бу эса биз томондан ишлаб чиқилган барабанли тажриба қурилмаси орқали амалий жиҳатдан тасдиқланиши мумкин.



1 -расм. Барабанли пахта қуритиш тажриба-синов қурилмасининг принсипиал схемаси.
1-буғ генератори, 2-монометр, 3-таянч рама, 4-электодвигател, 5-шкив, 6-тасмали узатма, 7-бункер, 8-ички ғалвирсимон айланувчи барабан, 9-ташқи қўзғалмас барабан, 10 - термометр, 11-иситувчи агент (буғ), 12-таянч подшипник, 13-болт, 14-гайка, 15-фланес, 16-болт ва гайка, 17-манжет, 18-штатив, 19-куракча, 20-вентил, 21-конденсат қувири.

Тадқиқот методологияси. Тадқиқот ишлари асосан лаборатория ва тажриба-шароитда олиб борилди. Бунда пахта хом ашёсини қуритиш жараёнини амалий жиҳатдан ўрганиш учун махсус ишлаб чиқилган барабанли тажриба қурилмаси қўлланилди (1-расм). Қурилмадаги барча конструктив қисмлар – ички ғалвирсимон барабан, ташқи қобиқ барабан, буғ генератори ва аралаштирувчи куракчалар – жараённинг барқарорлиги ва самарадорлигини таъминлайди [9,10].

Методология асосий босқичларда қуйидагилар ташкил этилди:

1. **Намуналар тайёрлаш** – тадқиқот учун намлиги 16–22% орасида бўлган пахта хом ашёси сараланди. Бу ҳолат турли бошланғич намлик даражаларида қуритиш самарадорлигини таққослаш имконини берди.

2. **Қурилмани ишга тайёрлаш** – барабанли қуритгич ишчи ҳолатга келтирилди, буғ генератори белгиланган босимгача ишга туширилди (200–300 кПа), ҳаво оқими ва ҳарорат параметрлари барқарор ҳолга келтирилди.

3. **Назорат-ўлчов тизимини жорий этиш** – термопаралар (барабан боши, маркази ва охирида), гигрометр, таймер, тарозилар ва ҳаво тезлигини ўлчаш сенсорлари ўрнатилди. Бу жараёнда маҳаллий тадқиқотчилар (Файзиев С.Ҳ., БухМИТИ) томонидан ишлаб чиқилган услубий кўрсатмалар асос сифатида қўлланилди [6]. Тадқиқотда қурилманинг барабан айланиш тезлиги, ҳаво ҳарорати ва маҳсулотнинг ўртача барабанда бўлиш вақти каби параметрлар инобатга олинди.
4. **Тажриба режими** – барабан айланиш тезлиги 8–12 об/мин, қуритиш ҳарорати 80–120 °C, иш вақти 10–30 дақиқа оралиғида ўзгартирилди. Бу параметрлар пахта толасининг намликни йўқотиш динамикаси ва сифат кўрсаткичларига таъсирини баҳолаш имконини берди.
5. **Маълумотларни йиғиш ва таҳлил қилиш** – тажриба натижалари реал вақтда қайд этилди ва кейинчалик математик ишлов берилди. Масса йўқотиш, намликнинг камайиш тезлиги ва энергия сарфи кўрсаткичлари солиштирма таҳлил асосида баҳоланди.

Ушбу методология асосида олинган маълумотлар нафақат назарий ҳисоботлар, балки амалий тавсиялар ишлаб чиқишга ҳам хизмат қилади. Айниқса, бу йўналишдаги маҳаллий тадқиқотлар – “Пахтасаноат илмий маркази” АЖ ишланмалари ва турли тажриба хўжаликларида ўтказилган синов натижалари билан уйғун ҳолда таҳлил қилинди.

Натижалар ва муҳокама. Олиб борилган тажрибалар натижасида барабанли қуритгичнинг ишлаш самарадорлигига таъсир этувчи асосий параметрлар кузатилди. Жумладан, маҳсулотнинг чиқиш ва тушиш вақтлари, барабанда бўлиш даври, ички ҳарорат тақсимоти, босим, барабан айланиш сони, ҳаво ҳарорати, оғиш бурчаги ҳамда намлик йўқотилиши аниқланди. Ушбу кўрсаткичлар қуйидаги жадвалда келтирилган.

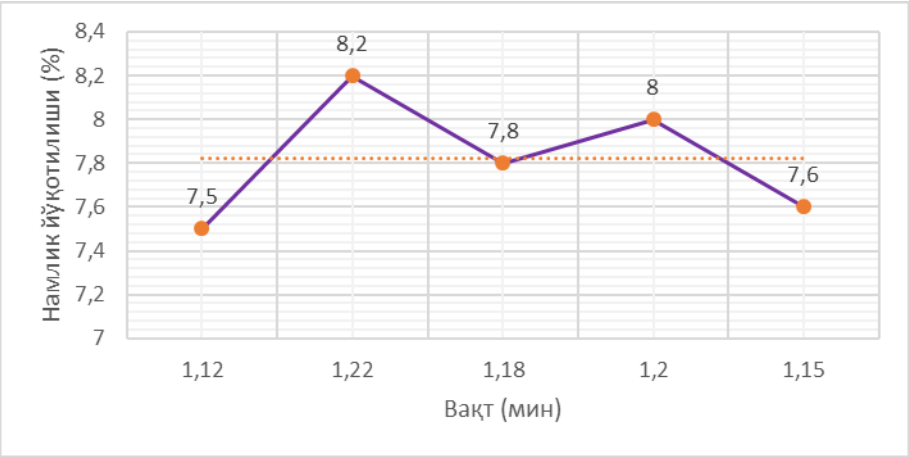
1-жадвал

Барабанли қуритгичда технологик параметрлар

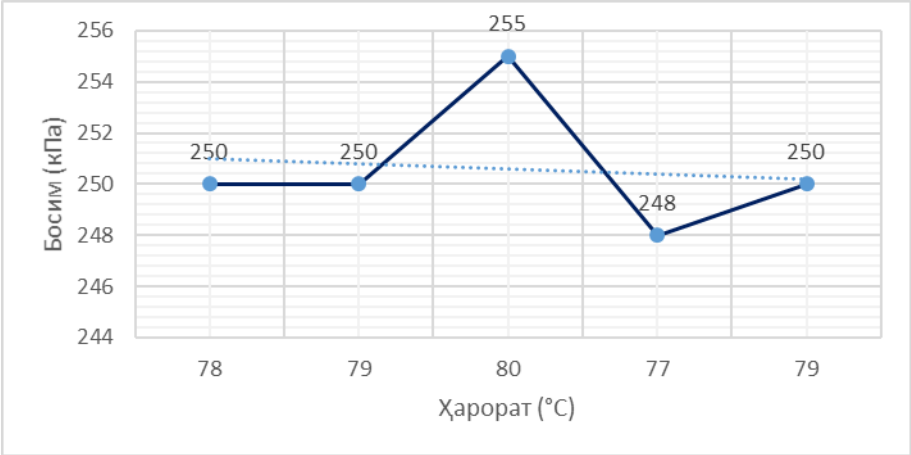
№	Чиқиш вақти, мин	Тушиш вақти, мин	Барабанда бўлиш вақти, мин	Ҳарорат (боши/ўрта/ охири), °C	Катёл босими, кПа	Барабан айланиши, об/мин	Ҳаво ҳарорати, °C	Оғиш бурчаги, °	Намлик йўқотилиши, %
1	1,12	2,54	1,42	85 / 95 / 100	250	12	78	12	7,5
2	1,22	2,65	1,43	83 / 93 / 98	250	11	79	12	8,2
3	1,18	2,61	1,43	86 / 96 / 101	255	12	80	12	7,8
4	1,2	2,6	1,4	87 / 97 / 103	248	10	77	12	8
5	1,15	2,58	1,43	84 / 94 / 99	250	12	79	12	7,6

Жадвал маълумотларидан кўриниб турибдики, маҳсулотнинг барабанда ўртача бўлиш вақти 1,40–1,43 минут атрофида барқарор бўлган. Намлик йўқотилиши эса 7,5–8,2 % оралиғида ўзгариб, бу қуритиш жараёнининг самарали кечаётганини кўрсатади. Ҳарорат, босим ва айланиш сонидаги кичик ўзгаришлар ҳам маҳсулотнинг охирги ҳолатига маълум таъсир кўрсатган.

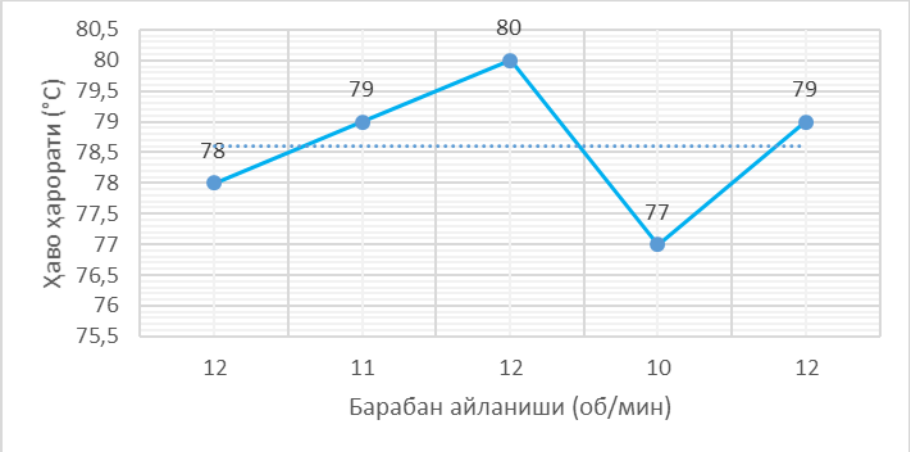
Олинган тажрибавий маълумотларнинг таҳлилини визуал кўринишда ифода этиш мақсадида намлик йўқотилиши–вақт, ҳарорат–босим ва айланиш сони–ҳаво ҳарорати ўртасидаги боғланишлар график кўринишида берилди [9-11].



2-расм. Намлик йўқотилиши – вақт боғланиш графиги.



3-расм. Ҳарорат – босим боғланиш графиги.



4-расм. Айланиш сони – ҳаво ҳарорати таъсир графиги.

График таҳлил натижаларига кўра, вақтнинг ортиши билан намлик йўқотилиши бир маромда ўсиб бориб, 7,5–8,2 % даражасида барқарорлашган. Шунингдек, босим ўзгариши ҳароратга 2–3 °C атрофида таъсир қилгани кузатилди. Айланиш сони эса ҳаво ҳарорати билан бевосита боғлиқ бўлиб, бу барабанли қуритиш жараёнида муҳим технологик омиллар

қаторига киришини тасдиқлайди.

Олиб борилган тажрибалар натижасида пахта хом ашёсини барабанли қурилмада буғ ёрдамида қуритиш жараёни самарадорлиги юқори экани аниқланди. Тажрибалар намойиш этдики, 16–22% намликка эга бўлган пахта намунаси 80–120 °C ҳароратда ва 200–300 кПа босим остида 10–30 дақиқа мобайнида қуритилганда, намлик 6–7% оралиғидаги стандарт меъёрларга етказилади.

Асосий кузатишлар натижаси шуни кўрсатадики улар:

- **Намликни йўқотиш динамикаси** – барабан айланиш тезлиги орта бориши билан намлик камайиш жараёни тезлашди. n = 10–12 об/минда энг самарали қуритиш таъминланди.
- **Ҳарорат таъсири** – 100–110 °C оралиғида қуритиш сифат жиҳатдан энг мақбул деб топилди. 120 °C дан юқорида эса толанинг механик мустаҳкамлигида кичик йўқотишлар кузатилди.
- **Буғ босими** – 250–270 кПа босимда қуритишнинг иссиқлик узатиш коэффициенти юқори бўлиб, энергия сарфи меъёрий чегараларда сақланди.
- **Аралаштириш механизми** – барабан ичидаги куракчалар пахта қатламини доимий аралаштириб туриши натижасида иссиқликнинг бир текис тарқалиши таъминланди ва қуритиш вақти сезиларли даражада қисқарди.

Уларни амалдаги аҳамияти эса:

- Бу қурилма анъанавий конвектив қуритгичларга нисбатан **30–35%га энергия тежамкор**.
- Пахта толасининг асосий сифат кўрсаткичлари (узунлиги, мустаҳкамлиги, ёғлилиги) деярли ўзгармай сақланиб қолди.
- Қурилма кичик ва ўрта қувватли пахта тозалаш корхоналарида ҳам самарали қўлланилиши мумкин.
- Жараённинг асосий параметрларини автоматик бошқариш имконияти унинг ишончлилигини оширди.

Олинган натижалар маҳаллий тадқиқотчиларнинг (Файзиев С.Ҳ., Абдуллаев А.Ж. ва бошқалар) илмий ишлари билан солиштирилганда [6,8], ушбу усулнинг устунликлари очиқ кўринди. Хусусан, бу усулда намликни йўқотиш тезлиги юқори, энергия сарфи эса камроқ. Шу билан бирга, қуритиш вақти қисқариши пахта тозалаш жараёнининг умумий самарадорлигини оширади.

Хулоса ва амалий тавсиялар. Тажриба натижалари шуни кўрсатадики, барабанли қуритгичларда маҳсулотнинг барабанда ўртача бўлиш вақти 1,40–1,43 минут атрофида, намлик йўқотилиши эса 7,5–8,2 % оралиғида бўлган. Бу кўрсаткичлар пахтани қуритишда самарали деб топилди ва ишлаб чиқариш жараёнида тавсия этилади.

Адабиётлар

[1]. Smith J. Cotton Processing Technology. – Springer, 2019.
[2]. Ahmedov R. Thermal properties of cotton fibers during drying. – Journal of Textile Engineering, 2018.
[3]. Brown T., Lee K. Advances in Cotton Fiber Drying. – Textile Research Journal, 2020.
[4]. Kumar P. Drying Kinetics of Agricultural Products. – Elsevier, 2017.
[5]. Zhao H., Wang Y. Heat and Mass Transfer in Rotary Dryers. – Chemical Engineering Science, 2016.
[6]. Файзиев С.Ҳ. Барабанли қуритгичларда қуритиш жараёни самарадорлигини ошириш йўллари. – БухМИТИ илмий ишлар тўплами, 2020.
[7]. “Пахтасаноат илмий маркази” АЖ. Пахтани қайта ишлаш технологияларини такомиллаштириш бўйича илмий ишлар. – Тошкент, 2021.
[8]. Абдуллаев А.Ж. Пахта толасини қуритиш жараёнидаги иссиқлик-масса алмашиниш жараёнлари. – Фарғона: Илмий нашр, 2022.
[9]. Набиев, Т. С., & Умаров, Э. С. (2021). О работе барабанной сушилки хлопка. In Общество-наука-инновации (pp. 38-42).
[10]. Khurmamatov, A., et.al., E3S Web of Conferences 538, 04014 (2024)
[11]. Хурмаматов, А. М., & Умаров, Э. С. (2024). Изучение гигроскопичности и сушки хлопкового сырца. Universum: технические науки, 8(4 (121)), 32-36.

ЭНЕРГО-ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПРИМЕНЕНИЯ СИНТЕТИЧЕСКИХ И НИЗКОУГЛЕРОДНЫХ ТОПЛИВ В ГОРОДСКИХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗКАХ

O.Z. Odilov

Farg‘ona davlat texnika universiteti,
Odiljonodilov5@mail.ru
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya *Maqolada shahar yo‘lovchi va yuk avtomobil tashuv tizimining past uglerodli rivojlanish sharoitidagi integrallashgan energiya-ekologik baholash natijalari keltirilgan. Tadqiqot transport vositalarining energetik va eksergetik samaradorligini hamda issiqxona gazlari chiqindilarini hayotiy sikl (LCA, Well-to-Wheel) metodologiyasi asosida tahlil qilishga asoslangan. Standart dizel yoqilg‘isi, GTL, CNG, biometan va elektr tortish kuchi qiyosiy baholandi. Natijalar shuni ko‘rsatdiki, GTL CO_2 chiqindilarini 15–20 %, CNG 25–30 %, biometan 70 % dan ortiq kamaytiradi, elektr transport esa past uglerodli energetika sharoitida eng minimal umumiy chiqindilarni ta’minlaydi. 2020–2024 yillarda O‘zbekistonda CNG ulushining sezilarli oshgani va elektr transport rivojlanayotgani transportni ekologiyalashtirish tendensiyasini tasdiqlaydi. Energiya-ekologik samaradorlikning integrallashgan ko‘rsatkichini transport rejalashtirish strategiyalariga joriy etish zarurligi asoslab berilgan.*

Kalit so‘zlar: *energiya-ekologik baholash; sintetik dizel yoqilg‘isi (GTL); biometan; eksergetik samaradorlik; hayotiy sikl tahlili (LCA); shahar transportini dekarbonizatsiya qilish; CO_2 chiqindilari.*

Аннотация. *В статье представлена интегральная энерго-экологическая оценка функционирования системы городских пассажирских и грузовых автомобильных перевозок в условиях перехода к низкоуглеродной модели развития. Исследование основано на анализе энергетической и эксергетической эффективности транспортных средств и оценке выбросов парниковых газов по методологии жизненного цикла (LCA, Well-to-Wheel). Проведено сравнение стандартного дизельного топлива, GTL, CNG, биометана и электрической тяги. Установлено, что применение GTL снижает выбросы CO_2 на 15–20 %, CNG — на 25–30 %, биометана — более чем на 70 %, тогда как электрификация транспорта обеспечивает минимальные совокупные выбросы при условии развития низкоуглеродной энергетики. Динамика обновления автобусного парка Узбекистана за 2020–2024 гг. подтверждает устойчивую тенденцию экологизации транспорта. Обоснована необходимость внедрения интегрального показателя энерго-экологической эффективности в стратегии транспортного планирования.*

Ключевые слова*: энерго-экологическая оценка; синтетическое дизельное топливо (GTL); биометан; эксергетическая эффективность; жизненный цикл (LCA); декарбонизация городского транспорта; выбросы CO_2.*

Abstract*. The article presents an integrated energy–environmental assessment of urban passenger and freight road transport systems under the transition to a low-carbon development model. The study is based on the analysis of energy and exergy efficiency of vehicles combined with greenhouse gas emission assessment using the Life Cycle Assessment (LCA, Well-to-Wheel) methodology. A comparative analysis of conventional diesel fuel, GTL, CNG, biomethane, and electric traction was conducted. The results show that GTL reduces CO_2 emissions by 15–20%, CNG by 25–30%, and biomethane by more than 70%, while transport electrification ensures the lowest overall emissions provided that low-carbon electricity generation is available. The renewal dynamics of Uzbekistan’s bus fleet (2020–2024) confirm a steady trend toward transport decarbonization. The necessity of introducing an integrated energy–environmental efficiency indicator in transport planning strategies is substantiated.*

Keywords*. energy–environmental assessment; synthetic diesel fuel (GTL); biomethane; exergy efficiency; life cycle assessment (LCA); urban transport decarbonization; CO_2 emissions.*

Введение В условиях глобальных климатических изменений и ускоренной урбанизации обеспечение устойчивого развития транспортного сектора приобретает стратегическое значение. Автомобильный транспорт является одним из крупнейших потребителей топливно-энергетических ресурсов и источников выбросов парниковых газов, формируя значительную долю углеродной нагрузки в городах. Рост уровня автомобилизации, расширение агломераций и интенсификация логистических потоков

усиливают энергетическое потребление и экологическое воздействие городских транспортных систем. В рамках реализации Целей устойчивого развития ООН особое внимание уделяется декарбонизации транспорта и повышению энергоэффективности перевозок. Однако практическая реализация данных целей требует учета национальных особенностей энергетического баланса, структуры подвижного состава и институциональных механизмов регулирования. Существующие методики оценки эффективности городского транспорта преимущественно ориентированы на экономические показатели, в то время как энергетические, эксергетические и экологические параметры учитываются фрагментарно. Недостаточная интеграция этих критериев затрудняет формирование обоснованных стратегий перехода к низкоуглеродной модели развития. В этих условиях особую актуальность приобретает разработка интегральной методики энерго-экологической оценки, объединяющей энергетический анализ, эксергетический подход и оценку выбросов парниковых газов по методологии жизненного цикла (LCA). Исследование возможностей применения синтетических моторных топлив (GTL, BTL, PtL), биометана и электротранспорта рассматривается как ключевое направление снижения углеродной интенсивности городских пассажирских и грузовых перевозок.

Цель и постановка задачи

Целью исследования является разработка и научное обоснование интегральной методики энерго-экологической оценки эффективности функционирования системы городских пассажирских и грузовых автомобильных перевозок с учетом применения альтернативных и синтетических моторных топлив в условиях перехода к низкоуглеродной модели развития. Объектом исследования является система городских пассажирских и грузовых автомобильных перевозок.Предметом исследования выступают энергетические, эксергетические и экологические показатели эффективности эксплуатации городских транспортных средств при использовании традиционных и низкоуглеродных видов топлива.

Для достижения поставленной цели предполагается решение следующих задач:

– анализ существующих методологических подходов к оценке эффективности городского автомобильного транспорта и выявление их ограничений с позиции устойчивого развития;

– разработка системы энергетических и эксергетических критериев оценки эффективности транспортных средств;

– проведение сравнительного анализа традиционных (дизельных) и альтернативных видов топлива (CNG, электротяга, FT, BTL, PtL);

– оценка потенциала снижения выбросов CO_2 и других загрязняющих веществ на основе методологии жизненного цикла (LCA);

– обоснование приоритетных направлений экологизации автобусного и грузового парка крупных городов Республики Узбекистан;

– формирование рекомендаций по интеграции энерго-экологических критериев в систему транспортного планирования.

Анализ литературных источников

Мировая практика демонстрирует, что большинство государств разрабатывают собственные концепции устойчивого развития транспорта с учетом национальных социально-экономических и инфраструктурных особенностей [9, 24]. Однако значительная часть существующих стратегий носит фрагментарный характер и ориентирована преимущественно на решение локальных задач без системной интеграции энергетических и экологических аспектов устойчивости [6, 23]. Одним из распространённых подходов является использование системы индикаторов устойчивого развития с установлением целевых пороговых значений [8]. В рамках данного подхода энергопотребление транспортного сектора рассматривается как ключевой индикатор устойчивости [13, 19]. Современные исследования подчёркивают необходимость интеграции энергетического и эксергетического анализа при оценке эффективности транспортных систем. Эксергетический подход позволяет учитывать необратимые потери энергии и повышает точность оценки реальной эффективности функционирования транспортных средств [12]. Отдельное

направление исследований связано с применением методологии жизненного цикла (LCA) для оценки выбросов CO_2 при использовании традиционных и синтетических моторных топлив.

Результаты экспериментальных исследований по применению синтетического дизельного топлива подтверждают возможность его эффективной эксплуатации при сохранении эксплуатационных характеристик транспортных средств [28]. Дополнительно теоретические исследования тепловых процессов и энергоэффективности автомобильных систем подтверждают необходимость комплексного подхода к оценке энергетической устойчивости транспорта [29]. В Республике Узбекистан вопросы устойчивого развития закреплены на нормативно-правовом уровне [1–5]. Однако существующие методики оценки городского транспорта преимущественно ориентированы на экономические показатели, в то время как энергетические и экологические критерии интегрированы недостаточно полно, что обусловливает необходимость разработки интегральной методики энерго-экологической оценки.

Оценка развития городской транспортной системы

Современный этап развития городской транспортной системы характеризуется ростом интенсивности пассажирских и грузовых перевозок, увеличением доли мелких коммерческих перевозок (категория N1) и усложнением логистических потоков. Данный сегмент отличается высокой плотностью движения, фрагментарностью маршрутов и значительным энергетическим и экологическим воздействием, что требует внедрения научно обоснованных методов энерго-экологической оценки. Индексы развития транспортного комплекса тесно взаимосвязаны с системой городского транспортного планирования и включают нормативно-правовое обеспечение, развитие улично-дорожной сети, организацию дорожного движения, развитие общественного транспорта, экологизацию грузовых перевозок и совершенствование тарифной политики. Однако в условиях перехода к низкоуглеродной экономике ключевым фактором становится энергетическая и экологическая эффективность функционирования транспортной системы. В мировой практике оценка уровня развития транспортных систем осуществляется на основе интегральных показателей, включающих три укрупнённых блока: качество транспортных услуг; доступность транспортных услуг; безопасность дорожного движения и экологическое воздействие транспорта. С позиции энерго-экологического анализа третий блок требует расширения за счёт включения следующих показателей:

– удельное энергопотребление на единицу транспортной работы;
– эксергетическая эффективность транспортных средств;
– уровень выбросов CO_2, NOx и твердых частиц (PM);
– доля использования альтернативных и синтетических моторных топлив (FT, BTL, PtL);
– доля электрического и гибридного транспорта в общей структуре парка;
– интегральный показатель декарбонизации транспортной системы.

Анализ существующих методик оценки показывает, что большинство из них ориентированы преимущественно на экономические показатели, в то время как энергетические, эксергетические и экологические параметры учитываются фрагментарно. В связи с этим предлагается формирование двух групп дополнительных критериев:

1. Критерии, связанные с энергетической и экологической модернизацией подвижного состава, включая уровень внедрения низкоуглеродных и синтетических топлив.
2. Интегральные показатели оценки эффективности городской транспортной системы, включающие:

– долю использования возобновляемых источников энергии;
– снижение углеродной интенсивности перевозок;
– эксергетическую эффективность транспортных процессов;
– уровень профессиональной подготовки персонала в области энергоэффективных технологий.

Введение указанных критериев позволит обеспечить комплексную энерго-

экологическую оценку развития городской транспортной системы и будет способствовать внедрению инновационных технологий, направленных на повышение энергоэффективности, декарбонизацию перевозок и рациональное природопользование.

МЕТОДОЛОГИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Оценка энерго-экологической эффективности функционирования городской транспортной системы выполнена на основе интеграции энергетического, эксергетического и углеродного анализа. Методологической основой исследования является концепция полного жизненного цикла топлива (Life Cycle Assessment, Well-to-Wheel), позволяющая учитывать выбросы парниковых газов на всех этапах добычи, переработки, транспортировки и использования топлива.

1. Оценка углеродной интенсивности перевозок

Углеродная интенсивность (CI) определялась по формуле:

$CI = CO_2 / L$

где CI — углеродная интенсивность перевозок (г/км); CO_2 — совокупные выбросы парниковых газов по методологии Well-to-Wheel; L — пробег транспортного средства.

2. Энергетическая эффективность транспортных средств

Энергетическая эффективность рассчитывалась по формуле:

$\eta = E_{полезн} / E_{вход}$

где $E_{полезн}$ — полезная энергия движения; $E_{вход}$ — суммарная энергия топлива.

3. Эксергетическая эффективность

Эксергетическая эффективность определялась следующим выражением:

$\psi = Ex_{полезн} / Ex_{вход}$

Эксергетический анализ позволяет учитывать необратимые потери энергии в процессах преобразования топлива и обеспечивает более точную оценку реальной эффективности транспортных процессов.

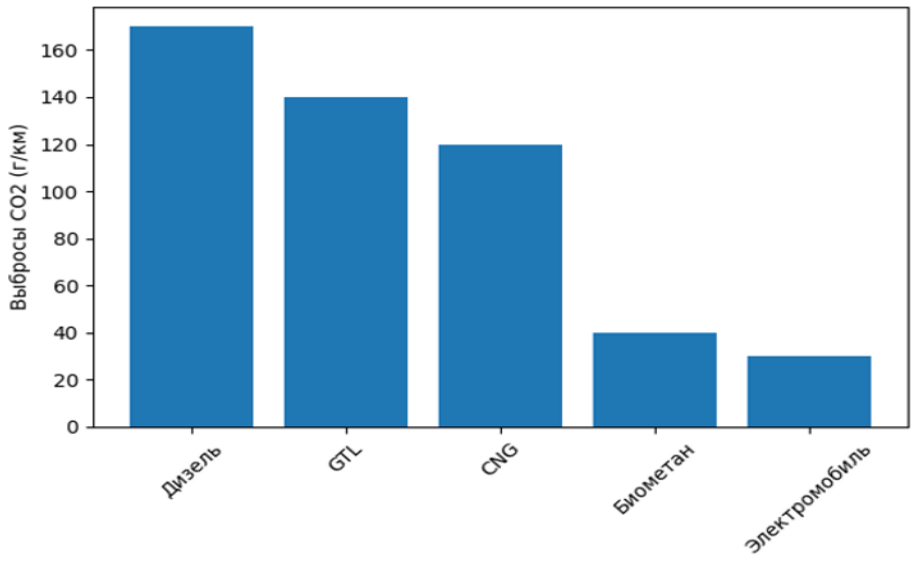
4. Интегральный показатель энерго-экологической эффективности

Для комплексной оценки предложен интегральный показатель:

$I_{EE} = \alpha \cdot \eta + \beta \cdot \psi + \gamma \cdot (1 - CI_{norm})$

где α, β, γ — весовые коэффициенты, определяющие значимость энергетических, эксергетических и углеродных параметров; CI_{norm} — нормированное значение углеродной интенсивности.

На основе предложенной методики выполнен расчёт углеродной интенсивности различных видов топлива с учетом полного жизненного цикла (Well-to-Wheel). Полученные сравнительные результаты представлены на рисунке 1.



1. Сравнительный анализ выбросов CO2.

Рис. 1. Сравнение выбросов CO2 при использовании различных видов топлива.

Применение GTL снижает выбросы CO2 на 15–20 %, CNG — на 25–30 %, биометан — более чем на 70 %, электротранспорт демонстрирует минимальные выбросы.

2. Динамика автобусного парка Республики Узбекистан (2020–2024 гг.)

Год	Всего	СПГ (%)	Дизель (%)	Электро (%)
2020	1028	21.1	78.9	0
2021	1168	18.6	81.4	0
2022	1237	11.7	86.7	1.6
2023	1971	51.8	31.8	16.4
2024	1891	55.3	27.5	17.2

Анализ показывает устойчивую тенденцию экологизации транспорта: доля СПГ выросла до 55,3 %, доля дизеля снизилась до 27,5 %, электротранспорт достиг 17,2 %.

Заключение

В результате проведённого исследования установлено, что обеспечение устойчивости городской транспортной системы невозможно без интеграции энергетических, эксергетических и экологических критериев в единую систему оценки. Разработанная интегральная методика энерго-экологической оценки позволяет количественно определить углеродную интенсивность перевозок и сопоставить эффективность традиционных и низкоуглеродных видов топлива. Установлено, что применение синтетического дизельного топлива (GTL) обеспечивает снижение выбросов CO_2 на 15–20 %, CNG — на 25–30 %, биометана — более чем на 70 %, тогда как электротранспорт демонстрирует минимальные совокупные выбросы при условии развития низкоуглеродной генерации электроэнергии. Анализ динамики обновления автобусного парка Республики Узбекистан за 2020–2024 гг. подтвердил устойчивую тенденцию экологизации транспорта, выражающуюся в росте доли СПГ (до 55,3 %) и электрического транспорта (до 17,2 %) при одновременном сокращении использования дизельного топлива. В долгосрочной перспективе электрификация городского транспорта является наиболее рациональным направлением декарбонизации. В переходный период приоритетными решениями выступают внедрение GTL и биометана, позволяющие существенно снизить углеродную интенсивность перевозок без радикальной модернизации существующей инфраструктуры. Полученные результаты могут быть использованы при формировании национальных программ декарбонизации транспорта и совершенствовании стратегий транспортного планирования.

Список литературы

[1]. Концепция Стратегии развития Республики Узбекистан до 2025 г. – Ташкент: Буюк келажак, 2019. – 483 с.

[2]. Указ Президента Республики Узбекистан от 30.10.2019 № УП-5863 «Об утверждении Концепции охраны окружающей среды Республики Узбекистан до 2030 года».

[3]. Постановление Президента Республики Узбекистан от 04.10.2019 № ПП-4477 «Об утверждении Стратегии по переходу Республики Узбекистан на “зеленую” экономику на период 2019–2030 годов».

[4]. Постановление Президента Республики Узбекистан от 02.02.2022 № ПП-111 «О дополнительных мерах по дальнейшему развитию системы общественного транспорта города Ташкента».

[5]. Постановление Кабинета Министров Республики Узбекистан от 19.12.2024 № 855 «Об утверждении методики оценки качества службы пассажирских перевозок на автотранспорт».

[6]. Доронина О.Д., Кузнецова О.Л., Рахманин Ю.А. Стратегия ООН для устойчивого развития в условиях глобализации. – М.: РАЕН, 2005. – 248 с.

[7]. Эргашев А.Э. Основы устойчивого развития и природопользования. – Ташкент: Baktriapress, 2016. – 300 с.

[8]. ГОСТ Р ИСО 37120–2015. Устойчивое развитие сообщества. Показатели городских услуг и качества жизни.

[9]. Vuchic V.R. Transportation for Liveable Cities: Problems, Obstacles and Successful Solutions. – London: Routledge, 2017. – 378 p.

[10]. Трофименко Ю.В., Якимов М.Р. Транспортное планирование: формирование эффективных систем крупных городов. – М.: Логос, 2013. – 464 с.
[11]. Anderson S., Parry I., Sallee S.M., Fisher C. Automobile Fuel Economy Standards: Impact, Efficiency and Alternatives. – Washington: Resources for the Future, 2010. – 32 p.
[12]. Mashadi B., Crolla D. Vehicle Powertrain Systems. – London: Wiley, 2012. – 26 p.
[13]. Davis S.C., Boundy R.G. Transportation Energy Data Book. – 37th ed. – 2019. – 410 p.
[14]. Feng Y., Chen T., Xie H. Effects of injection timing of DME on micro flame ignition combustion in a gasoline engine // Internal Combustion Engines and Powertrain Systems for Future Transport. – 2019.
[15]. Durbin T.D., Collins S.R., Norbeck S.M., Smith M.R. Effects of biodiesel, biodiesel blends and synthetic diesel on emissions from light heavy-duty diesel vehicles // Environmental Science & Technology. – 2000. – Vol. 34, No. 3. – P. 349–355.
[16]. Fahimnia B., Bell M.G.H., Hensher D.A. Green Logistics and Transportation. – Springer, 2015. – 197 p.
[17]. McKinnon A., Cullinane S., Browne M., Whiteing A. Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics. – London: Kogan Page, 2015. – 385 p.
[18]. Akyelken N. Green Logistics: Improving the Environmental Sustainability of Logistics // Transport Reviews. – 2011. – Vol. 31, No. 4. – P. 547–548.
[19]. Ryan L. Sustainable Automobile Transport: Shaping Climate Change Policy. – IIASA, 2007. – 320 p.
[20]. Мэнгэн Дж., Лалвани Ч. Глобальная логистика и управление цепочками поставок. – Wiley, 2016. – 335 с.

MATHEMATICAL MODELING OF THE DYNAMIC MOVEMENT OF COTTON FLOW IN SPRING-LOADED PILE DRUMS

M.R. Mominov[1] , M.M. Homidjonov[2]

[1]*Fiber Crops Research Institute*
[2]*Fergana State Technical University*
mamurjon.homidjonov@fstu.uz
(Received on February 10 th, 2026)

Abstract: *The article mathematically models the dynamic effect of spring-loaded drum spools used in cotton gins on the cotton flow. The radial vibrational motion resulting from the interaction of a cotton boll with a spring-loaded drum spool is expressed based on differential equations. Homogeneous and particular solutions of the equations of motion are determined, and the effect of system parameters on the cotton flow motion is analyzed. The results obtained are explained by the fact that they allow for stable cotton flow transfer, reduced mechanical damage, and increased efficiency of the cleaning process.*

Keywords: *cotton flow, drum with pegs, spring, mathematical model, differential equation, dynamic motion.*

Annotatsiya: *Maqolada paxta tozalash mashinalarida qo‘llaniladigan prujina bilan mahkamlangan qoziqchali barabanlarning paxta oqimiga dinamik ta’siri matematik modellashtirilgan. Paxta bo‘lakchasining prujinali qoziqcha bilan o‘zaro ta’siri natijasida yuzaga keluvchi radial tebranish harakati differensial tenglamalar asosida ifodalangan. Harakat tenglamalarining bir jinsli va xususiy yechimlari aniqlanib, tizim parametrlarining paxta oqimi harakatiga ta’siri tahlil qilingan. Olingan natijalar paxta oqimini barqaror uzatish, mexanik shikastlanishni kamaytirish va tozalash jarayonining samaradorligini oshirish imkonini berishi bilan izohlanadi.*

Kalit so‘zlar: *paxta oqimi, qoziqchali baraban, prujina, matematik model, differensial tenglama, dinamik harakat.*

Аннотация: *В статье математически моделируется динамическое воздействие подпружиненных барабанных катушек, используемых в хлопкоочистительных машинах, на поток хлопка. Радиальное колебательное движение, возникающее в результате взаимодействия хлопкового коробочка с подпружиненной барабанной катушкой, выражается на основе дифференциальных уравнений. Определены однородные и частные решения уравнений движения, а также проанализировано влияние параметров системы на движение потока хлопка. Полученные результаты объясняются тем, что они обеспечивают стабильную передачу потока хлопка, снижение механических повреждений и повышение эффективности процесса очистки.*

Ключевые слова: *поток хлопка, барабан с штифтами, пружина, математическая модель, дифференциальное уравнение, динамическое движение.*

ENTRANCE

In the primary processing of cotton raw materials, the cleaning operation is one of the most important stages that determine the quality of the product. The efficiency of the cleaning process directly affects not only the amount of impurities removed, but also the ability of cotton fiber and seeds to be transported to subsequent technological stages without damage. Therefore, cleaning efficiency and reducing mechanical impact on the fiber are considered two main criteria in improving modern cotton ginning machines.

Although the widely used drum with piles is effective in separating impurities by moving and shaking the cotton stream, there are a number of technological shortcomings in their operation. In particular, the quality of cleaning can be reduced due to the clogging of the cotton stream between the piles, mechanical damage to the fibers due to the impact (hard) impact of the piles on the cotton piece, and the instability of the transfer process between the drums. In such conditions, taking into account the elastic properties of the system elements, “smoothing” the impact on the cotton stream and stabilizing the transfer appear as an urgent scientific and technical problem.

One way to solve this problem is to fix the pegs to the drum with a spring. The theoretical essence of the idea of \u200b\u200bspring fastening is that instead of a rigid kinematic connection (rigid impact) in the interaction between the peg and the cotton ball, an elastic-dynamic connection occurs. That is, the cotton flow is transmitted not by a single impact under the influence of the pegs, but by creating an oscillatory (vibrating) motion. In this case, the spring deformation “absorbs” and “returns” energy in a short time, as a result of which the trajectory and acceleration of the cotton ball are free from sharp jumps, and the dynamic regime of the system is stabilized. Also, the elasticity of the spring can optimize the “compression-relaxation” states of the cotton flow between the pegs, reducing the likelihood of jamming.

The effect of a spring-loaded drum on the cotton flow can be interpreted from a mechanical point of view as a dynamic system of the mass-spring type. The cotton ball is an inertial element with a certain mass, and the spring is an elastic element, and the ratio between centrifugal forces and elastic forces during the rotation of the drum determines the radial displacement of the cotton ball. The following main factors are important for a correct assessment of the dynamic state in such systems:

- Inertia factor (m): As the mass of the cotton ball increases, the “response” behavior of the system changes; the amplitude of the oscillations and the time-dependent transients can be distinguished.
- Elasticity factor (k): The stiffness of a spring is the main parameter that determines the natural frequency of a dynamic system, the amplitude of vibration, and the conditions under which a piece of cotton will separate from the pile.
- Rotation factor (ω): As the drum angular velocity increases, the proportion of centrifugal forces increases; this can increase the radial displacement of the cotton sliver or accelerate separation under certain conditions.
- Geometric factor (R and pile position): The pile radius and the initial position of the cotton ball form the initial conditions of the dynamic equations, which are important in determining the realistic process trajectory.

In this context, mathematical modeling for spring-loaded drum assemblies serves two main purposes:

1. create a theoretical basis for the system by formulating dynamic equations of motion for cotton flow;
2. to provide a scientific basis for choosing rational values of spring stiffness and drum angular velocity.

Research objective

To express the dynamic motion of a cotton stream in the radial direction under the influence of a spring-loaded drum with a peg based on a mathematical model, obtain analytical solutions, and determine the laws of influence of the main parameters (k, ω, etc.) on the motion of the cotton stream.

Research tasks

- mechanically justify the main forces acting on a piece of cotton (elasticity and centrifugal forces);
- Formulate a differential equation of motion based on Newton's laws;
- determine homogeneous and particular solutions and find integral constants through initial conditions;
- analysis of the displacement trajectories of the cotton flow at different values of spring stiffness and drum angular velocity;
- Drawing scientific conclusions on the factors affecting process stability, reduction of mechanical damage, and transmission quality based on the theoretical results obtained.

Object and subject of research

- Object: The process of screening and transferring a stream of cotton using drums with pegs.
- Subject: Dynamic (oscillating) motion of a piece of cotton in the radial direction under the influence of spring-loaded pegs and the mathematical relationships that describe it.

Scientific novelty and practical significance

The scientific aspect of the work is explained by the expression of the dynamic behavior of cotton flow in spring-loaded drums using differential equations and the theoretical assessment of the influence of system parameters. In practical terms, the obtained relationships are useful in choosing drum designs and operating modes, and in substantiating engineering solutions aimed at increasing the stability of cotton flow transmission and reducing mechanical stress on the fiber.

Research methods

The research uses classical theoretical mechanics and solutions of differential equations, as well as parametric analysis and graphical modeling approaches (computational and trajectory analysis).

LITERATURE ANALYSIS

The working process of the drum with pegs used in cotton ginning machines and their impact on the cotton flow have been considered in many scientific studies. In these studies, the processes of picking, conveying and separating impurities from the cotton flow using the working bodies with pegs were analyzed mainly from a mechanical and technological point of view. It was noted that as a result of the hard (inelastic) mechanical impact on the cotton flow in traditional drum with pegs, the cleaning efficiency increased, as well as the degree of fiber damage.

In classical sources in theoretical mechanics, vibrating systems involving elastic elements are analyzed based on the mass-spring model. In such systems, the equations of motion are expressed in the form of differential equations, and the balance between elastic and inertial forces plays a key role. Although this approach has been widely used in the analysis of some components of production machines, it has been applied to a limited extent for the pile drums of cotton ginning machines.

In some studies, the rotation speed of the pick drums, the length of the pick, and the location of the pick were considered as the main factors affecting the movement of the cotton stream. However, these studies did not sufficiently explain the dynamic processes that occur as a result of the elastic fastening of the pick, i.e., its attachment to the drum by a spring. Also, most studies analyzed the movement of the cotton stream within the framework of a kinematic or simplified static model, and the real vibration processes were not fully explained theoretically.

Studies on improving the efficiency of impurity separation in the cotton ginning process have focused mainly on technological parameters, namely cleaning efficiency and productivity. In this case, the dynamic interaction between the working bodies and the cotton flow is considered a secondary factor. However, the dynamic behavior of the cotton flow is one of the important factors determining the mechanism of impurity separation.

Therefore, an analysis of the existing literature shows that the issue of mathematical modeling of the dynamic movement of cotton flow in spring-loaded drums has not been sufficiently studied, and research in this area is scientifically and practically relevant.

RESEARCH METHODOLOGY

In this study, theoretical-analytical methods were used to study the dynamic behavior of cotton flow in spring-loaded drums with pegs. The research methodology is based on classical theoretical mechanics and the theory of differential equations.

In the study, the cotton flow was considered as a set of individual cotton pieces, and their motion was represented by a simplified mechanical model. The cotton piece was taken as an inertial element (mass), and the spring was taken as an elastic element, and the interaction with the pile was modeled as a mass-spring type dynamic system. Centrifugal forces arising from the rotation of the drum were taken into account as one of the main external forces acting on the cotton piece.

The main stages of the research methodology are as follows:

- determine the forces acting on a piece of cotton (elastic force and centrifugal force);
- Construct a differential equation for the motion of a piece of cotton in the radial direction based on Newton's second law;
- Simplify the constructed differential equation and divide it into homogeneous and inhomogeneous parts;
- find analytical solutions to the equation of motion and determine integral constants through initial conditions;
- to analyze the effect of system parameters (spring stiffness and drum angular velocity) on cotton flow behavior.

Based on the obtained analytical expressions, a graphical analysis method was used to study the trajectories of the cotton flow movement over time. The calculation results were compared at different values of the parameters and the oscillatory nature of the cotton flow was assessed. This approach made it possible to determine the stability conditions of the process and select rational values of the design and technological parameters.

The chosen methodology provides sufficient accuracy to theoretically substantiate the dynamic behavior of spring-loaded drum drums used in cotton gins and determine their effective operating conditions.

RESULTS

1. Results of dynamic behavior of cotton flow in spring-loaded pile drums

The movement of a cotton stream under the influence of a spring-loaded drum with a peg is determined by the balance between elastic force and centrifugal force. Elastic force

$$F_k = kx$$

and centrifugal force

$$F_m = m\omega^2(R + x)$$

The radial motion of a piece of cotton under the influence of Newton's second law

$$m\ddot{x} = m\omega^2(R + x) - kx$$

This equation is simplified to

$$\ddot{x} + \left(\frac{k}{m} - \omega^2\right) x = \omega^2 R$$

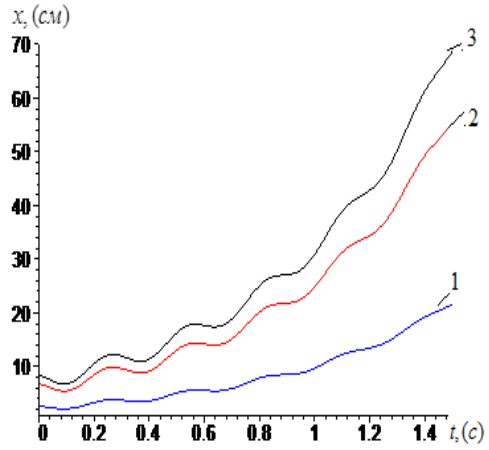
a second-order inhomogeneous differential equation is formed. Analytical solution of the equation

$$x(t) = C_1 \cos(\lambda t) + C_2 \sin(\lambda t) + \frac{\omega^2 R}{\lambda^2}$$

determined in the form of, taking into account the initial conditions

$$x(t) = \frac{\omega^2 R}{\lambda^2} (1 - \cos(\lambda t))$$

This result indicates that the cotton flow is transmitted from the piles through elastic vibrational rather than impacting motion. As a result, mechanical damage is reduced and the transmission process is stabilized.



1-Fig. The behavior of a cotton stream under the influence of spring-loaded pegs for different spring elastic coefficients. $k_1 = 5418\,H/мм$. $k_2 = 10617\,H/мм$ $k_3 = 19178\,H/мм$ time-dependent graph of values

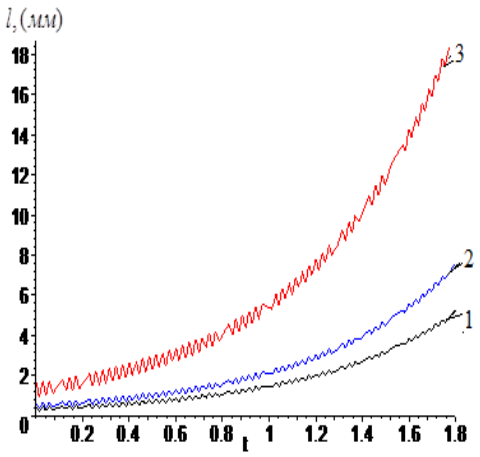


Figure 2. The behavior of a cotton stream on the surface of piles fastened by a spring at different elastic coefficients of the spring. $k_1 = 5418\,H/мм$. $k_2 = 10617\,H/мм$ $k_3 = 19178\,H/мм$ time-dependent graph of values.

Results of two-stage cotton flow behavior on spring-loaded piles and mesh surface

Elastic, centrifugal, and friction forces are taken into account for the movement of the cotton stream between the piles and the mesh. In this case, the equation of motion is

$$m\ddot{x} + c\dot{x} + kx = m\omega^2(R + x)$$

written and simplified as04.05.2026

$$\ddot{x} + \frac{c}{m}\dot{x} + \left(\frac{k}{m} - \omega^2\right)x = \omega^2 R$$

The graphs constructed based on these equations (Figures 5–7) showed that the amplitude of the oscillation of the cotton stream depends on the elastic coefficient of the spring.

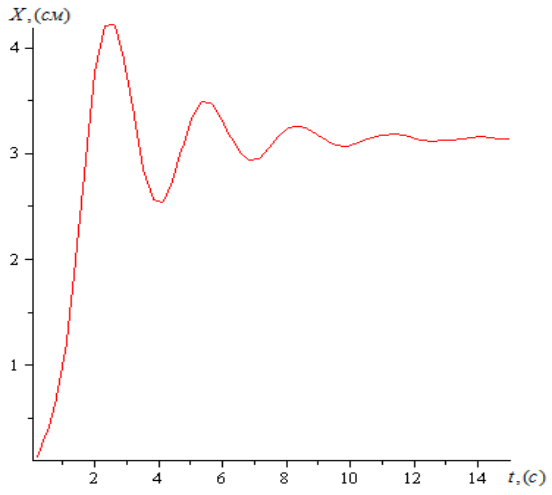


Figure 3. The behavior of a cotton stream under the influence of spring-loaded pegs is determined by the elastic coefficient of the spring. $k_1 = 5418\,H/мм$ time-dependent graph of value

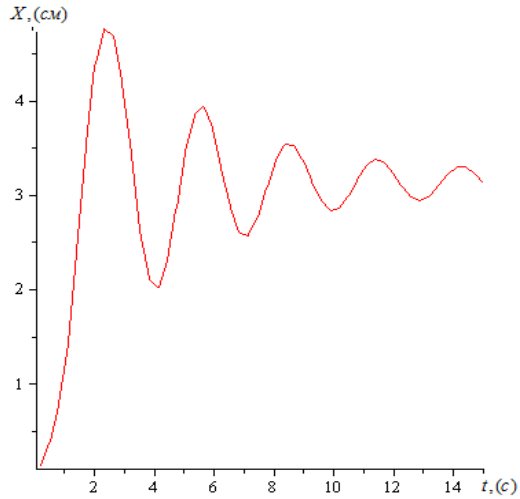


Figure 4. The behavior of a cotton stream under the influence of spring-loaded pegs is determined by the elastic coefficient of the spring. $k_3 = 19178\,H/мм$ time-dependent graph of value

The movement of the cotton stream along the mesh along the UM axis is

$$m\ddot{y} + c\dot{y} + ky = 0$$

is described by the equation. Its analytical solution is

$$y(t) = e^{-\beta t}\left(C_1 \cos \omega t + C_2 \sin \omega t\right)$$

This result shows that the cotton stream moves in a damped oscillatory motion on the surface of the screen. As a result, the cotton stream becomes less clogged between the piles and the transfer process becomes less continuous.

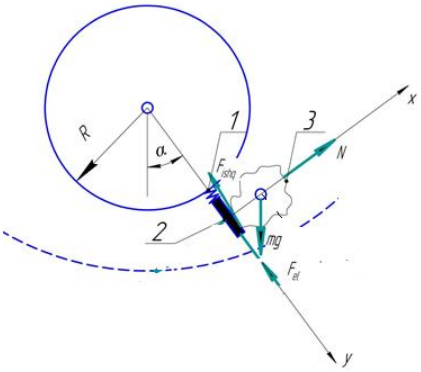
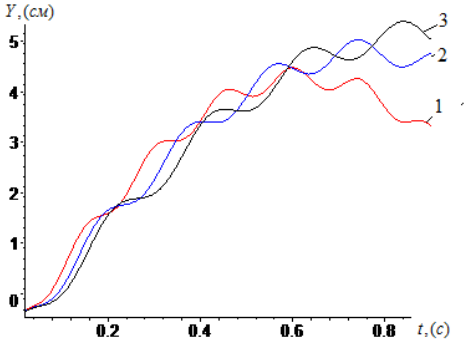


Diagram of external forces acting on the cotton flow due to the improved spring-loaded pegs.



The motion of a cotton stream along the OY axis under the action of pegs fixed by a spring is controlled by varying the elastic coefficient of the spring. $k_1 = 5418\,H/мм$; $k_2 = 10617\,H/мм$; $k_3 = 19178\,H/мм$ depends on time in its values.

Results of the efficiency of separation of impurities under the influence of spring-loaded piles

The decrease in mass of a cotton ball over time during the cleaning process

$$\frac{dm}{dt} = -\alpha m$$

is expressed by the equation. The solution to this equation is

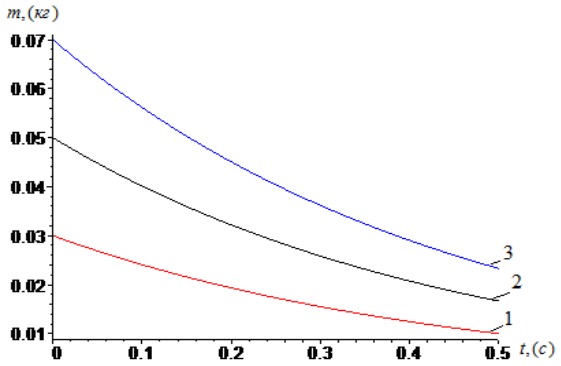
$$m(t) = m_0 e^{-\alpha t}$$

The change in the mass of impurities in cotton is

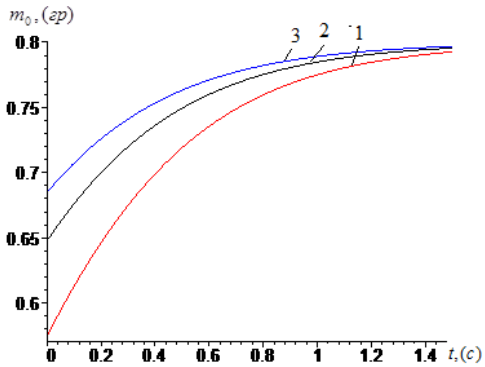
$$\frac{dm_i}{dt} = \beta m - \gamma m_i$$

described by a differential equation and, as a result of integration,

$$m_i(t) = m_{i0} e^{-\gamma t} + \frac{\beta m_0}{\gamma - \alpha}\left(e^{-\alpha t} - e^{-\gamma t}\right)$$



The change in mass of the cotton ball at different values of the shrinkage coefficient of the cotton ball $k_{1I} = 0{,}08$ $k_{1II} = 0{,}1$ $k_{1III} = 0{,}12$ graphs of change over time.



The change in mass of the cotton ball at different values of the shrinkage coefficient of the cotton ball $k_{1I} = 0{,}08$ $k_{1II} = 0{,}1$ $k_{1III} = 0{,}12$ graphs of change over time.

These results confirm that the separation of impurities from the cotton pad is intensified and the cleaning efficiency is high under the influence of spring-loaded pegs.

CONCLUSION

As a result of theoretical studies, the dynamic behavior of cotton flow in drums with spring-loaded pegs was mathematically substantiated and its impact on the technological process was comprehensively evaluated. It was shown that the interaction of a cotton piece with a spring-loaded peg creates an elastic oscillatory motion, which provides a significant reduction in mechanical shock effects compared to traditional rigid pegs.

The results obtained on the first topic showed that the elastic coefficient of the spring and the angular velocity of the drum are the main factors determining the amplitude of the displacement of the cotton stream in the radial direction and the vibration frequency. At rational values of these parameters, the cotton stream is elastically and stably transmitted from drum to drum, which reduces the possibility of fiber damage and increases the reliability of the technological process.

In the second topic, the two-stage motion of the cotton stream on the surface of spring-loaded pegs and a mesh screen was theoretically analyzed. The results confirmed that the oscillatory motion of the cotton stream reduces the occurrence of jams between the pegs and ensures the continuity of the conveying process along the mesh screen. In particular, the balance between elasticity and friction forces ensures the smooth movement of the cotton stream and increases the stability of the conveying.

The third topic, based on the analysis of mass changes, showed that the separation of impurities from cotton pieces is intensified under the influence of spring-loaded piles. The relationship between the decrease in the mass of the cotton piece and the change in the mass of impurities over time quantitatively confirmed the high cleaning efficiency. This indicates that the transmission of the cotton stream in an oscillatory motion creates favorable conditions for the effective separation of impurities.

In general, the use of spring-loaded peg drums allows optimizing the dynamic movement of the cotton stream, reducing mechanical damage, and increasing cleaning efficiency. The obtained scientific results can serve as a theoretical basis for selecting the structural and technological parameters of cotton ginning machines, as well as for designing new generation cotton ginning equipment.

References

[1]. Homidjonov, M. (2025). Efficiency of pile drums in cleaning cotton from fine impurities. Research and Implementation, 3(9), 55–61. extracted fromhttps://rai-journal.uz/index.php/rai/article/view/1555

[2]. Khomidjonov, M. (2025). Automation of production processes: automation and robotization systems. Research and Implementation, 3(6), 354–361. izvlecheno nounhttps://rai-journal.uz/index.php/rai/article/view/1488

[3]. Homidjonov, M. (2025). Technological processes for separating fine impurities in cotton ginning plants. Bulletin of Contemporary Researches: Technical Sciences, 1(1), 15-18. https://bulconre.com/index.php/tech/article/view/19

УДК 621.787:621.9.048.6

ТЕБРАНУВЧИ ИНДЕНТОР ЁРДАМИДА ДЕТАЛЛАР СИРТҚИ ҚАТЛАМИНИНГ ДЕФОРМАЦИОН МУСТАҲКАМЛАНИШИ

М.Р. Мўминов[1], Б.М. Касимов[2], И.Г. Шин[3]

[1]Толали экинлар илмий-тадқиқот институти
[1]mansurbekm@mail.ru
[2]Андижон давлат техника институти
[2]kasimovbaxtiyor.1991@gmail.com
[3]Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти
[3]i.g.shin04@gmail.com

(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Приведены результаты исследования глубины деформационного упрочнения (наклепа) при ударном нагружении колеблющегося индентора, не связанного жестко с концентратором.

Ключевые слова: *деформационное упрочнение, глубина упрочнения, индентор, удар, энергия и ударная прочность, ультразвуковые колебания, предел текучести, интенсивность напряжений.*

Консентратор билан қаттиқ боғланмаган тебранувчи инденторнинг зарбавий юкланиши натижасида ҳосил бўлган деформацион мустаҳкамланиш (наглёп) чуқурлигини тадқиқ этиш натижалари келтирилган

Калит сўзлар: *деформацион мустахкамлаш, мустахкамлик чуқурлиги, индентор, зарб, энергия ва зарб кучи, ултратовуш тебранишлари, оқувчанлик чегараси, кучланишлар интенсивлиги.*

The results of a study of the depth of strain hardening (work hardening) under impact loading of an oscillating indenter not rigidly connected to a concentrator are presented.

Key words: *deformation strengthening, depth of strengthening, indenter, impact, energy and impact strength, ultrasonic vibrations, yield strength, stress intensity.*

Деталлар сиртқи қатламини тебранувчи индентор билан деформацион мустаҳкамлаш зарб кучи билан мустаҳкамлаш орқали детал сиртини тозалаб ишлов бериш ва машинасозликнинг юқори юкланишли деталларини узоқ муддатга чидамлилиги ҳамда эксплуатацион ишончлилигини оширишнинг самарали усулларидан бири ҳисобланади.

Пластик деформация натижасида ишланманинг сиртқи қатламида қулай сиқувчи қолдиқ кучланишлар шаклланади, мустаҳкамланиш (наглёп) даражаси ва чуқурлиги ортади, ишлов берилган юзанинг микропрофили яхшиланади ва ғадир-будирлиги камаяди. Сиртқи қатлам сифатининг ушбу кўрсаткичлари деформацияловчи асбоб – инденторнинг режим ва конструктив параметрлари, шунингдек, ишлов берилаётган материалнинг физик-механик кўрсаткичлари билан белгиланади ҳамда конструксиянинг энг муҳим элементлари, айниқса, ўзгарувчан юкланишлар шароитида ишловчи буюмларнинг толиқишга чидамлилиги ва юк кўтариш қобилиятига сезиларли даражада таъсир кўрсатади.

Юқори мустаҳкамликка эга бўлган пўлат ва қотишмалардан тайёрланган деталлар юзасига механик ишлов бериш сифатида қўлланиладиган *юза пластик деформациялаш* (ЮПД) усулларининг саноатга жорий этилиши ва кенг қўлланилиши, уларга якуний ишлов беришнинг бошқа усуллари билан муваффақиятли рақобатлашувчи юқори ишончли технологик жараён эканлигини исботламоқда. Маҳсулот юза қатламининг талаб этилган сифат кўрсаткичларини таъминлаш бўйича вазифанинг бажарилиш эҳтимоли билан баҳоланувчи технологик жараён ишончлилиги, техник-иқтисодий кўрсаткичлар (таннарх, ускуналарнинг юкланиш коэффициенти ва бошқалар) билан биргаликда, тўлиқ ишлаб чиқаришда ва жорий этиш учун қабул қилинадиган вариантни танлашнинг асосий мезонини ташкил этади.

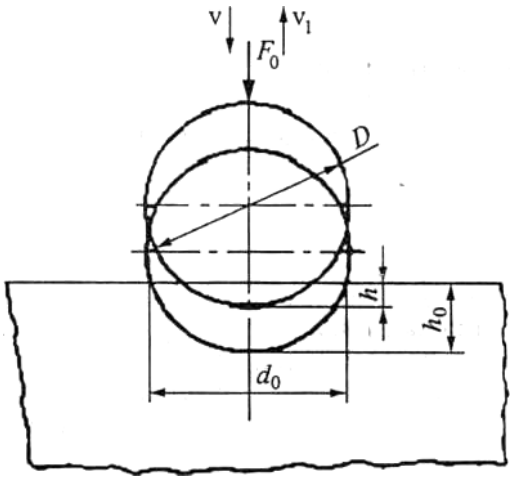
Анъанавий ва кенг тарқалган ЮПД (микрошарчалар таъсири орқали тоблаш, шарик ва ролик ёрдамида босим остида ишлов бериш, вибрация остида ишлов бериш) усуллари билан бир қаторда, юзага ишлов беришнинг юқори энергияли турларига бўлган қизиқиш ҳам сезиларли даражада ортди. Ультратовуш тебранишлари ёрдамида юзани мустаҳкамлаш сўнгиси тегишли ҳисобланади [1].

Ультратовуш ёрдамида деформацион мустаҳкамлаш усули махсус ультратовуш қурилмаси ишчи камерасининг ультратовуш частотасида (f = 16 кГц ва ундан юқори) тебранувчи деворлари орқали ҳаракатга келтирилувчи кўплаб пўлат шарчалар ёрдамида амалга оширилади [2].

Ишлов берилаётган буюмга ультратовуш энергиясини узатиш сфера шаклидаги индентор (қаттиқ қотишмадан ёки қаттиқлиги 64 HRC бўлган ШХ15 пўлатидан тайёрланган шарча) кўринишидаги ягона деформацияловчи ишчи жисм орқали икки усулда амалга оширилиши мумкин. Биринчи усулда – шарча концентратор (нурлатгич)нинг уч қисми билан қаттиқ боғланган бўлади. Бунда акустик контакт бутун акустик тизимни (генератор, магнитострикцион ўзгартиргич ва бошқалар) намунага муайян куч билан қисиш натижасида ҳосил қилинади. Иккинчи усул эса шарикнинг нурлатгич учига эркин бириктирилганлиги ҳамда намуна ва нурлатгичнинг ўзи билан қаттиқ боғланмаганлиги билан фарқланади.

Мустаҳкамланаётган юза билан эркин шарчаларнинг ўзаро таъсирига асосланган худди шундай схема бўйича деталларга механик тебранишли зарбавий ишлов бериш жараёни ҳам амалга оширилади [3]. Бу жараён механик тебранишли қурилма камерасида 50 Гц частотада мустаҳкамлаш пўлат шарчалар ёрдамида бажарилади. Механик тебранишли зарбавий мустаҳкамлаш жараёнининг самарадорлиги, ультратовуш ёрдамида деформацион мустаҳкамлаш билан бир қаторда, технологик жараённи лойиҳалаш босқичида қўлланиладиган юза қатламининг асосий сифат кўрсаткичларини аналитик аниқлашнинг илмий асосланган усулларини излашни рағбатлантиради. Мустаҳкамланган юза қатламининг ҳолати бўйича ҳисобий маълумотлар узоқ давом этувчи ва қимматга тушувчи тажрибавий тадқиқотлар ўтказмасдан туриб, машина деталларининг толиқишга чидамлилиги ва узоқ умр кўришини башоратлаш учун асос бўлиб хизмат қилади.

Мазкур ишда концентраторга қаттиқ боғланмаган тебранувчи шарча билан зарбавий юкланиш таъсири остида буюмнинг юза қатламида деформацион мустаҳкамланиш чуқурлигини аналитик таҳлил қилиш амалга оширилган бўлиб, мазкур жараён ультратовушли ва механик тебранишли зарба билан мустаҳкамлаш технологияларида қўлланиладиган ишлов бериш схемаларига мос келади.



Юза қатлами мустаҳкамланадиган деталга тебраётган сферик инденторнинг зарбавий контакт таъсири схемаси.

Шариклар орқали ультратовушли мустаҳкамлаш усули юқори қувватли ультратовуш тебранишларидан фойдаланишга асосланган. Ушбу тебранишлар таъсирида шариклар катта тезликка эга бўлади ва детал юзасига урилиши натижасида сиқувчи кучланишлар ҳосил қилади, уларнинг интенсивлиги ишлов берилаётган материалнинг оқиш чегарасидан юқори бўлади ($\sigma_i > \sigma_t$). Мазкур шарт бажарилиши пластик деформацияни ва унинг ортидан юза қатламининг деформацион мустаҳкамланишини келтириб чиқаради, бу эса h чуқурлик ва деформацион мустаҳкамланиш даражаси U билан тавсифланади.

Концентратор томонидан шарикка узатиладиган тебраниш тезлигининг максимал қиймати қуйидагини ташкил этади

$$v = 2\pi fA, \quad (1)$$

Бу ерда *f* - магнитострикцион ўзгартиргичнинг частотаси, Гц;

A – шарикнинг ёки концентраторнинг эркин учининг тебраниш амплитудаси.

Ишлов берилаётган муҳитда шарик ҳаракатининг тенгламаси В. Гольдсмит томонидан таклиф этилган кўринишда соддалаштирилган ҳолда ифодаланган:

$$m\frac{d^2h}{dt^2} = -2\pi R\sigma_T h, \quad (2)$$

Бу ерда *m, R* - мос равишда шарикнинг массаси ва радиуси;

h - ишлов берилаётган детал юзасига нормал бўлган координата (шарчанинг кириш чуқурлиги);

t - тўқнашув вақти (зарба давомийлиги);

σ_T - ишлов берилаётган материалнинг оқиш чегараси, деформацияга қарши кураш қувватига тенг.

(2)-нчи тенгламани ечими қуйидаги ифодада берилган:

$$h = v\sqrt{\frac{m}{\pi D\sigma_T}}sin\sqrt{\frac{\pi D\sigma_T}{m}}t, \quad (3)$$

Бу ерда *D = 2R* - шарча диаметри.

Шарикнинг массаси m унинг ҳажми $V=pD^3/6$ ва зичлик ρ орқали ифодаланганда, (3)-тенглама ҳисоб-китоб амалиёти учун қулай шаклда қуйидагича тақдим этилиши мумкин:

$$h = vD\sqrt{\frac{\rho}{6\sigma_T}}\sin\left(\frac{1}{D}\sqrt{\frac{\pi D\sigma_T}{m}}t\right). \quad (4)$$

(4) тенгламадан шарикнинг максимал кириш чуқурлиги h_0, босим изининг диаметри d_0 ва шарикнинг детал юзаси билан умумий контакт вақти t_0 ни аниқлаш учун асосий муносабатларни олиш мумкин:

$$h_0 = vD\sqrt{\frac{\rho}{6\sigma_T}} = 2\pi fAD\sqrt{\frac{\rho}{6\sigma_T}}, \quad (5)$$

$$d_0 = 2\sqrt{2Rh - h^2} \approx 2\sqrt{2Rh} = 2D\ |2\pi fA\ |\frac{r}{}, \quad (6)$$

$$t_0 = \frac{\pi}{2}D\sqrt{\frac{\rho}{6\sigma_T}}. \quad (7)$$

Шарикнинг максимал зарба кучи импульсни сақлаш қонунига мос келувчи ифода орқали аниқланади:

$$F_0 = \frac{mv(1+k)}{t_0}, \quad (8)$$

бу ерда k = v_1/v - тикланиш коэффициенти бўлиб, у зарбадан сўнг жисм тезлигининг зарбадан олдинги тезликка нисбатини ифодалайди.

Тикланиш коэффициенти мутлақ пластик зарбада 0 дан, мутлақ эластик зарбада 1 гача ўзгаради. Амалда зарба мутлақ эластик бўлиши мумкин эмас, шунинг учун $v_1 < v$ ва $v_1 = kv$ бўлади.

Ифодадаги (8)-тенгламани (1) ва (7)-тенгламалар билан алмаштириб, шунингдек шарикнинг массасини унинг зичлиги ва ҳажми орқали ифодаласак, зарба кучини аниқлаш учун қуйидаги муносабатни оламиз:

$$F_0 = \frac{2\pi fAD^2(1+k)}{3}\sqrt{6\rho\sigma_T}. \quad (9)$$

Деформацион мустаҳкамланган қатлам чуқурлигини h_H аниқлаш учун С. Г. Хейфецнинг $h_H = \sqrt{F/2\sigma_T}$, боғлиқликдан фойдаланилади, бу амалий тажриба билан яхши тасдиқланган ва **деформацион мустахкамлик** чуқурлигини индентор кучи F билан боғлайди. (9)-ифодани F ўрнига қўйиб, колбаётган индентор билан деталларни ишлов беришда деформацион мустаҳкамланган ёки деформациявий мустаҳкамланиш чуқурлигини ҳисоблаш учун қуйидаги формулани оламиз:

$$h_H = D\sqrt{\frac{\pi fA(1+k)}{3}\sqrt{\frac{6\rho}{\sigma_T}}} \quad (10)$$

Тезликни тикланиш коэффициенти k ни аввалдан [4] ишида олинган ва шарчанинг ўлчами R, унинг бошланғич кинетик энергияси W_0, боғланувчи жисмларнинг физико-механик хусусиятлари (ишлов берилаётган материалнинг қаттиқлиги, Пуассон коэффициенти ва эластик модули) билан боғлиқ боғлиқликлар орқали ҳисоблаш мумкин.

Формула (10) ни синовдан ўтказиш учун ҳисобланган натижалар деформацион мустахкамлик чуқурлиги h_Hбилан таққосланган, бу чуқурлик илмий ишларда [3, 5] тажрибавий аниқланган. Ультратовушли мустаҳкамлашда титаний қотишма ВТ8 [5] учун деформацион мустахкамлик чуқурлиги h_H = 0,2 мм бўлган, ишлов бериш режими: ff = 17,8 кГц; шарча диаметри 3 мм; A = 25...30 мкм. Формула (10) бўйича ҳисоблаш натижаси h_H =

0,182...0,189 мм ни ташкил қилади, бу ишлов берилаётган материалнинг оқиш чегарасига боғлиқ $\sigma_{0,2}$ = 930...1075 МПа [6].

Механик тебранишли зарбали мустаҳкамлашда [3] темпрланган Х12 поғонали (630 HV ≈ 55 HRC) пўлат, ишлов режими: f = 33 Гц; A = 3 мм; D = 8 мм (63…64 HRC), деформацион мустахкамлик чуқурлигини h_H = 0,20...0,34 мм олади, ишлов вақтига боғлиқ равишда (20 ёки 40 дақиқа) ва юза қиррашлиги R_a = 0,16 мкм. Ҳисобланган наклёп чуқурлиги h_H = 0,22...0,23 мм ни ташкил қилади, бу ишлов берилаётган материалнинг оқиш чегарасига боғлиқ $\sigma_т$ = 730...890 МПа.

Шу билан, ультратовушли ва механик тебранишли зарбали мустаҳкамлаш режимлари ҳамда ишлов берилаётган материалнинг физико-механик хусусиятларига боғлиқ ҳолда деформациявий мустаҳкамланиш чуқурлиги h_H қийматларининг амалиёт учун етарли даражада мувофиқлиги ўрнатилди.

Формула (10) бўйича деформацион мустахкамлик чуқурлигини h_H аниқлаш узоқ ва меҳнат талаб қиладиган тажрибавий текширувларсиз ҳам ишлов берилаётган деталларнинг юза қатлами сифатини баҳолаш имконини беради, бу эса технологик жараённинг ишончлилигини ва маҳсулотнинг белгиланган узоқ вақт ишлаш талабларини таъминлайди.

Адабиётлар

[1]. Кулемин А.В., Кононов В.В., Стебельков И.А. О выборе оптимального режима ультразвуковой упрочняющей обработки металлов // Физика и химия обработки материалов. 1982. № 2. С. 93-97.

[2]. Остапенко В.А. и др. Повышение сопротивления малоцикловой ударной усталости высокопрочной стали ультразвуковым упрочнением // Вестник машиностроения. 1982. № 10. С. 42-43.

[3]. Бабичев А.П., Матюхин Е.В., Шевцов С.Н. Упрочняемость закаленных шлифованных сталей при виброударной обработке // Вестник машиностроения. 1980. № 7. С. 55-58.

[4]. Джураев А.Д., Шин И.Г. О коэффициенте восстановления скорости при ударе твердой сферической частицы о плоскую металлическую преграду // Известия вузов. Техн. наук. 1995. № 1-4. С. 121-129.

[5]. Кулемин А.В., Кононов В.В., Стебельков И.А. Повышение усталостной прочности деталей путем ультразвуковой поверхностной обработки // Проблемы прочности. 1981. № 1. С. 70-74.

[6]. Гуляев А.П. Металловедение. М.: Металлургия, 1986. 544 с.

UDK 691.32, 628. 4

QURILISH VA BINOLARNI BUZISH JARAYONIDA HOSIL BO‘LADIGAN BETON CHIQINDILARINI QAYTA ISHLASH ORQALI EKOLOGIK BARQARORLIKNI TAMINLASH

Z.A. Abobakirova, O.M. Bobofozilov*

Farg‘ona davlat texnika universiteti
E-mail: zebuniso.abobakirova@fstu.uz
ORCID: https://orcid.org/ 0000-0002-9552-897
E-mail: : oybek.bobofozilov@fstu.uz
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-0723-243
**Mas’ul muallif, e-mail oybek.bobofozilov@fstu.uz*
(Qabul qilindi 22.01.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu maqolada qurilish va binolarni buzish jarayonida hosil bo‘ladigan beton chiqindilarining atrof-muhit va inson salomatligiga salbiy ta’siri hamda ularni qayta ishlash orqali ekologik barqarorlikni ta’minlash masalalari ko‘rib chiqiladi. Beton chiqindilarini poligonlarda saqlash katta hududlarni egallashi, tuproq va yer osti suvlarini ifloslantirishi hamda atmosferaga zararli gazlar chiqarilishi bilan bog‘liq muammolar tahlil qilindi. Maqolada beton chiqindilarini mexanik qayta ishlash, saralash, maydalash va ikkilamchi xom ashyo sifatida qo‘llash usullari yoritildi. Qayta ishlangan agregatlar qurilish xarajatlarini kamaytirishi va tabiiy resurslarni tejashga xizmat qilishi ilmiy jihatdan asoslab berildi. [1-6].*

Kalit so‘zlar *beton chiqindilari, qayta ishlash, ikkilamchi agregat, ekologiya, qurilish chiqindilari, resurs tejamkorlik*

Аннотация*. В данной статье рассматриваются вопросы отрицательного влияния бетонных отходов, образующихся в процессе строительства и сноса зданий, на окружающую среду и здоровье человека, а также обеспечение экологической устойчивости через их переработку. Проанализированы проблемы, связанные с хранением бетонных отходов на полигонах, которые занимают большие территории, загрязняют почву и грунтовые воды, а также выделяют вредные газы в атмосферу. В статье освещены методы механической переработки, сортировки, дробления и использования вторичного сырья из бетонных отходов. Научно обосновано, что использование переработанных заполнителей снижает строительные затраты и способствует экономии природных ресурсов [1–6].*

Ключевые слова *бетонные отходы, переработка, вторичный заполнитель, экология, строительные отходы, экономия ресурсов.*

Annotation *This article discusses the negative impact of concrete waste generated during construction and demolition of buildings on the environment and human health, as well as the issue of ensuring environmental sustainability through its recycling. The problems associated with storing concrete waste in landfills, which occupy large areas, pollute soil and groundwater, and release harmful gases into the atmosphere, are analyzed. The article highlights methods of mechanical recycling, sorting, crushing, and using secondary raw materials from concrete waste. It is scientifically substantiated that the use of recycled aggregates reduces construction costs and contributes to the conservation of natural resources [1-6]. [1–6].*

Key words: *concrete waste, recycling, secondary aggregate, ecology, construction waste, resource efficiency.*

1.Kirish: So‘nggi yillarda qurilish sohasida ishlab chiqarish hajmining ortishi natijasida beton va temir-beton chiqindilari miqdori keskin ko‘paymoqda. Ushbu chiqindilarni qayta ishlamasdan tashlab yuborish ekologik muammolarni keltirib chiqaradi, tabiiy resurslar zaxirasining kamayishiga va atrof-muhitning ifloslanishiga sabab bo‘ladi. Shu boisdan, beton chiqindilarini qayta ishlash va ulardan yangi qurilish materiallari ishlab chiqarishda foydalanish masalasi bugungi kunda dolzarb ahamiyat kasb etmoqda.

Har yili qurilish maydonlarida katta hajmdagi beton qoldiqlari to‘planib boradi. Ushbu chiqindilar tarkibiga buzilgan temir-beton konstruksiyalar parchalari, ifloslangan tuproq hamda boshqa aralash materiallar kiradi (1-rasm).

Bunday chiqindilarni to‘g‘ri boshqarish atrof-muhitni muhofaza qilish hamda inson salomatligiga salbiy ta’sirni kamaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Beton o‘zining yuqori mustahkamligi, uzoq muddat xizmat qilishi va keng qo‘llanish imkoniyatlari tufayli qurilishda eng ko‘p ishlatiladigan materiallardan biridir. Biroq, uning keng miqyosda qo‘llanilishi natijasida sezilarli hajmdagi chiqindilar ham yuzaga keladi.

Qurilish yakunlangach yoki binolar buzilgach, hosil bo‘ladigan beton qoldiqlari ko‘pincha turli aralashmalar bilan ifloslangan bo‘ladi.

Bu holat ularni dastlabki qayta ishlovsiz to‘g‘ridan-to‘g‘ri qayta foydalanishni murakkablashtiradi. Beton chiqindilari yirik bo‘laklar bilan bir qatorda mayda fraksiyali zarrachalarni ham o‘z ichiga oladi.

Beton chiqindilarini boshqarishdagi asosiy muammolardan biri — ularni saqlash, tashish va qayta ishlash uchun katta moddiy va texnik resurslar talab etilishidir. Aksariyat hollarda bunday chiqindilar poligonlarga chiqariladi, natijada ular katta yer maydonlarini egallaydi hamda tuproq va yer osti suvlari ifloslanishiga sabab bo‘lishi mumkin. Shu bois beton chiqindilarini ekologik jihatdan maqbul va samarali usullar orqali boshqarish masalasi tobora dolzarb ahamiyat kasb etmoqda.

2.Tadqiqot uslubi: Tadqiqot quyidagi asosiy metodlarga tayanadi. Demontaj yoki buzib tashlashgan temir-beton bo‘laklari maydalanadi, fraktsiyalarga bo‘linadi hamda ikkilamchi xom ashyo sifatida ishlatiladi. Qurilish chiqindilari buzib tashlangandan so‘ng ikkilamchi xom ashyo sifatida qayta ishlanadi. Olingan yangi chiqindilar qisman yangi qurilish uchun ishlatiladi (masalan, qayta ishlangan maydalangan tosh yoki shag‘al) va qisman tayyor beton aralashmasi ishlab chiqarish zavodiga sotiladi. Qayta ishlangan qurilish materiallariga asoslangan qurilish aralashmasi to‘g‘ridan-to‘g‘ri qurilish maydonchasida ishlab chiqariladi (1-rasm). Temir-beton zavodlaridan buzib tashlash qoldiqlari va sanoat chiqindilarini qayta ishlash maydalangan tosh yoki qayta ishlangan beton shaklida ikkilamchi resurslarni beradi. Qayta ishlangan materiallardan foydalanish qurilishning resurs xarajatlarini sezilarli darajada kamaytiradi. Ushbu tadqiqotda qurilish va binolarni buzish jarayonida hosil bo‘ladigan beton va temir-beton chiqindilarini qayta ishlash orqali ikkilamchi shag‘al olish hamda uning beton tarkibida yirik to‘ldiruvchi sifatida qo‘llanilish samaradorligini aniqlash maqsad qilingan. Tadqiqot ishlari laboratoriya va tajriba-sinov usullariga asoslangan beton chiqindilarini qayta ishlash texnologik sxemasi tuziladi (2-rasm). Dastlab chiqindilarni yig‘ish va dastlabki saralash ishlari amalga oshiriladi. Tadqiqot uchun namuna sifatida buzilgan temir-beton konstruksiyalar, beton plitalar, ustunlar va poydevor qoldiqlaridan olingan chiqindilar tanlab olindi. Ushbu chiqindilar tarkibidan yog‘och, tuproq, plastik va boshqa begona aralashmalar dastlab qo‘lda va mexanik usulda ajratib olindi.

1-rasm. Qurilish va buzish jarayonida hosil bo‘ladigan beton chiqindilar.

Bu bosqichda beton va temir-beton bo‘laklari keyingi qayta ishlash jarayoniga tayyor holatga keltirildi.

Maydalash jarayoni saralangan beton chiqindilari maydalagich (drobilka)ga uzatildi. Maydalash jarayonida chiqindilar turli o‘lchamdagi fraksiyalarga parchalanadi. Ushbu jarayonning

asosiy maqsadi beton tarkibidagi tabiiy shag‘al donalarini sement toshidan ajratishdan iborat.

Maydalashdan so‘ng material magnit separator orqali o‘tkazildi. Bu bosqichda temir armatura va boshqa metall qismlar to‘liq ajratib olindi.

Fraksiyalarga ajratish Magnit separatsiyadan o‘tgan maydalangan massa g‘arov (elak) yordamida fraksiyalarga ajratildi. Elak qavatlari soniga qarab quyidagi fraksiyalar olindi:

- 0–5 mm (mayda fraksiya)
- 5–20 mm (o‘rta fraksiya)
- 20–40 mm (yirik fraksiya)

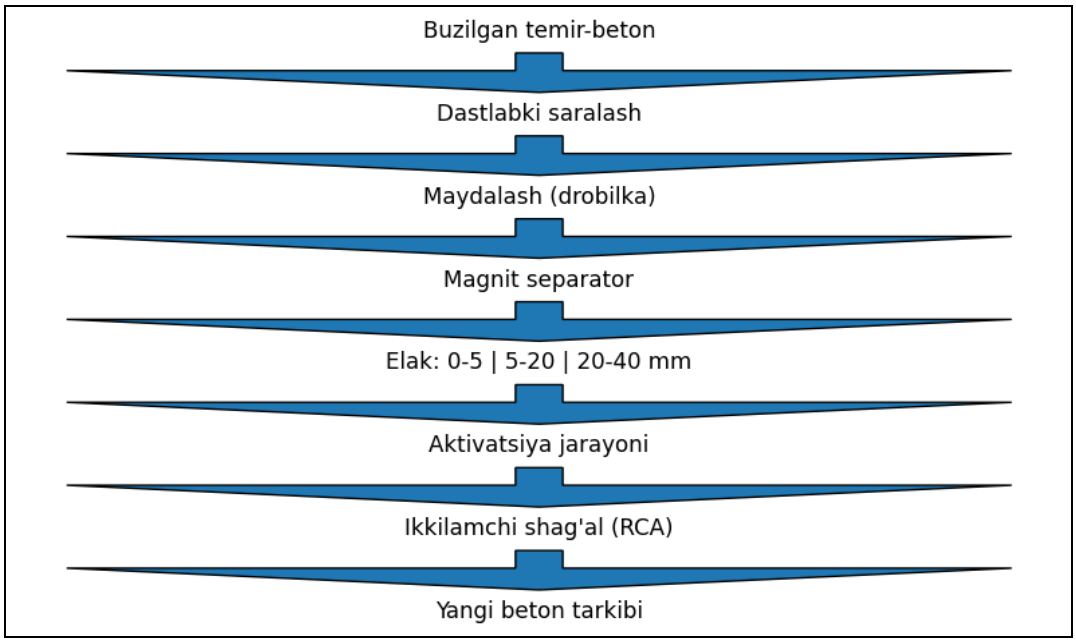
Elakdan o‘tmay qolgan yirik bo‘laklar qayta maydalash jarayoniga yuborildi.

Ikkilamchi shag‘alni aktivatsiya qilish

Tadqiqotda ikkilamchi shag‘alning fizik-mexanik xususiyatlarini yaxshilash maqsadida uning aktivatsiyasi amalga oshirildi. Aktivatsiya jarayoni sement toshi qoldiqlarini kamaytirish va zaif donalarni yo‘qotishga qaratildi.

Mexanik aktivatsiya quyidagi usullarda bajarildi:

1. Beton aralashtirgichda quruq holda intensiv aralashtirish (o‘z-o‘zini maydalash).
2. Sharli tegirmonda po‘lat sharlar bilan ishlov berish.
3. Oldindan 600–800 °C haroratda past haroratli kuydirishdan so‘ng sharli tegirmonda maydalash.



2-rasm. Beton chiqindilarini qayta ishlash texnologik sxemasi.

Ushbu usullar natijasida shag‘al yuzasidagi qorishma qoldiqlari kamaytirildi va kontakt zonaning sifati yaxshilandi [8].

Tadqiqotning ilmiy yangiligi shundan iboratki, qurilishda qayta ishlangan materiallardan foydalanish orqali ekologik barqarorlikni ta’minlashning ilmiy asoslari ishlab chiqiladi. Qayta ishlangan materiallar asosida tayyorlangan qurilish materiallarining texnik va ekologik samaradorligi baholanib, ularni qurilish amaliyotida qo‘llash bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar taklif etiladi. Shunday yondashuv yordamida qurilish jarayonida nafaqat zilzilabardosh, iqtisodiy jihatdan tejamkor, ekologik xavfsiz va foydalanuvchi uchun qulay inshootlar loyihalash imkoniyati yaratildi.

3.Tadqiqot natijalari: Tadqiqot natijalari amaliy jihatdan ham muhim ahamiyatga ega. Beton chiqindilari tarkibiga maydalangan granit, kvarts qumi, tsement qoldiqlari, polimer va turli mineral qo‘shimchalar kiradi. Temir-beton tarkibidagi yuqori uglerodli armatura esa umumiy massaning taxminan 3–20 % ini tashkil etadi. Ushbu chiqindilar aslida yuqori sifatli ikkilamchi xom ashyo manbai bo‘lib, ularni qayta ishlashda asosan mexanik usullar qo‘llaniladi. Tadqiqot natijalari bir nechta ilmiy yangiliklarni ko‘rsatdi, Qayta ishlangan beton an’anaviy betonga nisbatan

13% kam zichlikka, ammo 92% mustahkamlik darajasiga ega bo‘ldi. Bu uni ayrim konstruktiv elementlarda to‘liq qo‘llash imkonini berdi, Metall chiqindilarni qayta eritish jarayonida energiya sarfi 60% gacha kamaydi, atmosferaga chiqadigan CO_2 miqdori esa 37% ga qisqardi, Yog‘och va plastmassa chiqindilari asosidagi kompozit panellar issiqlik o‘tkazuvchanlik bo‘yicha 22% yuqori izolyatsiya samaradorligini ko‘rsatdi, Hayotiy sikl tahlili natijasida qayta ishlangan materiallardan foydalanish umumiy ekologik yukni 28–30% ga qisqartirishi aniqlandi, Iqtisodiy tahlil ko‘rsatdiki, qayta ishlash texnologiyalarini joriy etish qurilish tannarxini 15% gacha kamaytiradi, ishlab chiqarish jarayonida energiya sarfi esa 18–22% gacha tejaladi (1-jadval).

Jadval 1.

Ko‘rsatkich	An’anaviy beton	Qayta ishlangan beton	Farq (%)
Zichlik (kg/m³)	2400	2080	13%
Mustahkamlik	100%	92%	8%
Energiya sarfi	100%	78%	22%
CO_2 chiqishi	100%	63%	37%
Qurilish tannarxi	100%	85%	15%

1-jadval. Qayta ishlangan beton va an’anaviy beton xossalarining taqqoslanishi

4. Xulosa: Beton chiqindilarini qayta ishlash ekologik, iqtisodiy va texnologik jihatdan eng maqbul yechim hisoblanadi. U poligonlarga tushadigan yukni kamaytiradi, tabiiy resurslarni tejaydi va qurilish sohasida barqaror rivojlanishni ta’minlaydi. Kelajakda qurilish sohasida beton chiqindilarini joyida qayta ishlash texnologiyalarini keng joriy etish maqsadga muvofiqdir. Poligonlarda to‘planib borayotgan beton chiqindilari atrof-muhitga ko‘p qirrali va uzoq muddatli salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Ular katta hududlarni egallab, ekotizimlarning tabiiy tiklanish jarayonini sekinlashtiradi hamda tuproq va yer osti suvlari sifatiga xavf tug‘diradi. Beton bo‘laklari orasidan sizib o‘tadigan suv tarkibida ajralib chiqadigan moddalar atrof muhitning ifloslanishiga sabab bo‘lishi mumkin.Shuningdek, beton chiqindilarini poligonlarga tashish jarayoni ko‘p miqdorda yoqilg‘i sarfi va issiqxona gazlari chiqindilari bilan bog‘liq bo‘lib, havoning ifloslanishi va iqlim o‘zgarishiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi. Bu jarayon transport infratuzilmasiga qo‘shimcha yuklama beradi va ekologik izni yanada oshiradi.Bundan tashqari, yangi beton ishlab chiqarish uchun zarur bo‘lgan tabiiy xomashyoni qazib olish landshaftlarning buzilishi, tuproq eroziyasi va biologik xilma-xillikning kamayishiga olib keladi. Shu bois, beton chiqindilarini qayta ishlash va ularni ikkilamchi qurilish materiali sifatida qo‘llash ekologik barqarorlikni ta’minlash, tabiiy resurslarni tejash hamda atrof-muhitga salbiy ta’sirni kamaytirishning muhim yo‘nalishi hisoblanadi.

Adabiyotlar

[1]. Raximov A.B., Sodiqova N.A. “Ekologik inshoot materiallari va qayta tiklanuvchi resurslar”— Toshkent: “Fan va texnologiya”, 2021 yil.

[2]. Qodirov J.T**.** “Yashil qurilish va resurs tejamkor texnologiyalar” — Toshkent: TDTU nashriyoti, 2022 yil.

[3]. Pacheco-Torgal, F., & Tam, V.W.Y. (2021). Recycled aggregates in construction: sustainability and performance. Elsevier.

[4]. Karimov, B. (2022). “O‘zbekiston qurilish sanoatida chiqindilarni boshqarish tizimi.” O‘zMU Ilmiy axborotlari, №3.

[5]. Raxmatov, D. (2023). “Beton chiqindilarini qayta ishlash texnologiyasi.” Toshkent Arxitektura-Qurilish Instituti jurnali.

[6]. UN Environment Programme (2020). Building a sustainable construction industry: Global report.

[7]. Yildiz, S. (2021). “Circular economy approaches in construction waste management.” Journal of Cleaner Production.

[8]. Организация переработки отходов бетона и вторичное использование бетонов в строительстве М.А.Фахратов, М .Ф. Кужин Системные технологии (№26) 2018

UDC 551.763:551.435(669)
S 95

SEDIMENTOLOGICAL AND GEOCHEMICAL CHARACTERIZATION OF THE PALA LIMESTONE FORMATION (REPUBLIC OF CHAD)

Mahamat Soungui Ali[1.2], Abdelkerim Dirgui Oumar[2], Moussa Abdramane Ousmane[3], Likius Andossa[3], Kayumov Odiljon[4]

Department of Exact and Applied Sciences, Higher Teacher Training College of Bongor[1]
Department of Geology, Faculty of Exact and Applied Sciences, University of N'Djamena[2]
Department of Paleontology, Faculty of Exact and Applied SciencesUniversity of N'Djamena[3],
Fergana State Technical University[4]
**Corresponding author, e-mail: sounguiali01@gmail.com*
(Received on February 10 th, 2026)

Abstract: *Located in southwestern Chad, in the Mayo-kebbi Ouest province, this study focuses on the Upper Cretaceous limestone formations found in the province. The main objective of our study is to characterize these marine deposits using a multidisciplinary approach that combines sedimentological, mineralogical, and geochemical analyses. The results show that three facies have been identified: 1) conglomeratic and sandstone-conglomerate facies, 2) sandstone facies, and 3) carbonate facies. Geochemical analyses of samples from the Louga, Tagabo, and Baoré sites reveal a clear evolution in carbonate purity. Petrographically, three carbonate facies have been identified in the Pala Basin: lamellibranch grainstones, packstone, and algal wackestone. By combining field data, laboratory analyses and a detailed microscopic approach, we were able to provide crustal information on the geological history of this region.*

Keywords: *Pala, Cretaceous formation, petrography, sedimentology, geochemistry.*

Annotatsiya: *Ushbu tadqiqot Chad Respublikasining janubi-g'arbiy qismidagi, Mayo-Kebbi Ouest viloyatida joylashgan Yuqori Bo'r davri ohaktosh formatsiyalarini tadqiq qilishga qaratilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi sedimentologik, mineralogik va geokimyoviy tahlillarni birlashtirgan ko'p tarmoqli yondashuv yordamida mintaqadagi dengiz yotqiziqlarini tavsiflashdir. Natijalar shuni ko'rsatadiki, uchta fatsiya aniqlangan: 1) konglomerat va qumtosh-konglomerat fatsiyalari, 2) qumtosh fatsiyalari va 3) karbonat fatsiyalari. Louga, Tagabo va Baoré mintaqalaridan olingan namunalarning geokimyoviy tahlillari karbonat jinslarning tozaligi evolyutsion tarzda o'zgarganligini ko'rsatadi. Petrografik jihatdan Pala havzasida uchta karbonat fatsiya aniqlangan: «lamelli-branch» donador jinslari «packstoun» va suv o'tli «vackestoun» ohaktoshlari. Dala ma'lumotlari, laboratoriya tahlillari va batafsil mikroskopik tekshirishlarni mujassamlashtirish natijasida, ushbu mintaqadagi yer qobig'ining geologik tarixi haqida ma'lumot olishga erishildi.*

Tayanch so'zlar: *Pala, Bo'r davri shakllanishi, petrografiya, cho'kind,mintaqa, geokimyo.*

Аннотация: *Данное исследование посвящено верхнемеловым известняковым формациям, расположенным на юго-западе Республики Чад, на провинции Майо-Кебби-Уэст. Главная цель исследования — охарактеризовать морские отложения с использованием междисциплинарного подхода, сочетающего седиментологический, минералогический и геохимический анализы. Результаты показывают, что были выделены три фации: 1) конгломератная и песчаниково-конгломератная фации, 2) песчаниковая фация и 3) карбонатная фация. Геохимический анализ образцов из месторождений Луга, Тагабо и Баоре выявляет четкую эволюцию чистоты карбонатов. Петрографически в бассейне Пала были выделены три карбонатные фации: ламинарно-бранховые зернистые известняки, пакстоун и водорослевый вакстоун. Сочетая полевые данные, лабораторные анализы и детальный микроскопический подход, мы смогли предоставить информацию о геологической истории этого региона.*

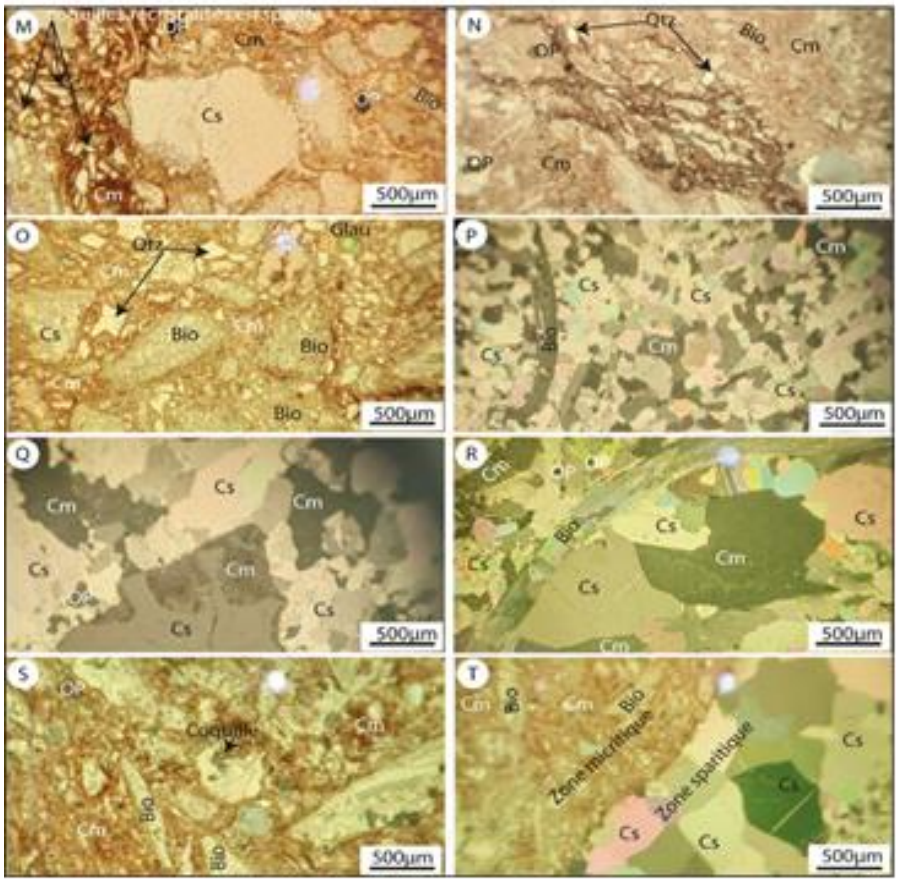
Ключевые слова: *Пала, меловые отложения, петрография, седиментология, геохимия.*

Introduction. Concerned by the scarcity of cement in the capital and throughout the country, as well as the drastic inflation in the price of cement bags in Chad, the Mayo-Kebbi West province in southern Chad, bordering Cameroon, represents a major geological study area within the Chad Basin. It contains a significant limestone deposit formation. These deposits highlight the diversity of sedimentary rocks: clay, marl, arkose with silicified wood, sandstone (Kusnir I, 1993; Genk G, J,

1992), and limestone beds with shell middens. The province is recognized as having high mining potential, yet it remains geologically under-exploited. This justifies conducting sedimentological and geochemical studies.

Materials and methods.

Presentation of the study area. The Mayo-Dallah department is located in southwestern Chad, in the Mayo-Kebbi West province, between latitudes 8°57' and 10°15'N and longitudes 15°05' and 15°58'E (Figure 1). It covers an area of 4,069 km². It has a Sudano-Guinean climate with two seasons. The dry season extends from November to April, and the rainy season from May to October. Annual rainfall varies from 900 to 1,000 mm. Average annual temperatures range from 21.8 °C to 34.9 °C. (Figure 1)



Pic. 1. Baoré limestone (BAO)

Geological and hydrogeological context. The Zalbi series is a set of greenstone and metasedimentary rocks that crosses Lake Léré from north to south. The series continues south into Cameroon where it forms part of the Poli series, and north into Cameroon where it is known as the Bibeni-Maroua series.(Kasser, 1995b; Pinna et al., 1994) The Zalbi series consists of sedimentary, volcanic-sedimentary, volcanic and detrital formations, slightly metamorphosed(Kasser, 1995b),(Doumnang, 2006; Mbaguedje, 2015b), (PENAYE, 2006)basic meta-volcanic rocks and volcanic meta-breccias, meta-argillites, calcareous meta-formations and amphibolites.

To achieve our objective, 28 fresh and representative samples of limestone rocks were selected for petrographic and geochemical analyses. Of these samples, ten (9) intended for the preparation of thin sections were meticulously cleaned and then sawn to create thin sections.

Petrographic analysis method: It consisted of the determination of cardinal and accessory minerals carried out in the Geosciences and Reservoirs Laboratory of the University of N'Djamena. It consisted of macroscopic and magnifying glass observation of observable samples, supplemented by microscopic descriptions of nine (9) thin sections of different limestone rock prepared in the

laboratory of the University of Strasbourg (France). These sections were studied based on the classification of(Folk, 1959)and that of(Dunham, 1962).

Results. Baoré limestone (BAO)

Baoré Blade: Under the microscope, the rock exhibits a polarization tint in shades of gray. According to the classification of(Folk, 1959), we distinguish: a relative phase of carbonate grains or allochems a bonding phase (matrix or cement) or orthochems.

Facial description.

The analysis highlights the diversity of the facies present:

✓ Blade O: wackestone bioclastic with quartz and glauconite.

✓ Plate M: recrystallized bioclastic pack stone, plate M illustrates the bioclastic dimension of the series with well-identified shells but strongly recrystallized into sparite. Calcite is strongly dominant (≥ 85%).

✓ The BAO plate highlights heterogeneous limestones alternating between wackestone, packtomes and rare grainstones. The presence of detrital inputs, consisting mainly of quartz and glauconite (15 to 20%).

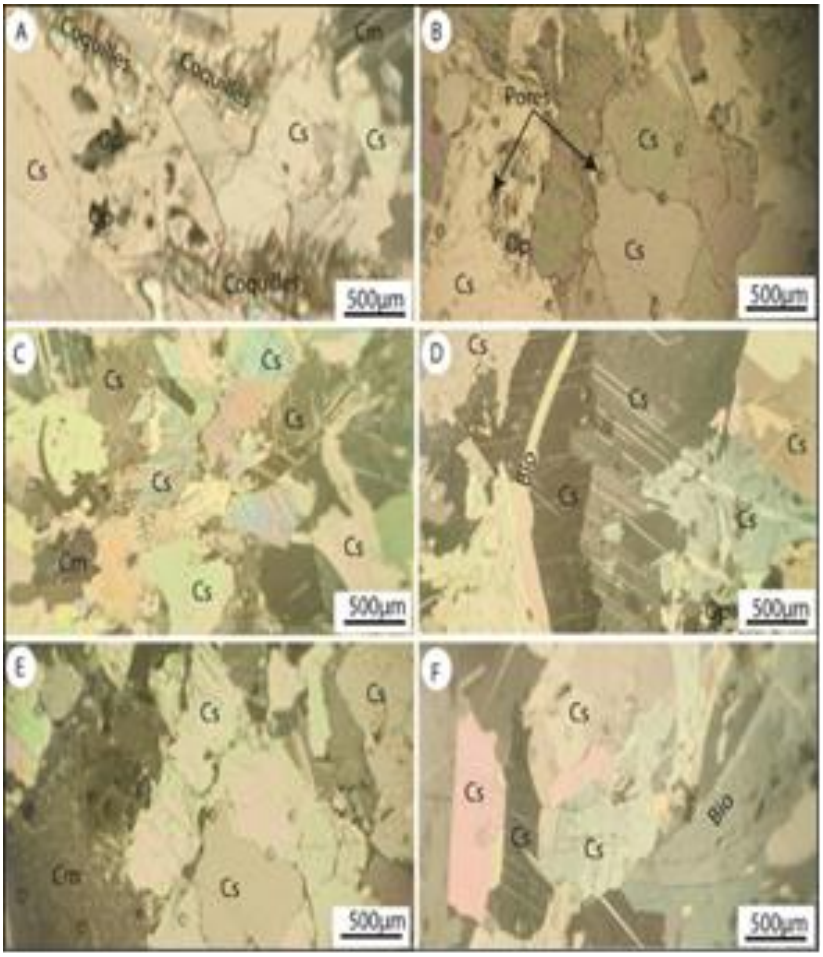
LOUGA LIMESTONE (LOUG). Under the microscope, the rock exhibits a polarization tint in shades of gray. According to the classification of(Folk, 1959).

Facial description.

The faciological analysis clearly highlights two main types of limestone, illustrated by sections A and B:

✓ Plate A: Bioclastic packstone Recrystallized. This plate is distinguished by the presence of numerous shell fragments within a sparite matrix.

✓ Slide B: Recrystallized and partially porous grainstones. Slide B exhibits.



Pic. 2. Louga limestone (LOUG).

Tagabo Foulbé limestone: (TAG).

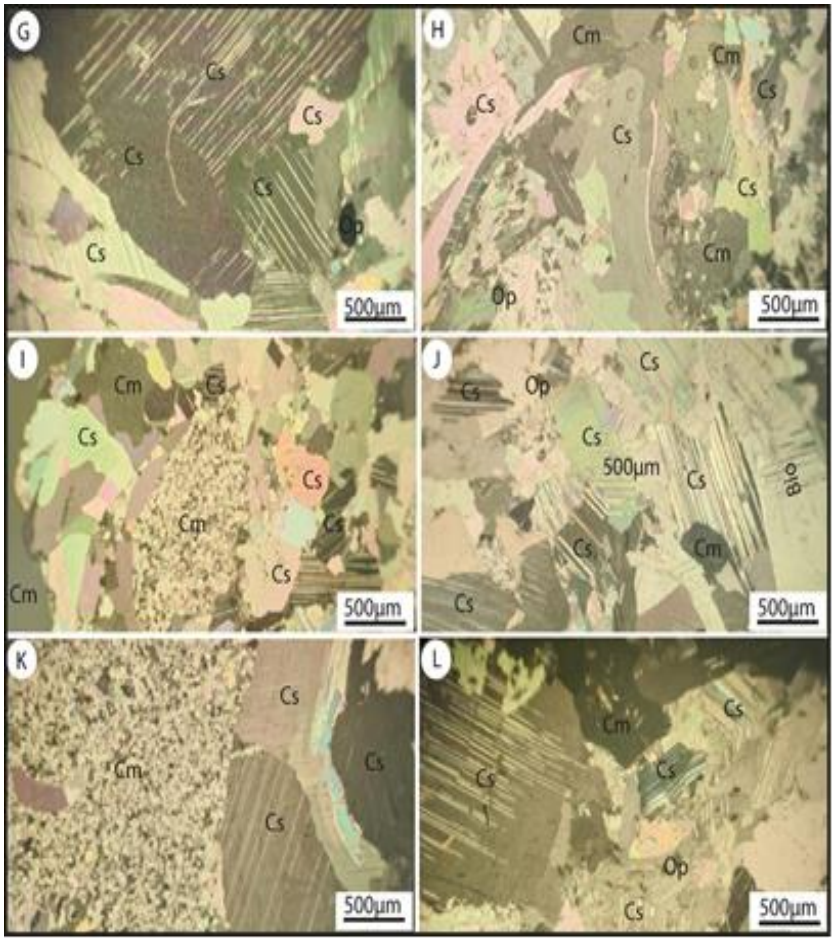
Tagabo-Foulbé Blade. Microscopic observation of thin sections from Tagabo reveals remarkably pure limestones, almost exclusively composed of calcite (Fig.5).

Description of the facial features.

Observations reveal highly recrystallized facies.

• Blade G:Recrystallized Grainstones. Plate G is indicative of this strongly recrystallized character: it is formed almost exclusively of sparitic calcite crystals, arranged in a mosaic.

• Blade J:Packstone Bioclastic Totally Recrystallized. Section J, on the other hand, shows traces of bioclasts at the margin of a largely recrystallized texture. Calcite is dominant (>90%), with very little micrite present.



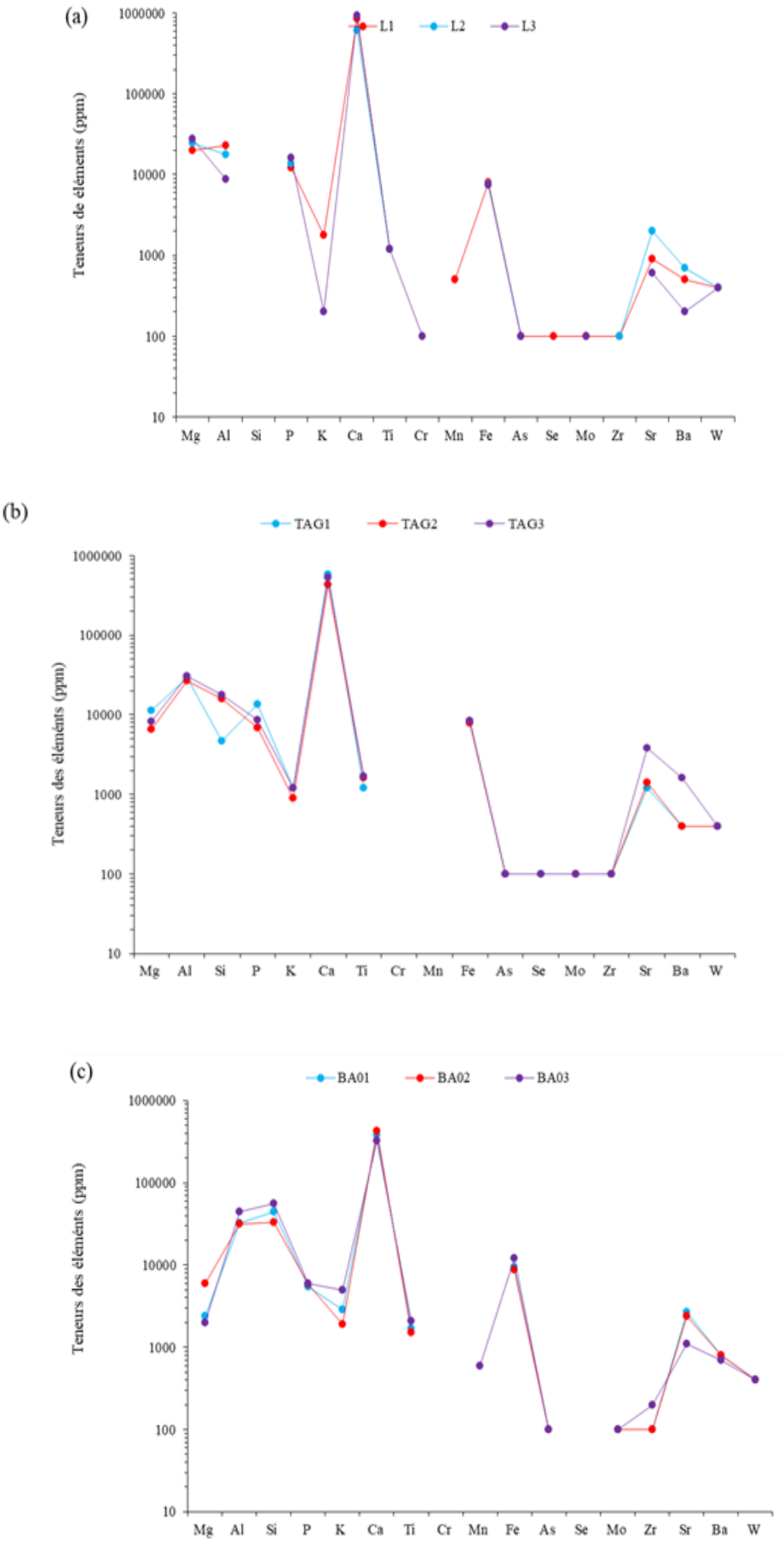
Pic. 3. Tagabo Foulbé limestone.

Geochemical Analysis.

Louga(L1-L3, fig. 3.2 & 6): Ca dominant (L1: 85.82%; L2: 60.85%; L3: 93.68%), Al (1.79-2.32%), Mg (2-2.77%), P (1.21-1.36%); traces: Fe (<1%), K, Sr, Zr; SiO_2 absent → pure limestone.

Tagabo(TAG1-TAG3): Ca varied (TAG1: 57.91%; TAG2: 42.95%; TAG3: 52.68%), Al (2.69-3.05%), Mg (1.14%), P (1.35%), Si (1.59-1.79%); traces: Fe (0.5-1.2%), K (0.8%), Ti → heterogeneous.

Baoré(B1-B3, typical): Low Ca (32-43%), SiO_2 (up to 5.6%), Al_2O_3 (4.5%), Fe (2-3.5%), Mg (1-2%); traces: K (1-2%), Ti (0.5-1%), high Zr, Ba, Sr → siliceous/detrital, correctors.



Pic. 4. Geochemical Analysis.

There is an increase in silicate and clay elements compared to Louga, suggesting a stronger detrital influence.

These results indicate marly limestones or marly rocks with a strong detrital component.

Discussions. Geochemical (XRF) and petrographic analyses of the Cretaceous limestones of Pala show evolution of carbonate purity. Louga: CaO 60-94%, very low Si/Al/Fe, sparitic calcite >80%, recrystallized grainstones/packstones (high-energy marine environment, barriers/shoals); $CaCO_3$ >85%, MgO <6% → ideal clinker; agreement with Klamadji et al. (2020). Tagabo: CaO 42-58%, increased Si/Al, heterogeneous composition. Baoré: CaO 32-43%, SiO_2 up to 5.6%, Al_2O_3 4.5%, detrital quartz/glauconitic quartz, bioclastic wackestone/packstones-quartz (terrigenous open marine environment); Si/Al correctors for HP raw material; Trumpet accord (1997), Dang (2011). Conclusion: Louga for homogeneous clinker; Tagabo/Baoré for clay correctors.

Conclusion. This work analyzes the provenance and paleoenvironmental conditions of the Cretaceous Pala basin through sedimentology, petrography, and geochemistry. Petrographically, three facies evolved from pure grainstones/packstones at Louga (ideal clinker) to detrital wackestone/packstones at Baoré (corrector). Geochemically, XRF confirms the transition towards more silica at Baoré, from a high-energy marine environment (Louga) to an open terrigenous environment (Baoré). Paleoenvironment: three shallow marine phases (similar to Mayo Oulo-Léré), oxic, saline, and warm-humid.

Reference

[1]. Armstrong-Altrin, J.S., Nagarajan, R., Lee, Y.I., Kasper-Zubillaga, J.J., & Cordoba-Saldana, LP (2014). Geochemistry of sands along the San Nicolás and San Carlos beaches, Gulf of California, Mexico: Implications for provenance and tectonic setting. Turkish Journal of Earth Sciences, 23(5), 533-558. https://www.academia.edu/download/36141282/35_2014_Armstrong-Altrin_EtAL_TurkJESci_23_533-558.pdf

[2]. Browne, S.E., & Fairhead, J.D. (1983). Gravity study of the Central African Rift system: A model of continental disruption: 1. The Ngaoundere and Abu Gabra Rifts. In Developments in geotectonics (Vol. 19, pp. 187-203). Elsevier. https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780444421982500183

[3]. Claude, D. (2006). Neoproterozoic Formation of the Mayo Kebbiu West Province (Southern Chad). https://scholar.google.fr/scholar?hl=fr&as_sdt=0%2C5&q=Claude%2C+D.+J.+%282006%29.+formation+N%C3%A9oprot%C3%A9rozo%C3%AFque+de+la+province+de+Mayo+Kebbiu+Ouest+%28Sud+du+Tchad+%29.&btnG=

[4]. Doum, JM, Fuh, GC, Fadil-Djenabou, S., Onana, VL, Ndjigui, P.-D., & Armstrong-Altrin, JS (2020). Characterization and potential application of gleysols and ferralsols for ceramic industry: A case study from Dimako (Eastern Cameroon). Arabian journal of geosciences, 13(20), 1074. https://link.springer.com/article/10.1007/s12517-020-06007-0

NUMERICAL ANALYSIS AND HYDRAULIC OPTIMIZATION OF FLOW DISTRIBUTION IN A PUMPING STATION FOREBAY

A.X. Sattorov[1], D.A. Matkaziyev[2], M.M. Madraximov[1]

[1]Fergana state technical university,
[2]Tashkent university of architecture and civil engineering
E-mail: alimardon.sattorov@ferpi.uz

(Received on February 10 th, 2026)

Abstract. *This study presents a numerical investigation of hydraulic processes in a pumping station using the Reynolds-Averaged Navier–Stokes (RANS) equations coupled with the k–ε turbulence model. The Newton–Raphson iterative scheme was employed to ensure stable and accurate convergence of the nonlinear governing equations. The primary objective of the research was to optimize flow behavior within the impeller passage and to reduce undesirable flow accumulations near the blade region. A three-dimensional computational model of the pump chamber was developed to simulate internal flow characteristics under design operating conditions. Grid independence was verified to ensure the reliability and numerical stability of the simulation results. The analysis revealed the*

formation of a relatively stable large-scale flow structure upstream of the suction pipe, as indicated by the technological configuration of the pumping system. Application of the RANS approach combined with the k–ε turbulence closure enabled detailed examination of velocity distribution patterns at various spatial locations within the flow domain. The results demonstrate that flow velocity varies significantly with increasing distance from the inlet section, highlighting the necessity of accounting for spatial velocity gradients in the hydraulic design and operational assessment of water intake and pumping structures.

Keywords: *Flow velocity; pumping station forebay; realizable k–ε turbulence model; numerical simulation.*

Аннотация. *В данной работе представлено численное исследование гидравлических процессов в насосной станции на основе уравнений Рейнольдса, осреднённых по времени (RANS), с использованием реализуемой k–ε модели турбулентности. Для решения нелинейной системы уравнений применена итерационная схема Ньютона–Рафсона, обеспечивающая устойчивость и сходимость численного решения. Основной целью исследования являлась оптимизация движения потока в лопастной камере и снижение зон застойных явлений в области рабочих лопаток. Разработана трёхмерная расчётная модель течения в камере насосной станции, выполнена проверка независимости расчётной сетки и проведено моделирование потока воды при проектных режимах эксплуатации. Анализ результатов показал формирование устойчивой крупномасштабной структуры потока перед всасывающим патрубком в соответствии с технологической схемой станции. Применение метода RANS в сочетании с реализуемой k–ε моделью позволило детально проанализировать распределение скоростей на различных расстояниях внутри расчётной области. Установлено, что скорость потока существенно изменяется по мере удаления от входного сечения, что подчёркивает необходимость учёта пространственной неравномерности скоростных характеристик при проектировании и эксплуатации гидротехнических сооружений.*

Ключевые слова: *Скорость потока; передняя часть насосной станции (аванс-камера); реализуемая k–ε модель турбулентности; численное моделирование.*

1. Introduction

The hydraulic performance of pumping station forebays plays a decisive role in ensuring stable pump operation, minimizing sediment deposition, and preventing vortex formation. In recent decades, increasing hydraulic complexity in multi-unit pumping stations has intensified the need for accurate prediction and optimization of internal flow structures. Non-uniform velocity distribution at the pump inlet can induce asymmetric loading, cavitation risk, vibration, and mechanical wear, ultimately reducing system efficiency and operational lifespan.

Extensive numerical and experimental investigations have been conducted to analyze flow patterns in pumping station forebays. For instance, Yang et al. [2] and Nasr et al. [3] examined anti-vortex measures and flow rectification strategies in multi-unit pumping systems, demonstrating that geometric modifications significantly improve inlet flow stability. Similarly, Wang et al. [4] investigated sediment deposition mechanisms in forward-intake pumping stations, revealing strong correlations between velocity gradients and sediment accumulation zones. The influence of inlet velocity on sediment transport dynamics was further quantified by Qiao et al. [5], who emphasized the importance of controlling hydrodynamic parameters to reduce particle settling.

Numerical simulations based on the Reynolds-Averaged Navier–Stokes (RANS) framework have become a standard tool for analyzing complex intake flows. The pioneering work of Constantinescu and Patel [15] established a computational methodology for simulating pump-intake vortices, laying the foundation for modern CFD-based intake optimization. Subsequent studies have extended these approaches to include combined rectification facilities and structural flow-control elements. Zheng et al. [6] demonstrated that integrated rectification measures substantially improve velocity uniformity in forebay chambers, while Zhang et al. [11] applied orthogonal experimental design methods to optimize diversion piers in side-intake pumping stations.

Geometric parameters of the forebay, particularly diffusion angle and partition wall configuration, have also been shown to significantly affect flow structure. Fan et al. [16] analyzed the influence of diffusion angle on flow field characteristics and identified critical thresholds

beyond which vortex intensity increases. Shi et al. [13] evaluated the impact of partition wall length on inlet flow regimes in parallel pumping arrangements, confirming the sensitivity of hydraulic performance to structural proportions. Moreover, Dimas and Vouros [17] demonstrated experimentally that cross-flow velocity at the forebay entrance strongly influences swirl intensity within the suction pipe.

Sediment-related phenomena remain a major challenge in irrigation pumping stations. Dou et al. [9] numerically investigated sediment transport processes in intake forebays, highlighting the interaction between turbulence structures and particle trajectories. More recently, Arifjanov et al. [1] analyzed turbidity distribution within a pumping station forebay, emphasizing the necessity of integrating sediment modeling into hydraulic design. Complementary research on particle motion trajectories and flow modeling methods in intake structures was reported in [20, 22], confirming the effectiveness of CFD-based analytical approaches for predicting sediment behavior.

Flow-induced vibration and instability problems have also been addressed through computational optimization of forebay and suction chamber geometry. Wang et al. [8] demonstrated that flow field optimization significantly reduces pump vibration in parallel circulation systems. Gong et al. [18] further investigated vortex and cavitation dynamics in axial-flow pumps, showing the strong dependence of vortex evolution on upstream flow conditions. In addition, Luo et al. [10] examined vortex energy behavior in lateral pumping stations, contributing to the understanding of energy redistribution within intake chambers.

Despite the significant progress achieved in flow rectification and sediment control strategies, limited attention has been given to the combined influence of diffusion geometry and large-scale vortex formation in real-scale pumping station forebays under design operating conditions. Many previous studies focused either on localized rectification elements or simplified intake configurations, leaving a gap in comprehensive three-dimensional hydrodynamic assessment for practical engineering projects.

Therefore, the present study develops a full-scale three-dimensional hydrodynamic model of a real pumping station forebay and evaluates its internal flow regime using the RANS approach coupled with a realizable k–ε turbulence model. Special attention is given to identifying unfavorable hydraulic structures and assessing corrective measures aimed at improving velocity uniformity and reducing vortex intensity. The results contribute to the optimization of forebay geometry and provide engineering recommendations for enhancing the hydraulic reliability of pumping stations operating under variable flow conditions.

2. Methodology

2.1. Model Description

The hydraulic behavior within the pumping station forebay was investigated using a three-dimensional computational fluid dynamics (CFD) framework based on the incompressible Reynolds-Averaged Navier–Stokes (RANS) equations. The RANS formulation is widely applied for simulating turbulent hydrodynamic processes in engineering systems.

Among turbulence closure approaches, two-equation models are commonly used due to their balance between computational efficiency and predictive accuracy. In this study, the k--ε turbulence model was adopted. The model solves two additional transport equations: one for turbulent kinetic energy (k) and another for its dissipation rate (ε). These variables are used to determine the turbulent eddy viscosity required to close the momentum equations.

The pumping station is equipped with five D 2000-100b-4 pumps, four operating and one in reserve. The supply channel has a rectangular cross-section with a length of 2~m. The central diffusion angle of the forebay expansion is $\alpha = 44^{\circ}$, and the bottom slope is $i = 0.2$. Five vertical columns are arranged in a staggered configuration to reduce sediment accumulation and stabilize the inflow toward the intake chambers and suction pipes.

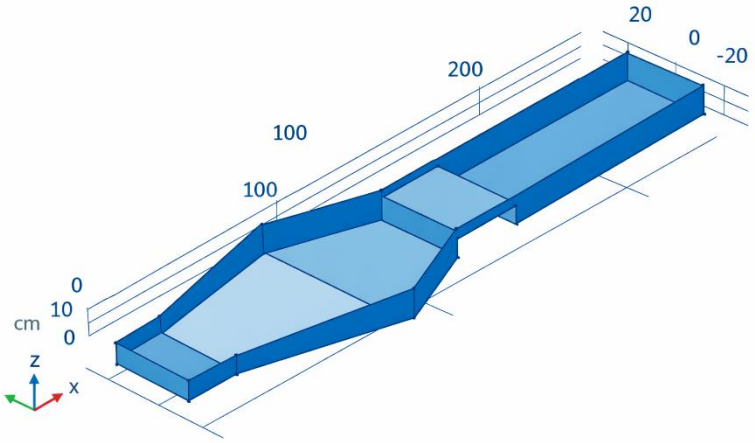


Figure 1. Three-dimensional computational model of the water intake structure.

A full three-dimensional computational domain was constructed, including the supply channel, forebay expansion, structural columns, intake chambers, and suction pipes. Grid independence tests were conducted to ensure mesh-independent results.

2.2. Governing Equations

The flow of incompressible fluid is governed by the conservation equations of mass and momentum.

Continuity equation

$$\frac{\partial u_i}{\partial x_i} = 0 \tag{1}$$

Momentum equation (RANS form)

$$\rho \frac{\partial u_i}{\partial t} + \rho u_j \frac{\partial u_i}{\partial x_j} = -\frac{\partial p}{\partial x_i} + \frac{\partial}{\partial x_j}\left(\mu_{\text{eff}} \frac{\partial u_i}{\partial x_j}\right) + \rho g_i \tag{2}$$

where u_i and u_j are velocity components, ρ is the fluid density, p is the pressure, μ_{eff} is the effective viscosity, and g_i represents gravitational acceleration components.

The effective viscosity is defined as:

$$\mu_{\text{eff}} = \mu + \mu_t \tag{3}$$

where μ is molecular viscosity and μ_t is turbulent eddy viscosity.

For multiphase flow consideration, the averaged density is given by:

$$\rho = \alpha_w \rho_w + \alpha_a \rho_a \tag{4}$$

where α_w and α_a are volume fractions of water and air phases, respectively.

2.3. Turbulence Model

The intake flow is characterized by high Reynolds numbers and strong recirculation within the expansion region. The standard k--ε turbulence model was used to represent turbulent effects.

Transport equation for turbulent kinetic energy (k)

$$\frac{\partial(\rho k)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i k)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_k}\right)\frac{\partial k}{\partial x_j}\right] + G_k - \rho\varepsilon \tag{5}$$

Transport equation for dissipation rate (ε)

$$\frac{\partial(\rho \varepsilon)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u_i \varepsilon)}{\partial x_i} = \frac{\partial}{\partial x_j}\left[\left(\mu + \frac{\mu_t}{\sigma_\varepsilon}\right)\frac{\partial \varepsilon}{\partial x_j}\right] + C_1 \frac{\varepsilon}{k} G_k - C_2 \rho \frac{\varepsilon^2}{k} \tag{6}$$

The turbulent eddy viscosity is calculated as:

$$\mu_t = C_\mu \rho \frac{k^2}{\varepsilon} \tag{7}$$

where G_k represents the production of turbulent kinetic energy due to mean velocity gradients.

Model constants (C_μ, C_1, C_2, σ_k, σ_ε) were selected according to established empirical recommendations for high-Reynolds-number hydraulic flows. Sensitivity analysis was conducted to ensure stable and physically consistent results.

3. Boundary Conditions

3.1 Inlet Boundary

The inlet boundary was located sufficiently upstream of the forebay to ensure a stable and nearly fully developed turbulent inflow. The main velocity component was prescribed in the longitudinal direction of the channel, while transverse velocity components were assumed negligible. Turbulence parameters were defined based on the inlet velocity and a characteristic length scale related to the water depth, ensuring physically realistic inflow conditions.

3.2 Outlet Boundary

At the outlet section, a pressure-outlet boundary condition was applied. The outflow was assumed to be predominantly one-directional toward the pump suction pipe. Turbulence quantities were specified consistently with the inlet conditions to maintain numerical stability and convergence.

3.3 Free Surface

Considering the relatively low approach velocity and small surface oscillations in the intake channel, the upper boundary was treated as a symmetry (slip-type) boundary. This assumption neglects vertical shear stress at the free surface and is appropriate for steady-state hydraulic simulations under normal operating conditions.

3.4 Solid Walls

All solid boundaries were modeled using no-slip conditions. Standard wall treatment was applied to represent near-wall turbulence behavior. The computational mesh was refined near walls to improve the accuracy of velocity gradient prediction in the boundary layer region.

The simulations were conducted within the RANS framework. The inlet was defined at the entrance to the forebay, and the outlet was specified at the pump suction pipe entrance.

4. Results and Discussion

4.1 Numerical Solution Procedure

The numerical simulations were carried out using the COMSOL Multiphysics environment. The selection of the solver configuration was based on the complexity of the two-phase turbulent flow model and the need to ensure stable convergence.

A fully coupled solution approach was applied for solving the governing equations. The direct linear solver PARDISO was employed to enhance numerical robustness and computational efficiency. The nonlinear system of equations was solved using the Newton iterative method with a damping factor of 0.1 to improve convergence stability.

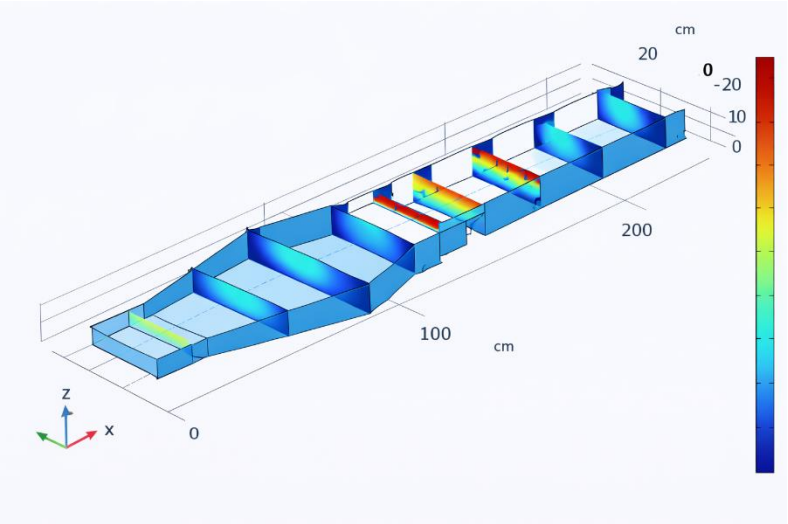


Figure 2. Velocity field distribution along the transverse walls of the water intake structure.

The maximum number of iterations was set to 150 for each solution step. The tolerance level was defined as 1, while the residual scaling factor was set to 1000 to control convergence criteria. These parameters ensured numerical stability without excessive computational cost.

4.2 Flow Velocity Distribution Along the Forebay Sidewalls

Figure 2 presents the simulated velocity distribution along the transverse sidewalls of the intake structure obtained using the RANS approach with the k–ε turbulence model in COMSOL Multiphysics. The color contour illustrates the spatial variation of flow velocity within the forebay. Higher velocities are observed in the contraction zone of the structure, where flow acceleration occurs due to geometric narrowing. In this region, the velocity reaches approximately 0.18 m/s. Conversely, lower velocity zones (around 0.02 m/s) are identified in regions farther from the main flow core, indicating weaker circulation and potential flow stagnation.

The increase in velocity within the narrowing section suggests localized intensification of turbulence and possible formation of high-shear regions. Such hydraulic behavior may lead to non-uniform flow distribution and requires consideration during structural optimization.

Along the transverse walls, noticeable variation in velocity magnitude is observed. This non-uniformity is attributed to the interaction between the incoming flow and the geometric configuration of the forebay. The wall-induced redistribution of velocity affects the overall symmetry of the flow field and may influence sediment transport and deposition patterns across the intake width.

Overall, the simulation results demonstrate that structural geometry plays a significant role in shaping the internal flow regime. Identifying zones of acceleration and recirculation is essential for improving hydraulic performance and ensuring uniform inflow conditions at the pump suction entrance.

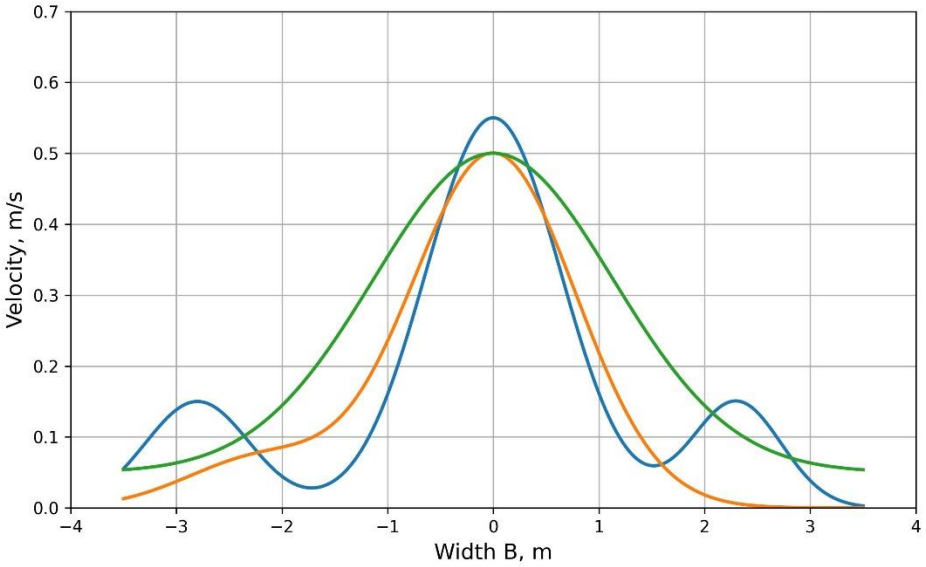


Figure 3. Contour plot of velocity distribution on the intake structure surface.

For this analysis, three gates were installed perpendicular to the flow direction within the forebay (see Fig. 2). According to the velocity distribution along section 1–1, located in the forebay chamber, the maximum flow velocity was observed at the central region and reached 0.6 m/s. However, at a distance of 2.16 m from the centerline, the velocity decreased to 0.23 m/s (see Fig. 3). The maximum velocity gradient between the central axis and the peripheral zone reached approximately 0.37 m/s, indicating pronounced non-uniformity of the inflow pattern. This reduction in velocity can be attributed to the formation of recirculation zones within the forebay, as illustrated in the corresponding flow pattern.

At section 2–2, the maximum recorded velocity reached 0.52 m/s at the designated peak location. Meanwhile, at a distance of 0.6 m from the flow centerline, the velocity decreased

significantly to approximately 0.01 m/s, indicating the presence of weak-flow or near-stagnation regions.

Conclusion

This study developed and implemented a comprehensive methodology for evaluating and improving the hydraulic performance of water intake structures and pumping stations. The application of the Reynolds-Averaged Navier–Stokes (RANS) equations coupled with the k–ε turbulence model enabled detailed simulation of flow distribution and sediment transport processes within the forebay. The numerical framework provided reliable prediction of velocity fields and allowed assessment of the influence of hydraulic parameters on pumping station efficiency and sediment accumulation behavior.

The analysis of sediment fractional composition demonstrated that variations in flow velocity significantly affect the spatial distribution of particle fractions, particularly within the ranges of 0.25–0.1 mm, 0.1–0.05 mm, and 0.05–0.01 mm. Changes in flow structure alter deposition zones and may contribute to impeller erosion, thereby reducing pump service life. The simulation results facilitated identification of optimal hydraulic conditions that minimize sediment deposition and improve inflow uniformity at the suction entrance.

In addition, the study highlighted the economic limitations of conventional mechanical sediment removal methods. Comparative evaluation indicates that the proposed hydraulic cleaning solution, based on utilizing flow energy through a sill-type rectification structure, substantially reduces sediment removal costs relative to mechanical excavation. Beyond economic advantages, the proposed configuration contributes to extending pump impeller durability by reducing abrasive wear. Overall, the findings confirm that advanced numerical modeling is an essential tool for diagnosing hydraulic inefficiencies and developing technically and economically sustainable solutions for pumping station operation. The proposed approach enhances hydraulic reliability, reduces maintenance costs, and supports long-term operational stability of water intake systems under variable flow conditions.

References

[1]. Arifjanov, A., Atakulov, D., Sattorov, A., Melikuziyev, S., Juraboyev, I. (2024). Analysis of the turbidity process in the pumping station forebay for the water management, in: IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. IOP Publishing, 12038. http://dx.doi.org/10.1088/1755-1315/1420/1/012038

[2]. Yang, F., Zhang, Y., Liu, C., Wang, T., Jiang, D., & Jin, Y. (2021). Numerical and Experimental Investigations of Flow Pattern and Anti-Vortex Measures of Forebay in a Multi-Unit Pumping Station. *Water*, *13*(7), 935. https://doi.org/10.3390/w13070935

[3]. Nasr, A., Yang, F., Zhang, Y., Wang, T., & Hassan, M. (2021). Analysis of the Flow Pattern and Flow Rectification Measures of the Side-Intake Forebay in a Multi-Unit Pumping Station. *Water*, *13*(15), 2025. https://doi.org/10.3390/w13152025

[4]. Wang, H., Li, C., Lu, S., & Song, L. (2022). The flow patterns and sediment deposition in the forebay of a forward-intake pumping station,". *Physics of Fluids*, *34*(8), 083316. https://doi.org/10.1063/5.0107905

[5]. Qiao, Q., Wang, H., Huang, L., Jing, H., Wang, B. (2024). Impact of inlet flow velocity on sediment reduction in pump station forebays. Phys. Fluids 36(11). https://doi.org/10.1063/5.0238249

[6]. Zheng, X., Zhang, P., Zhang, W., Yu, Y., & Zhao, Y. (2023). Numerical Study on the Influence of Combined Rectification Facilities on the Flow in the Forebay of Pumping Station. *Water*, *15*(21), 3847. https://doi.org/10.3390/w15213847

[7]. Mi, Z. H., Zhou, D. Q., & Mao, Y. T. (2012). Three-dimensional CFD simulation of solid-liquid two-phase flow in the pumping station forebay with sills. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (EES), 15(6), [8 p.]. https://doi.org/10.1088/1755-1315/15/6/062027

[8]. Wang, W., Zhen, J., Xu, W., Guo, J., & Zhai, Y. (2022). Numerical Study of Flow Field Optimization for Forebay and Suction Chamber to Solve the Vibration of Pumps in a Parallel Circulation Pumping Station. *Machines*, *10*(8), 680. https://doi.org/10.3390/machines10080680

[9]. Dou, S., Yu, M., Yang, G., & Dou, C. (2010). Numerical simulation sediment movement in water intake forebay. *Journal of Sediment Research*, (01), 58–62. https://doi.org/10.16239/j.cnki.0468-155x.2010.01.007

[10]. Luo, C., Zhang, L., Wang, T., Liu, H., Cheng, L., Lu, M., Jiao, W. (2024). Vortex energy behaviors in the forebay of lateral pumping station for Y-type channel. Phys. Fluids 36(7). https://doi.org/10.1063/5.0217558

[11]. Zhang, C., Yan, H., Jamil, M. T., & Yu, Y. (2022). Improvement of the Flow Pattern of a Forebay with a Side-Intake Pumping Station by Diversion Piers Based on Orthogonal Test Method. *Water*, *14*(17), 2663. https://doi.org/10.3390/w14172663

[12]. Akhmedkhodjaeva, I., Yuldasheva, H., Apakhodjaeva, T., Sattorov, A., & Melikuziyev, S. (2024, December). Improving the method of calculating the water balance of the Khan canal. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1420, No. 1, p. 012039). IOP Publishing.
[13]. Shi, W., Lv, F., Yu, X., Wang, X., Ni, C., Lu, W., & Xu, L. (2024). Influence of Partition Wall Length on Inlet Flow Regime of a Pumping Station Arranged in Parallel with a Sluice Gate. *Processes*, *12*(4), 699. https://doi.org/10.3390/pr12040699
[14]. Arifjanov, A., Sattorov, A., Madaliev, M., Abdulkhaev, Z., & Madrakhimov, M. (2025). Numerical simulation of the flow rectification measures in the forebay of the pumping station. Acta hydrotechnica, 38(68), 1-14. https://doi.org/10.15292/acta.hydro.2025.01
[15]. G. S. Constantinescu and V. C. Patel , " Numerical model for simulation of pump-intake flow and vortices," J. Hydraul. Eng. 124(2), 123–134 (1998). https://doi.org/10.1061/(ASCE)0733-9429(1998)124:2(123)
[16]. Fan, X., Dong, C., Wang, Z., Lu, Y., & Yao, W. (2023). Influence of diffusion angle on flow field structure in forward intake forebay of pumping station. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, *39*(01), 92–99. https://doi.org/10.11975/j.issn.1002-6819.202208112
[17]. Dimas, A. A., & Vouros, A. P. (2012). Effect of cross-flow velocity at forebay on swirl in pump suction pipe: Hydraulic model of seawater intake at Aliveri Power Plant in Greece. *Journal of Hydraulic Engineering*, *138*(9), 812-816. https://doi.org/10.1061/(ASCE)HY.1943-7900.0000576
[18]. Gong, J., Luo, W., Wu, T., & Zhang, Z. (2022). Numerical analysis of vortex and cavitation dynamics of an axial-flow pump. *Engineering Applications of Computational Fluid Mechanics*, *16*(1), 1921–1938. https://doi.org/10.1080/19942060.2022.2122570
[19]. Luo Can, Qian Jun, Liu Chao, Chen Feng, Xu Jian, Zhou Qinglian. Numerical simulation and test verification on diversion pier rectifying flow in forebay of pumping station for asymmetric combined sluice-pump station project[J]. Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE), 2015, 31(7): 100-108. doi:10.3969/j.issn.1002-6819.2015.07.015
[20]. Arifjanov, A. M., Sattorov, A. X., Atakulov, D., & Iminov, I. X. (2023). Method of calculation of the flow motion model in water intake facilities. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1231(1), 012060. doi:10.1088/1755-1315/1231/1/012060
[21]. Akhmedkhodjaeva et al 2024 IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 1420 012039 doi:10.1088/1755-1315/1420/1/012039
[22]. Arifjanov, A., Sattorov, A., Babajanov, F., & Atakulov, D. Determination of the trajectory of sedition of fluid particles in the forebay of pumping stations. In E3S Web of Conferences (Vol. 452, p. 02020). EDP Sciences. (2023). https://doi.org/10.1051/e3sconf/202345202020

QOZIQ POYDEVORLARNI SEYSMIK YUKLAR TA'SIRIDA ISHLASH XUSUSIYATLARI

M.M. Baxromov

Farg'ona davlat texnika universiteti,
Baxromov2945@gmail.com
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya. *Qoziqli poydevorlarning zilzilabardoshlik muammosi, qurilish maydonining hisobiy seysmikligiga ta'siri, seysmik ta'sirlarning gorizontal tarkibiy qismi, zichroq grunt seysmik ta'sir kuchini kamaytirishi, "inshoot — asos" tizimining tebranishi, gilli gruntlar , qumli gruntlar, grunt sharoiti va tadqiq etilmagan qoziq turlari uchun yuk ko'tarish qobiliyatini aniqlash, qoziqli poydevorlarning seysmik ta'sirlar sharoitidagi yuk ko'tarish qobiliyatini aniqlash usullari.*

Kalit so'zlar. *Qoziqli poydevorlar, maydon seysmikligi, seysmik ta'sirlar, grunt, gorizontal yuklar, "inshoot — asos", yuk ko'tarish qobiliyati.*

Аннотация. *Проблема сейсмостойкости свайных фундаментов, влияние расчетной сейсмичности строительной площадки, горизонтальная составляющая сейсмических воздействий, уменьшение силы сейсмического воздействия более плотными грунтами, колебания системы «сооружение — основание», глинистые грунты, песчаные грунты, определение несущей способности для грунтовых условий и неизученных типов свай, а также методы определения несущей способности свайных фундаментов в условиях сейсмических воздействий.*

Ключевые слова: *свайные фундаменты, сейсмичность площадки, сейсмические воздействия, грунт, горизонтальные нагрузки, «сооружение — основание», несущая способность.*

Annotation.

The problems of seismic resistance of pile foundations, the influence of the design seismicity of the construction site, the horizontal component of seismic effects, the reduction of seismic impact intensity by denser soils, the vibration of the "structure–foundation" system, clay soils, sandy soils, determining the bearing capacity for soil conditions and unexplored types of piles, and methods for determining the bearing capacity of pile foundations under seismic effects.

Keywords: *Pile foundations, site seismicity, seismic effects, soil, horizontal loads, "structure–foundation", bearing capacity.*

Kirish. Poydevorlarning zilzilabardoshliligi muammosi bino va inshootlarning umumiy zilzilabardoshliligi muammosining bir qismi bo'lib, u ham umumiy muammoni hal etishdagi asosiy tamoyillar va yondashuvlar asosida yechim topishi lozim. Ma'lumki, inshootlarni seysmik ta'sirlarga hisoblash quyidagi tartibda amalga oshiriladi: qurilish maydoni tanlanganidan so'ng, yer qatlamining xususiyatlariga muvofiq holda maydonning hisobiy ballligi butun hududning seysmik ballligiga nisbatan aniqlanadi; so'ngra inshootning dinamik xususiyatlari baholanadi — ya'ni uning tabiiy tebranish chastotalari va shakllari aniqlanadi. SHuningdek, inshootga ta'sir etuvchi seysmik yuklamalar belgilanib, bino yoki inshootlarning konstruktsiya elementlari seysmik ta'sirlarni hisobga olgan holda yuklamalarning maxsus birlashmasi bo'yicha yuk ko'tarish qobiliyati bo'yicha hisoblanadi.

Uslub. Ko'rsatilgan umumiy seysmik ta'sirlarga inshootlarni hisoblash jarayonida qoziqli poydevorlar turli bosqichlarda namoyon bo'lishi mumkin.

Birinchidan, masalan, qoziqli poydevorlarning qurilish maydonining hisobiy seysmikligiga ta'siri haqidagi savol tug'iladi. Bu masala ma'lum darajada nazariy bo'lib, hali to'liq yechimini topmagan. SHunga qaramasdan, bu borada ayrim fikrlarni bildirish mumkin. Masalan, agar bo'sh grunt qatlamlarini kesib o'tib, toshloq qatlamga tayanadigan ustun-qoziqlarlar qo'llanilsa, muayyan sharoitlarda inshoot vertikal yuklamalarni qabul qilish jihatidan to'g'ridan-to'g'ri toshloq asosga tayangan holatga yaqin ta'sirlarni his qilishi mumkin. Boshqacha aytganda, qoziqli poydevorlar ma'lum darajada inshootga bo'layotgan vertikal yo'nalishdagi seysmik ta'sirlarni kamaytirishi mumkin.

Seysmik ta'sirlarning gorizontal tarkibiy qismini kamaytirish imkoniyati haqida ham savol tug'ilishi mumkin, chunki ma'lumki, qoziqlar gruntni zichlashtiradi, demak, umumiy qarashlarga ko'ra, zichroq grunt seysmik ta'sir kuchini kamaytiradi deb kutilsa bo'ladi. Tamoyilan bu holat ma'lum darajada tabiiy sharoitda o'tkazilgan tajriba natijalari bilan ham tasdiqlanadi.

Biroq, umuman olganda, qoziqli poydevorlarning seysmik kuchlarga ta'siri haqidagi ma'lumotlar hozircha yetarli emas, shu bois amaliyotda aniq tavsiyalar berish uchun asos yo'q, garchi bu masala shubhasiz olimlar e'tiboriga sazovordir.

Ikkinchidan, qoziqli poydevorlarning mavjudligi inshootlarning dinamik xususiyatlarini baholashda hisobga olinadi. Turli tuzilishdagi qoziqli poydevorlar (baland yoki past rostverk(zerkunda), qoziqlarning rostverk bilan bog'lanish sharoiti, qoziqning ko'ndalang kesimi o'lchami) inshootning tabiiy tebranish chastotalari va shakllariga ma'lum darajada ta'sir ko'rsatishi, shuningdek, bu tebranishlar vaqtida inshootda yuzaga keladigan yuklamalarni ham o'zgartirishi mumkin.

Uchinchidan, inshoot elementlarining yuk ko'tarish qobiliyatini baholashda qoziqli poydevorning ham yuk ko'tarish qobiliyatini, ya'ni mazkur elementlardan biri sifatida, baholash zarur. Bu yerda seysmik ta'sir kuchining intensivligi bilan qoziqli poydevorlarning mavjudligi o'rtasidagi bog'liqlik masalasi ko'rib chiqilmaydi.

Qoziqli poydevorlar har doim ishonchli asos sifatida qaralgan va eng noqulay grunt sharoitida ham qo'llanilgan, shuning uchun ularning bu ishonchlilik xususiyati seysmik sharoitlarda ham namoyon bo'lishi mumkin, deb taxmin qilish mumkin. Zilzilalar oqibatlarini o'rganish natijalariga ko'ra, qoziqli poydevorlarda qurilgan inshootlarda qoldiq cho'kishlar kamroq bo'lgan va yer usti konstruktsiyalaridagi shikastlanishlar ham ancha oz bo'lgan. Biroq qoziqli poydevorlarni seysmik ta'sirlarga hisoblashda, gorizontal seysmik yuklamadan kelib chiqadigan egilish kuchlari ta'sirida qoziqlarning ishlashini hamda vertikal yuklamani yuk ko'tarish qobiliyati pasayish ehtimolini hisobga olish zarur.

Agar qoziqlarning zilzila vaqtidagi ishlashini ko'rib chiqadigan bo'lsak, ular "inshoot — grunt" deb ataluvchi yagona dinamik tizimning bir qismi hisoblanadi. Bu tizimda, bir tomondan, qoziqlar yer tebranishlarini gruntdan inshootga uzatadi, ikkinchi tomondan esa, tebranish jarayonida ishtirok etgan holda, inshootdan kelayotgan seysmik yuklamalarni qabul qiladi va konstruktiv element sifatida o'zining yuk ko'tarish qobiliyatini inshootning boshqa qismlaridan oldin yo'qotmasligi lozim. SHu munosabat bilan quyidagi savollar vujudga keladi: seysmik ta'sirlar vaqtida qoziqli poydevorlarda barpo etilgan inshootlar bilan tabiiy asosda qurilgan inshootlar o'rtasida grunt bilan o'zaro ta'sir jihatidan farq bormi? Bu murakkab tizimning qoziqli poydevorni ifodalovchi qismi o'zini qanday tutadi? Va nihoyat, qoziqli poydevorlarning yuk ko'tarish qobiliyatini qanday baholash mumkin?

Turli mualliflar tomonidan o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, past rostverkli qoziqli poydevorlarda va tabiiy asosda qurilgan bir xil tipdagi inshootlar asosiy ton tebranish davrlari bo'yicha deyarli bir xil qiymatlarga ega. Demak, bu ikki turdagi poydevorlarning elastiklik va dempferlovchi (tebranishni so'ndiruvchi) xususiyatlari ham deyarli bir xildir.

"Inshoot — asos" tizimining tebranish jarayonida qoziqli poydevorlarning qisman tizim sifatidagi rolini aniqlash uchun, avvalambor, qoziqli poydevorlarning dinamik xususiyatlarini — ya'ni ularning tabiiy tebranish chastotalari va shakllarini belgilash zarur. Bu masala nafaqat seysmikaga chidamli qurilish vazifalari bilan, balki mashinalar uchun poydevorlarni hisoblash va loyihalash muammolari bilan ham bog'liq bo'lgani uchun ko'p bor olimlar e'tiborini tortgan.

Qoziqli poydevorlarning gorizontal va vertikal ta'sirlar ostidagi dinamik xususiyatlarini o'rganish natijalari shuni ko'rsatdiki, to'liq gruntga botirilgan qoziqning tabiiy tebranish chastotalari juda yuqori bo'lib, o'nlab gerts bilan ifodalanadi. Ma'lumki, inshootlarning seysmik ta'sirlar paytidagi tebranish chastotalari, odatda, 10–15 Gts dan oshmaydi. SHuning uchun bunday tebranish chastotalarida qoziqlardagi dinamik kuchlanishlar statik kuchlanishlardan juda kam farq qiladi, ya'ni seysmik tebranishlar vaqtida qoziq qisman tizim sifatida kvazistatik deformatsiyalanadi va natijada uning kuchlanish- deformatsiya holatini tahlil qilishda inertsiya kuchlarini e'tiborga olmaslik mumkin.

Seysmik ta'sirlarni hisobga olgan holda qoziqlarning vertikal yuklamaga nisbatan ko'tarish qobiliyatini aniqlash bo'yicha ilk tajribalar SH. G. Napetvaridze va B. N. Samkov tomonidan osma qoziqlar modellarida o'tkazilgan. Tajribalar shuni ko'rsatdiki, seysmik tebranishlar vaqtida qoziqlarda qo'shimcha cho'kishlar yuzaga keladi, bu esa ularning yuk ko'tarish qobiliyati pasayishidan dalolat beradi. Bu pasayish seysmik ta'sirlar sharoitidagi qoziqning yuk ko'tarish qobiliyatining statik sharoitdagi yuk ko'tarish qobiliyatiga nisbati orqali aniqlanadigan koeffitsient bilan baholangan. Tajriba natijalariga ko'ra, ushbu koeffitsient gruntning fizik-mexanik xususiyatlariga, shuningdek, seysmik ta'sirning shiddati va davomiyligiga bog'liq ekanligi aniqlangan.

Tajribalar kichik masshtabdagi modellarda o'tkazilgan va ularning natijalari tabiiy sharoitda sinab ko'rilmagan bo'lsa-da, olingan "seysmiklik koeffitsientlari" grunt sharoitlari va seysmik ta'sir intensivligining qoziqlarning yuk ko'tarish qobiliyati pasayishiga qay darajada ta'sir ko'rsatishi haqida ma'lum tasavvur bergan.

Keyinchalik, ayrim qurilish maydonlarida belgilangan injener-geologik sharoitlar, qoziqlarning konstruktsiyasi va o'lchamlariga qarab, seysmik portlatish ta'sirida o'tkazilgan sinovlar natijalari asosida qoziqlarning yuk ko'tarish qobiliyati pasayish koeffitsientlari aniqlangan. Bu koeffitsientlar, odatda, faqat muayyan ob'ektlar uchungina qo'llanilgan.

Seysmik ta'sirlarni hisobga olgan holda o'tkazilgan model va tabiiy shartlardagi qoziqli poydevorlar sinovlari natijalari hamda amaliy qurilish tajribalari seysmik hududlarda quriladigan binolar va inshootlar uchun qoziqli poydevorlarni loyihalashga yondashuvni shakllantirish imkonini berdi.

Bu yondashuvning mohiyati shunda ediki, qoziqlarning vertikal yuklamani ko'tarish qobiliyatining pasayishi ish sharoiti koeffitsientini joriy etish orqali hisobga olingan:

— gilli gruntlar uchun — 0,6–0,8;

—qumli gruntlar uchun — 0,5–0,7.

SHu bilan birga, binodan qoziqlarga uzatiladigan gorizontal yuklamalar ham cheklangan — sinov natijalari bo'yicha yoki sinovlar bo'lmagan hollarda quyidagi miqdorlarda belgilangan:
— 30×30 sm kesimli qoziqlar uchun — 10 kN,
— 35×35 sm kesimli qoziqlar uchun — 15 kN,
— 40×40 sm kesimli qoziqlar uchun — 20 kN.

SHu asosda seysmik hududlarda quriladigan binolar uchun loyihalashtirilgan qoziqli poydevor konstruktsiyalari iqtisodiy jihatdan eng samarali variant bo'lmasligi mumkin, va ularni yanada takomillashtirish imkoniyati mavjud deb hisoblangan.

Qoziqli poydevorlarning seysmik ta'sirlar sharoitidagi ishlash jarayoni yetarlicha o'rganilmaganligi, shu bilan birga ularni ommaviy qurilishda qo'llashning maqsadga muvofiqligi sababli, qoziqli poydevorlarning seysmikaga chidamliligini keng qamrovda tadqiq etish zarurati tug'ildi. Mualliflar tomonidan kompleks tadqiqotlar amalga oshirilgan bo'lib, ularning ayrim natijalari [1,2] manbalarda nashr etilgan. Ushbu ishlar natijasida qoziqli poydevorlarning vertikal va gorizontal yuklamalarga nisbatan yuk ko'tarish qobiliyatini hisoblashning amaliy usullari ishlab chiqilgan, shuningdek, "inshoot — grunt" o'zaro ta'sirini hisobga olishda qoziqli poydevorlarning deformatsiyalanish xususiyatlarini inobatga olish bo'yicha tavsiyalar berilgan.

Natija. Hozirga qadar amalga oshirilgan tadqiqotlar natijasida muayyan turdagi gruntlar va qoziq konstruktsiyalari uchun seysmik ta'sirlar sharoitida yuk ko'tarish qobiliyati pasayish koeffitsientlari aniqlangan. SHuning uchun boshqa grunt sharoiti va tadqiq etilmagan qoziq turlari uchun yuk ko'tarish qobiliyatini aniqlash maqsadida qoziqlarni tabiiy sharoitda sinovdan o'tkazish metodikasiga oid talablar ishlab chiqilgan.

O'tkazilgan tadqiqotlar va ular asosida ishlab chiqilgan qoziqli poydevorlarning seysmik ta'sirlar sharoitidagi yuk ko'tarish qobiliyatini aniqlash usullari keyinchalik hisoblash usullarini yaratishga zamin yaratdi va bu usullar normativ hujjatlarga kiritildi.

Tadqiqotlar qoziqli poydevorlarning yuk ko'tarish qobiliyatidagi zaxiralarni aniqlab, ular asosida ishonchli va iqtisodiy jihatdan samarali konstruktsiyalar loyihalash imkonini beruvchi hisoblash usullarini yaratishga imkon berdi. Tadqiqotlar natijalari shuni ko'rsatdiki:

1. Birinchidan, qoziqli poydevorlarning vertikal yuklamalarni ko'tarish qobiliyatini hisoblashda ish sharoiti koeffitsientlarini oshirish orqali yuqori qiymatlar qabul qilish mumkin.
2. Ikkinchidan, qoziqlarga uzatiladigan gorizontal yuklamalarni ancha katta miqdorda hisoblash imkoni paydo bo'ldi, bu esa 1–2 tonnaga cheklanib qolmay, grunt sharoiti va qoziqning armaturalanishi turiga qaramay aniq hisoblash usullaridan foydalanish orqali amalga oshiriladi.

Shuningdek, qoziqli poydevorning yangi konstruktsiyasini - ya'ni oraliq yostiqchaga ega qoziq poydevorni hisoblash usuli ishlab chiqilgan. Bu usul orqali gorizontal seysmik kuchlar qoziqlarga uzatilmay, grunt bo'ylab taqsimlanadi, ammo qoziqlarning vertikal yuklamalarni ko'tarishdagi barcha afzalliklari saqlanadi.

Seysmik ta'sirlarga moslashtirilgan qoziqli poydevorlarni hisoblash usullari bir qator loyihalash tashkilotlarida sinovdan o'tkazilgan va ular turli turdagi turar-joy, fuqaro va sanoat binolarini loyihalashda qo'llanilgan. O'rta yostiqchaga ega oddiy konstruktsiyali qoziqli poydevorlar seysmik hududlarda ommaviy qurilishda keng qo'llaniladi.

Masalan, yostiqchaga ega qoziqli poydevorlar asosida quyidagi ob'ektlar qurilgan:

- Qishinyovdagi besh qavatli turar-joy binolari;
- Toshkentdagi olti qavatli nashriyot binosi;
- Erevandagi sovutgich korpusi binosi va boshqalar.

Qurilgan binolar va inshootlar ba'zi hollarda hisobiy seysmik intensivlikka yaqin zilzilalarga duchor bo'lgan, ammo zilzila oqibatlarini o'rganish natijasiga ko'ra, poydevorlar va binolarda hech qanday shikastlar aniqlanmagan.

Belgilangan hisoblash usullarini seysmikaga chidamli qoziqli poydevorlarni loyihalashda qo'llash ba'zi hollarda qoziqlar sonini ikki barobar kamaytirish orqali sezilarli iqtisodiy samara berishi mumkin.

Bir qator loyihalash tashkilotlari tomonidan amalga oshirilgan loyihaviy qarorlarni taqqoslash tahlili ham mualliflar tomonidan ishlab chiqilgan usullarni qo'llashning iqtisodiy samaradorligini

ko’rsatdi. 1997—1998 yillarda “Fundamentproekt” tomonidan turli maqsadli fuqaro va sanoat ob’ektlarini variantli loyihalash va qurilgan ob’ektlarning texnik yechimlarini tahlil qilish natijalari shuni ko’rsatdiki, normativ hujjatlarga kiritilgan ushbu hisoblash usullarini qo’llash o’rtacha 25% iqtisodiy samara beradi, bu esa poydevorning narxi, shuningdek mehnat va material sarfini kamaytiradi. Bu taxminan turar-joy va jamoat binolari uchun har 1 m² maydonga 140,2 so’m iqtisodiy samarani tashkil qiladi.

Xulosa. Biroq o’tkazilgan tadqiqotlar qoziqli poydevorlarning seysmik chidamliligi muammosini to’liq hal qilgan deb hisoblash to’g’ri emas. Albatta, hali ham kengroq o’rganishni talab qiladigan savollar mavjud. Avvalo, zilzilalar vaqtida qoziqli poydevorlarda yuzaga keladigan qo’shimcha cho’kishlarni aniqlash bilan bog’liq kompleks tadqiqotlar o’tkazilishi zarur. SHuningdek, boshqa turdagi qoziqlarni o’rganish lozim: masalan, ildiz shaklidagi, yon yuzasi qiyaligi uncha katta bo’lmagan piramidal shaklli, kamuflet bilan kengaytirilgan va boshqa turdagi qoziqlar. SHuningdek, diametri katta qoziqlar va qoziq-qobiqlar bilan bog’liq tadqiqotlar davom ettirilishi lozim, chunki ularda dinamik faktorlar ta’siri kuchliroq bo’lishi mumkin va ko’p hollarda kvazistatik yondashuvdan foydalanish quyma va qoqma qoziqlarga nisbatan chegaralangan bo’lishi mumkin, bu esa seysmik ta’sirlar uchun inshootlarni hisoblash nazariyasini takomillashtirishni zamonaviy tendentsiyalariga muvofiq keladi.

Albatta, kelgusi tadqiqotlar qurilish amaliyotida yuzaga kelayotgan savollarga javob berishga mo’ljallangan bo’lishi kerak, masalan, injener-geologik shartlar bo’yicha avval qurilish uchun noma’lum deb hisoblangan hududlarda binolar va inshootlar barpo etilganda. Bu holatda hisoblash aniqligini oshirish talab qilinadi, va muayyan bosqichda seysmik hududlarda quriladigan binolar va inshootlar uchun mavjud qoziqli poydevorlarni hisoblash usullarini qayta ko’rib chiqish zarurati tug’ilishi mumkin.

Adabiyotlar

[1]. Ильичев В.А., Монголов Ю.В. Несущая способность свай с учетом сейсмических воздействий. – Тр. Ин-та / НИИ оснований и подземных сооружений. М., 1976.

[2]. Монголов Ю.В., Шаевич В.М. Несущая способность набивных свай при сейсмовзрывных воздействиях. – Тр. Ин-та / НИИ оснований и подземных сооружений. М., 1980. вып. 70.

[3]. Бахромов М.М. (2020). Исследование сил негативного трения оттаивающих грунтов в полевых условиях. Молодой ученый, (38), 24–34.

[4]. Бахромов М.М., Отақулов Б.А., Рахимов Э.Х.У. (2019). Определение сил негативного трения при оттаивании околосвайного грунта. European science, (1 (43)), 22–25.

[5]. Бахромов М.М., Рахманов У.Ж. (2020). Проблемы строительства на просадочных лессовых и слабых грунтах и их решение. Internauka, (37-1), 5–7.

[6]. Бахромов М.М., Рахмонов У.Ж. (2019). Дефекты при проектировании и строительстве оснований и фундаментов. Проблемы современной науки и образования, (3 (136)), 76–79.

[7]. Бахромов М.М. (2022). Механические характеристики грунта и прогноз закономерности воздействия сил негативного трения по боковой поверхности сваи. Pedagogs jurnali, 10(3), 162–167.

[8]. Бахромов М.М., Умаров Ш.А. (2016). Определение сил трения по боковой поверхности свайных фундаментов. Научно-технический журнал. Фергана. Изд-во ФарПИ, (4), 57–63.

[9]. Mamatkhanovich, B. M., & Malikov, S. S. (2022). Strength And Deformability Of Metal GlassPlastic Shells Taking Into Account Shear Rigidity. The Peerian Journal, 12, 79-86.

[10]. Mamatkhanovich, B. M. (2022). CONSTRUCTION OF FOUNDATIONS IN GRUNTS WITH VARIABLE STRUCTURES. Spectrum Journal of Innovation, Reforms and Development, 10, 115-120.

[11]. Mamathanovich, B. M. (2023). CONSTRUCTION OF FOUNDATIONS ON DRY SOILS. Spectrum Journal of Innovation, Reforms and Development, 21, 294-297.

[12]. Mamatkhanovich, B. M. (2022). Construction of Grounds and Foundations on Bulk Soil. Miasto Przyszłości, 201-205.

[13]. Bakhromov, M. M., Rakmanov, U. J., & Otaboev, A. B. U. (2021). Problems of construction on insulated forest and weak soils and their solution. Asian Journal of Multidimensional Research, 10(10), 604-607.

[14]. QMQ 2.02.03-21. Qoziqli poydevorlar. O‘zbekiston Respublikasi Davlat arxitektura va qurilish qo‘mitasi . 2024y.

[15]. QMQ 2.01.03-19. Seysmik hududlarda qurilish. O‘zbekiston Respublikasi Davlat arxitektura va qurilish qo‘mitasi . 2019y.

УДК 625.8

ПОВЫШЕНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПЕРЕРАБОТАННОГО АСФАЛЬТОБЕТОНА ПОСРЕДСТВОМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГЕОПОЛИМЕРА НА ОСНОВЕ ЗОЛЫ-УНОСА

О.А. Отажонов[1]*, У.Ж. Нигматов[1]

[1]Ферганский государственный технический университет
E-mail: olmosbekotajonov@gmail.com
ORCID: 0000-0003-0830-2989
E-mail: ulugbeknigmatov488@gmail.com
ORCID: 0000-0002-2878-5327
**Автор для корреспонденции, e-mail: olmosbekotajonov@gmail.com*
(Получена 22.02.2026 г.)

Аннотация. *В данной статье представлен анализ научных работ по физико-механическим свойствам переработанного асфальтобетона и геополимера на основе золы-уноса в качестве дорожно-строительных материалов. В качестве водного щелочного активатора использовалась смесь раствора гидроксида натрия (NaOH) и раствора силиката натрия (Na_2SiO_3). Для оценки прочности были проведены испытания образцов на сжатие, приготовленных из смеси переработанного асфальтобетона и геополимера на основе золы-уноса с добавлением и без добавления щелочного активатора. Изменение показателей прочности образцов были изучены с помощью сканирующей электронной микроскопии, рентгеновской дифракции и флуоресцентного анализа.*

Ключивые слова*: переработанный асфальтобетон, битум, зола-унос, геополимер, асфальт, прочность на сжатие, щелочной активатор.*

Annotatsiya. *Mazkur maqolada uchuvchi kul asosidagi geopolimerdan foydalanish orqali yo‘l qurilishida ishlatiladigan materiali sifatida qayta ishlov berilgan asfalt-betonni fizik-mexanik xossalari o‘rganilgan ilmiy ishlar tahlili yoritilgan. Suvli ishqoriy faollashtiruvchi sifatida natriy gidroksid eritmasi (NaOH) va natriy silikat eritmasi (Na_2SiO_3) aralashmasidan foydalanilgan. Mustahkamlikni baholash uchun siqilishdagi mustahkamlik xossasi qayta ishlangan asfalt qoplamasi va uchuvchi kul geopolimeri aralashmasi bilan ishqoriy faollashtiruvchi qo‘shilgan va qo‘shmasdan tayyorlangan namunalarda amalga oshirilgan. Mustahkamligining rivojlanishi skanerlovchi elektron mikroskopiya, rentgen diffraksiyasi va fluorestsentsiyasi tahlillari orqali o‘rganilgan.*

Tayanch so‘zlar: *qayta ishlangan asfalt qoplamasi, bitum, uchuvchi kul, geopolimer, asfalt, siqilishdagi mustahkamlik, ishqoriy faollashtiruvchi.*

Abstract. *This article presents an analysis of scientific papers on the physical and mechanical properties of recycled asphalt concrete and fly ash based geopolymer as road construction materials. A mixture of sodium hydroxide (NaOH) and sodium silicate (Na_2SiO_3) solutions was used as an aqueous alkaline activator. To assess strength, compression tests were conducted on specimens prepared from a mixture of recycled asphalt concrete and fly ash based geopolymer with and without the addition of an alkaline activator. Changes in specimen strength were studied using scanning electron microscopy, X-ray diffraction, and fluorescence analysis.*

Keywords: *recycled asphalt concrete, bitumen, fly ash, geopolymer, asphalt, compressive strength, alkaline activator.*

1. Kirish. So‘nggi yillarda infratuzilma sohasida qurilish va rekonstruksiya ishlarida qayta ishlangan materiallardan foydalanishga bo‘lgan qiziqish ortib bormoqda. Qayta ishlangan asfalt qoplamasi – xizmat muddatini tugatgan yo‘llardan qazib olingan asfalt materialidir [1, 2]. Qayta ishlangan asfalt qoplamasi asosan shag‘al, maydalangan tosh va bitumli bog‘lovchilardan iborat. Qayta ishlangan asfalt qoplamasi yo‘l asoslari, quyi asoslar, asfaltbeton aralashmalar, to‘g‘onlar va qayta to‘ldirish ishlari kabi ko‘plab sohalarda muvaffaqiyatli qo‘llanib kelmoqda [3, 4]. Qayta ishlangan asfalt qoplamasi materiallaridan foydalanish ekologik foyda keltiradi va poligonlarga tashlanadigan qurilish chiqindilari hajmini sezilarli darajada kamaytiradi.

2. Adabiyotlar tahlili. Qayta ishlangan asfalt qoplamasi tabiiy inert (toza) materiallarga nisbatan arzonligi sababli asos va quyi asos qatlamlarida tobora ommalashib bormoqda. Qayta

ishlangan asfalt qoplamasining barqaror qo‘llanilishi yangi avtomagistral qoplamalarini qurishda katta iqtisodiy tejash imkonini beradi [5]. Biroq qayta ishlangan asfalt qoplamasining ko‘plab partiyalari sanoat tomonidan to‘liq qabul qilinmaydi, chunki uning mustahkamlik va qattiqlik ko‘rsatkichlari past bo‘ladi [6, 7].

Qayta ishlangan asfalt qoplamasini yuqori sifatli tabiiy yoki qayta ishlangan materiallar bilan aralashtirish bo‘yicha bir qator izlanishlar olib borilgan bo‘lsa-da, bunday aralashmalar ko‘pincha mahalliy yo‘l standartlariga to‘liq javob bermaydi [8, 9]. Saride va hammualliflar [10] qayta ishlangan asfalt qoplamasini uchuvchi kul bilan turli foizlarda mustahkamlashni o‘rganib, qisqa muddatda (1 va 7 kun) uchuvchi kul foizi 30 % gacha oshirilganda elastik moduli ortishini aniqlangan. Ammo 7 kunlik maksimal mustahkamligi 1497 kPa bo‘lgani uchun bu ko‘rsatkich asos qatlamlari uchun talab etiladigan minimal me’yordan past bo‘lgan.

Yana bir tadqiqotda *Saride* va hammualliflari [11] qayta ishlangan asfalt qoplamasi: uchuvchi kul = 80:20 aralashmasi 40 % uchuvchi kul qo‘shilganda past qatlamlar uchun zarur bo‘lgan mustahkamlik ko‘rsatkichlariga javob berishi aniqlagan. *Mohammadinia* va hammualliflar [12] esa uchuvchi kul va domna shlakidagi geopolimer bilan mustahkamlangan qayta ishlangan asfalt qoplamasining 7 kunlik qotishdan so‘ng faqat quyi asos talablariga mos kelishini ko‘rsatgan.

Bir qator tadqiqotlar sement bilan mustahkamlangan qayta ishlangan asfalt qoplamasining asos va quyi asos talablari bo‘yicha yetarli ekanini ko‘rsatgan [13, 14, 15]. Ammo Portland sement ekologik xavfsiz material hisoblanmaydi, chunki uni ishlab chiqarish jarayoni katta miqdorda CO_2 ajratadi. Bir tonna Portland sement klinkeri ishlab chiqarish jarayonida to‘g‘ridan-to‘g‘ri 0,55 tonna CO_2 va yoqilg‘i yonishi orqali qo‘shimcha 0,40 tonna CO_2 ajraladi [16]. Ya’ni 1 tonna Portland sement ishlab chiqarish ~1 tonna CO_2 chiqindiga teng [17, 18].

Shu sabab ekologik xavfsiz va past uglerodli mustahkamlash texnologiyalarini izlash zarurati paydo bo‘ldi. Geopolimer – aluminosilikat tarkibli materialning ishqoriy faollashtirilishi natijasida hosil bo‘ladigan, keng qo‘llanilayotgan ekologik toza bog‘lovchi hisoblanadi. Geopolimerizatsiya jarayoni ishqor ta’sirida kremniy va alyuminiy oksidlarining reaksiyaga kirishib, uch o‘lchamli siliko-aluminat tuzilmani hosil qilishi bilan kechadi [19, 20]. Geopolimerning uch asosiy tuzilishi mavjud:

- **Poli-sialat** (– Si – O – Al – O –);
- **Poli-sialat-silokso** (– Si – O – Al – O – Si – O –);
- **Poli-sialat-disilokso** (– Si – O – Al – O – Si – O – Si – O –).

Geopolimerlar uchuvchi kul, shlak, guruch po‘stlog‘i kuli va quyi kul kabi materiallarga ishqoriy faollashtiruvchi qo‘llash orqali olinadi. Ularning CO_2 chiqindisi kam va energiya sarfi past [21]. Tailandda issiqlik elektr stansiyalari yiliga 4 mln tonna uchuvchi kul va quyi kul hosil qiladi, ammo uning faqat 1,8 mln tonnasi sement sanoatida qo‘llaniladi, qolgan qismi chiqindi sifatida saqlanadi [22]. uchuvchi kul tarkibidagi amorf kremniy va alyuminiy miqdori yuqori bo‘lgani uchun u geopolimer ishlab chiqarishda juda qulay materialdir [23].

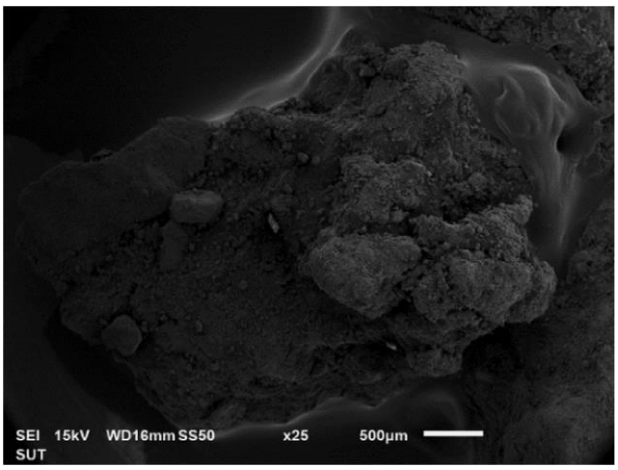
Geopolimerlar so‘nggi yillarda tuproqni mustahkamlash, g‘isht va blok mahsulotlari ishlab chiqarishda qo‘llanilmoqda. Ular sulfatga chidamlilik va bosimga mustahkamlik bo‘yicha sementdan ustun ekani isbotlangan [24, 25]. *Suksiripattanapong* va *Horpibulsuk* [26, 27] uchuvchi kul asosidagi geopolimer yordamida suv tozalash loylarini mustahkamlab, konstruktiv bo‘lmagan qurilish bloklarini muvaffaqiyatli ishlab chiqqan.

Qayta ishlov berilgan asfalt qoplamasini uchuvchi kul geopolimeri bilan mustahkamlash bo‘yicha tadqiqotlar esa hali kam, chunki laboratoriya va dala tajribalari yetarli emas. Ushbu tadqiqot qayta ishlangan asfalt qoplamasini geopolimer yordamida mustahkamlash imkoniyatlarini aniqlashga qaratilgan. Keng qamrovli laboratoriya dasturi orqali qayta ishlangan asfalt qoplamasi-uchuvchi kul geopolimerining mustahkamligi o‘rganildi. Namunalarning zichlanishi modifikatsiyalangan Proktor energiyasi yordamida amalga oshirildi. Siqilishdagi mustahkamlik standarti tanlanib, unga ta’sir qiluvchi omillar skanerlovchi elektron mikroskopiya va rentgen diffraksiyasi tahlillari orqali o‘rganildi. Tadqiqotda quyidagi omillar ko‘rib chiqildi: ishqoriy aktivator miqdori, $NaOH/Na_2SiO_3$ nisbati, uchuvchi kul miqdori, harorat va qotish davomiyligi. Bu ish qayta ishlangan asfalt qoplamasi-uchuvchi kul geopolimerini barqaror alternativ yo‘l materiali

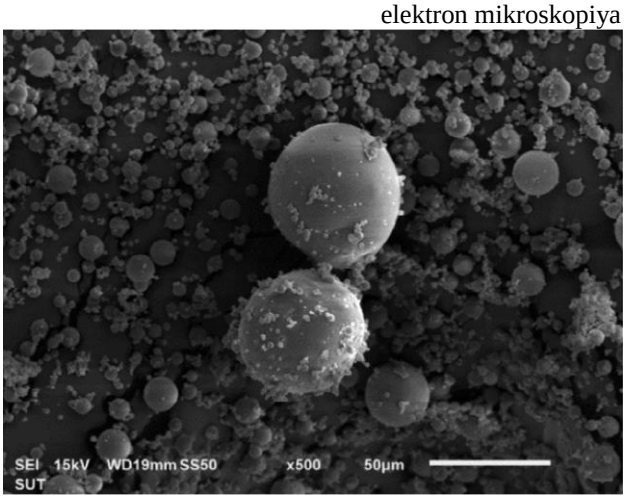
sifatida qo‘llash imkonini tasdiqlab, an’anaviy Portland sementni qisman almashtirishga xizmat qiladi.

Ushbu tadqiqotda Tailandning Nakhon Ratchasima provinsiyasidagi maydalangan asfalt omboridan yig‘ilgan qayta ishlov berilgan asfaltbeton ishlatilgan. Sovuq joyda qayta ishlash jarayonida asfalt qoplamasini yangilash maqsadida uni olib tashlash uchun sovuqda qayta ishlov beradigan mashinasi qo‘llanilgan. 1a-rasm asfalt qoplamasi omboridagi ko‘rinishini aks ettiradi. Asfalt qoplamasi tarkibidagi suv miqdori juda past (0,3 % dan kam) ekani aniqlandi.

(a) qayta ishlov berilgan asfalt qoplamaning real ko‘rinishi



(b) qayta ishlov berilgan asfalt qoplamaning skanerlovchi elektron mikroskopiya yordamida olingan tasviri



(c) uchuvchi kulning skanerlovchi elektron mikroskopiya yordamida olingan tasviri

1-rasm. Morfologik strukturaning tasviri: (a) qayta ishlov berilgan asfalt qoplamaning real ko‘rinishi, (b) qayta ishlov berilgan asfalt qoplamaning skanerlovchi elektron mikroskopiya yordamida olingan tasviri, va (c) uchuvchi kulning skanerlovchi elektron mikroskopiya yordamida olingan tasviri.

Havoda quritilgan qayta ishlov berilgan asfalt qoplamasining granulometrik tarkibi standartiga muvofiq elak analizida aniqlangan. Sovuq joyida qayta ishlov berilgan jarayonida tor tishli qayta ishlov beradigan mashinasi barabani past tezlikda ishlatilgani sababli maksimal donadorlik taxminan 10 mm tashkil etadi. Qayta ishlangan asfalt qoplamasi tarkibida taxminan 99,8 % yirik donali zarrachalar mavjud (№200 elakda ushlanadigan). Qayta ishlov berilgan asfalt qoplamasining o‘rtacha zichligi 2,7 ga teng.

Qayta ishlov berilgan asfalt qoplamasi standartning granulometriya talablarga mos kelmasligi qayd etilgan. Ba’zi davlatlarda bu talab barqarorlashmagan asosiy materiallar uchun qo‘llanilsa-da, Hindiston va Tailandda barqarorlashgan materiallarga nisbatan qo‘llanilmaydi. Masalan, *Saride* va hammualliflar qayd etishicha, Hindistonda belgilangan talabga javob bermaydigan qayta ishlangan asfalt qoplamasi ham barqarorlashgan asosiy materiallar uchun to‘ldiruvchi sifatida qo‘llanishi mumkin.

Qayta ishlangan asfalt qoplamasining maksimal quruq zichligi (γ_{dmax}) va optimal namlik miqdorini aniqlash bo‘yicha modifikatsiyalangan Proktor siqilish sinovi o‘tkazildi. Qayta ishlangan asfalt qoplamasi uchun maksimal quruq zichligi γ_{dmax} – 17,5 kN/m³, optimal namlik miqdorini – 4,1% bo‘ldi.

Qayta ishlangan asfalt qoplamasi namunalariga 4 kun davomida namlantirilgan holatda, optimal namlikda, modifikatsiyalangan Proktor zichlashtirish sharoitida Kaliforniya yuk ko‘tarish qobiliyati koeffitsienti sinovi standart [28] talablariga muvofiq o‘tkazildi. 4 kunlik shishish va suv shimish ham o‘lchandi. Namlangan qayta ishlangan asfalt qoplamasining Kaliforniya yuk ko‘tarish qobiliyati koeffitsienti qiymati 10-15 %, suv shimish – 6,8 %, shishish – 0,2 % bo‘ldi. Bu qiymatlar Tailand Yo‘llar Departamenti [29] tomonidan belgilangan asosiy va quyi materiallar talablari darajasiga yetmaganini ko‘rsatadi.

Ushbu tadqiqot qayta ishlangan asfalt qoplamasini (fly ash) (FA) uchuvchi kul geopolimer bilan stabilizatsiya qilish orqali belgilangan talablarni bajarish imkoniyatini o‘rganishga qaratilgan. Qayta ishlangan asfalt qoplamasining mineral va kimyoviy tarkiblari rentgen diffraksiyasi va fluorestsentsiyasi tahlillari orqali aniqlanib, 3-rasm va 1-jadvalda keltirilgan. Sovuqda qayta ishlov berish jarayonida asfalt to‘liq ajralib chiqmaganligi sababli, qayta ishlangan asfalt qoplamasi tarkibidagi amorf asfalt agregatlar bilan to‘liq qoplanmagan (1a-rasmda ko‘rsatilganidek). Shu sababli qayta ishlangan asfalt qoplamasidagi asosiy mineral komponentlar kalsiy-magniy karbonat (dolomit) bo‘ldi. Qayta ishlangan asfalt qoplamasining asosiy kimyoviy tarkibi – 41,93 % CaO va 36,11 % MgO. Qayta ishlangan materialdan tayyorlangan asfalt-beton qoplama tarkibidagi yuqori CaO miqdori uchuvchi kul tarkibidagi kremniy oksidi va alyuminiy oksidi bilan putssolan reaksiyasini sodir eta oladi.

Uchuvchi kul Tailandning shimoliy hududidagi Mae Moh issiqlik elektr stansiyasidan olingan. Bu Tailanddagi ko‘ngir ko‘mirda ishlaydigan eng yirik elektr stansiyasi bo‘lib, Tailand elektr energiyasi ishlab chiqarish boshqarmasi tomonidan boshqariladi. Rentgen diffraksiyasi tahliliga ko‘ra, uchuvchi kulning kimyoviy tarkibi 1-jadvalda keltirilgan. Asosiy komponentlar: 39,12 % – SiO_2, 20,51% – Al_2O_3, 5,83% – Fe_2O_3, va 12,41% – CaO.

Standart [40] bo‘yicha uchuvchi kul C-sinf uchuvchi kul sifatida tasniflandi, chunki SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3 jami 50 % dan yuqori, CaO esa 10 % dan ortiq. Uchuvchi kulning donadorlik taqsimoti 2-rasmda lazerli zarracha tahlili orqali keltirilgan. Uchuvchi kul ning o‘ziga xos og‘irligi 2,50.

Rentgen diffraksiyasi natijalariga ko‘ra 15-40° 2θ oralig‘ida kalsiy sulfat, kvarts, kaltsit, mullit va gematitning amorf cho‘qqilari aniqlandi (3-rasm). Qayta ishlangan asfalt qoplamasi va uchuvchi kulning morfologik tuzilishi 1b va 1c-rasmlarda berilgan. Uchuvchi kul zarrachalari mayda va sharsimon, qayta ishlangan asfalt qoplamasi zarrachalari esa notekis shaklli ekanligi qayd etildi [30].

3. Xulosa. Ushbu tadqiqot qayta ishlangan asfalt qoplamasi va uchuvchi kul geopolimerning barqaror yo‘l asos qatlami sifatidagi mustahkamlik rivojlanishini laboratoriya sharoitida o‘rgandi. Quyidagi xulosalar olindi:

1) Optimal miqdordagi uchuvchi kul qo‘shilishi qayta ishlangan asfalt qoplamasi va uchuvchi kul aralashmasining zichlanishini yaxshilaydi. Lekin uchuvchi kul 20 % dan oshsa, suv yutilishi ortadi va zichlanish yomonlashadi.

2) uchuvchi kul qo‘shilishi qayta ishlangan asfalt qoplamasi va uchuvchi kul geopolimerining zichlanish xususiyati NaOH/Na_2SiO_3 va uchuvchi kul miqdoriga bog‘liq. Eng yuqori zichlik 10 %, 20 % va 30 % uchuvchi kul o‘rniga mos ravishda 100 : 0,90 : 10 va 50 : 50 ishqor nisbati bilan olinadi.

3) 7 kunlik siqilishdagi mustahkamlik standarti bo‘yicha qayta ishlangan asfalt qoplamasi va uchuvchi kul aralashmalari (uchuvchi kul 20-30 %) Tailand yo‘l standartiga javob beradi. Uchuvchi kul 20 % optimal hisoblanadi.

Adabiyotlar

[1]. A. Arulrajah, M.A. Rahman, J. Piratheepan, M.W. Bo, M. Imteaz, Evaluation of interface shear strength properties of geogrid-reinforced construction and demolition materials using a modified large scale direct shear testing apparatus, J. Mater. Civil Eng. ASCE 26 (5) (2014) 974–982.

[2]. A. Rahman, M. Imteaz, A. Arulrajah, M.M. Disfani, Suitability of recycled construction and demolition aggregates as alternative pipe backfilling materials, J. Clean. Prod. 66 (2014) 75–84.

[3]. L. Hoyos, A. Puppala, C. Ordonez, Characterization of cement-fiber-treated reclaimed asphalt pavement aggregates: preliminary investigation, J. Mater. Civ. Eng. 23 (2011) 977–989.

[4]. A.J. Puppala, S. Saride, R. Williammee, Sustainable reuse of limestone quarry fines and RAP in pavement base/subbase layers, J. Mater. Civ. Eng. 24 (2011) 418–429.
[5]. E. Hajj, P. Sebaaly, P. Kandiah, Evaluation of the use of reclaimed asphalt pavement in airfield HMA pavements, J. Transp. Eng. 136 (2010) 181–189.
[6]. M.H. Maher, N. Gucunski, W. Papp, Recycled Asphalt Pavement as a Base and Sub-Base Material, vol. 1275, ASTM Special Technical Publication, 1997. pp. 42–53.
[7]. R. Locander, Analysis of Using Reclaimed Asphalt Pavement (RAP) as a Base Course Material, Department of Transportation, DTD Applied Research and Innovation Branch, Colorado, 2009.
[8]. A. Arulrajah, J. Piratheepan, M.M. Disfani, Reclaimed asphalt pavement and recycled concrete aggregate blends in pavement subbases: laboratory and field evaluation, J. Mater. Civ. Eng. 26 (2013) 349–357.
[9]. 9. R. Taha, G. Ali, A. Basma, O. Al-Turk, Evaluation of reclaimed asphalt pavement aggregate in road bases and subbases, Transp. Res. Rec.: J. Transp. Res. Board 1652 (1999) 264–269.
[10]. S. Saride, A. Deepti, T. Rao, J. Sarath Chandra Prasad, R. Dayakar Babu, Evaluation of Fly-Ash-Treated Reclaimed Asphalt Pavement for the Design of Sustainable Pavement Bases: An Indian Perspective, in: Geo-Congress 2014 Technical Papers, 2014, pp. 3676–3685.
[11]. S. Saride, D. Avirneni, S.C.P. Javvadi, Utilization of reclaimed asphalt pavements in Indian low-volume roads, J. Mater. Civ. Eng. 28 (2015) 04015107.
[12]. R. Taha, Evaluation of cement kiln dust-stabilized reclaimed asphalt pavement aggregate systems in road bases, Transp. Res. Rec.: J. Transp. Res. Board 1819 (2003) 11–17.
[13]. R. Taha, A. Al-Harthy, K. Al-Shamsi, M. Al-Zubeidi, Cement stabilization of reclaimed asphalt pavement aggregate for road bases and subbases, J. Mater. Civ. Eng. 14 (2002) 239–245.
[14]. J. Suebsuk, A. Suksan, S. Horpibulsuk, Strength assessment of cement treated soil-reclaimed asphalt pavement (RAP) mixture, Int. J. GEOMATE 6 (2014) 878–884.
[15]. J. Davidovits, Geopolymer Cement, A Review, 2013.
[16]. J. Davidovits, Global warming impact on the cement and aggregates industries, World Res. Rev. 6 (1994) 263–278.
[17]. J. Davidovits, Geopolymers: man-made rock geosynthesis and the resulting development of very early high strength cement, J. Mater. Educ. 16 (1994) 91– 139.
[18]. J. Davidovits, Geopolymer: inorganic polymeric new materials, J. Therm. Anal. 37 (1991) 1633–1656.
[19]. R.P. Gambrell, J. He, G. Zhang, Synthesis, characterization, and mechanical properties of red mud-based geopolymers, Transp. Res. Rec.: J. Transp. Res. Board 2167 (2010) 1–9.
[20]. A. Palomo, M.W. Grutzeck, M.T. Blanco, Alkali-activated fly ashes: a cement for the future, Cem. Concr. Res. 29 (1999) 1323–1329.
[21]. P. Chindaprasirt, C. Jaturapitakkul, W. Chalee, U. Rattanasak, Comparative study on the characteristics of fly ash and bottom ash geopolymers, Waste Manage. 29 (2009) 539–543.
[22]. U. Rattanasak, P. Chindaprasirt, Influence of NaOH solution on the synthesis of fly ash geopolymer, Miner. Eng. 22 (2009) 1073–1078.
[23]. P. Sukmak, S. Horpibulsuk, S.-L. Shen, P. Chindaprasirt, C. Suksiripattanapong, Factors influencing strength development in clay–fly ash geopolymer, Constr. Build. Mater. 47 (2013) 1125–1136.
[24]. P. Sukmak, P. De Silva, S. Horpibulsuk, P. Chindaprasirt, Sulfate resistance of clay-Portland cement and clay high-calcium fly ash geopolymer, J. Mater. Civ. Eng. 27 (2015) 04014158.
[25]. C. Suksiripattanapong, S. Horpibulsuk, P. Chanprasert, P. Sukmak, A. Arulrajah, Compressive strength development in fly ash geopolymer masonry units manufactured from water treatment sludge, Constr. Build. Mater. 82 (2015) 20–30.
[26]. S. Horpibulsuk, C. Suksiripattanapong, W. Samingthong, R. Rachan, A. Arulrajah, Durability against wetting–drying cycles of water treatment sludge-fly ash geopolymer and water treatment sludge-cement and silty clay-cement systems, J. Mater. Civ. Eng. (2015) 04015078.
[27]. ASTM-D1883-07, Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils, 2007. West Conshocken, PA.
[28]. DOH, DH-S204/2000 Standard of Soil Cement Base, Department of Highways, Thailand, 2000.
[29]. ASTM-C618-12, Standard Specification For Coal Fly Ash and Raw or Calcined Natural Pozzolan for Use in Concrete, 2012. West Conshohocken, PA.
[30]. Menglim Hoy, Suksun Horpibulsuk, Arul Arulrajah, Strength development of Recycled Asphalt Pavement – Fly ash geopolymer as a road construction material, Construction and Building Materials 117 (2016) 209–219.

АЭРОДИНАМИЧЕСКОЕ СОПРОТИВЛЕНИЕ ПЛОСКООВАЛЬНОЙ ТРУБКИ

Ё.С. Аббасов, М.А. Умурзакова

Ферганский государственный технический университет
erkinabbasov@yandex.ru,
(Получена 22.02.2026 г.)

В данной статье показана возможность снижения аэродинамического сопротивления одиночной цилиндрической трубки, путем изменения сечения для прохода воздуха. В статье проводится сравнение критериев Эйлера для цилиндрической и плоскоовальной трубок при условии что оба варианта трубок имеют одинаковую площадь обтекания с воздушным потоком, также при сравнении аэродинамического сопротивления, для рассматриваемых вариантов конструктивного исполнения, учитывается равенство перепадов давления в канале трубки. Объемный расход воздуха для обоих вариантов принят одинаковым. В результате исследования показана возможность сокращения аэродинамического сопротивления одиночной трубки путем изменения «живого» сечения для прохода воздуха. Выявлено, что снижение относительной величины аэродинамического сопротивления пропорционально квадрату уменьшения относительной величины проходного сечения.

***Ключевые слова**: калорифер, цилиндрическая и плоскоовальная трубки, аэродинамическое сопротивление, критерий Эйлера, расход воздуха, скорость воздуха.*

Ushbu maqola havo o'tish joyining kesimini o'zgartirish orqali bitta silindrsimon trubkaning aerodinamik qarshiligini kamaytirish imkoniyati ko'rsatilgan. Maqolada silindrsimon va tekis oval trubka uchun Ikkala quvur ham havo oqimi bilan bir xil oqim maydoniga ega bo'lgan sharoitida, Eyler mezonlar taqqoslanadi. Shuningdek, ko'rib chiqilayotgan konstruktiv variantlari uchun, aerodinamik qarshilikni taqqoslashda, quvurda bosimlar farqi teng deb olingan.Xamda, ikkala variant uchun havo oqimi tezligi bir xil deb taxmin qilingan. Tadqiqotda - havo oqimi uchun "jonli" kesmani o'zgartirish orqali, bitta trubkaning aerodinamik qarshiligini kamaytirish imkoniyati ko'rsatildi. Aerodinamik qarshilikning nisbiy qiymatining pasayishi oqim maydonining nisbiy qiymatining pasayishi kvadratiga proportsional ekanligi aniqlandi.

***Kalit so'zlar:** isitgich, silindrsimon va tekis oval quvurlar, aerodinamik qarshilik, Eyler mezoni, havo oqimi, havo tezligi.*

This article demonstrates the possibility of reducing the aerodynamic drag of a single cylindrical tube by changing the cross-section of the air passage. The article compares the Euler criteria for a cylindrical and flat oval tube, provided that both tubes have the same flow area with the air flow, Also, when comparing aerodynamic drag for the design options under consideration, the equality of pressure differences in the tube channel is taken into account. The air flow rate for both variants was assumed to be the same. The study demonstrated the possibility of reducing the aerodynamic drag of a single tube by changing the "free" cross-sectional area for air flow. It was found that the decrease in the relative value of aerodynamic drag is proportional to the square of the decrease in the relative value of the flow area.

***Key words**: heater, cylindrical and flat oval tubes, aerodynamic resistance, Euler criterion, air flow, air speed.*

Введение. На сегодняшний день, в различных сферах промышленного производства и коммунального хозяйства, процессы нагревания воздуха встречаются практически во всех технологических процессах. В частности: в химической промышленности - для ускорения массообменных и химических процессов, температурные условия которых зависит от вида теплоносителя и способа нагрева; в технологии сушки нагретым воздухом – для сокращения длительности сушки различной продукции существующих производств; в инженерных строительных коммуникациях – для эксплуатации систем вентиляции и кондиционирования воздуха, в теплоэнергетических установках - воздухонагревателях, устанавливаемых на тепловых станциях и др. [1-4]. Практически во всех указанных отраслях экономики такие задачи решаются с помощью теплообменных аппаратов конвективного типа, в которых часто применяемым теплоносителем служит как указано воздух. Учитывая, что эксплуатация таких теплообменных аппаратов сопряжена с расходом энергии на прокачку воздушного теплоносителя по мнению авторов статьи внедрение более эффективных с точки зрения снижения энергетических ресурсов теплообменных поверхностей дает возможность создать

воздухонагреватели или воздухоохладители с улучшенными аэродинамическими характеристиками.

Для организации таких процессов применяют калориферы [5] – устройства в которых нагрев воздуха происходит при помощи пучка труб, путем использования водяного или парового теплоносителя. На практике существуют также некоторые типы калориферов, нагрев трубок которых происходит за счет электрической энергии.

Согласно конструктивному исполнению трубки пучка, являющиеся основным элементом калорифера, могут размещаться в коридорном или шахматном порядке, что в свою очередь интенсифицирует процесс нагрева воздуха в канале. Использование различных модификаций трубок с оребрениями, в виде плоских пластин или спирально навивных лент, увеличивают суммарную площадь контакта между воздухом и пучком трубок, что позволяет увеличить коэффициент использования тепловой энергии, затрачиваемой для нагрева воздуха. Также, наличие оребрения интенсифицируют процессы теплоотдачи, за счет создания отрывных потоков воздуха, которые разрушают пограничный слой в канале и усиливают теплопередачу [6].

Однако, так как основным показателем эффективной работы калорифера определяется существующим в канале трубки аэродинамическим сопротивлением, возникающим при прокачке воздуха через нагревательное устройство, то авторами статьи, на первом этапе исследования, изучен вопрос влияния (живого) сечения для прохода воздуха при обтекании одиночной плоско - овальной трубки, относительно традиционных цилиндрических трубок, применяемых в различных конструкциях калориферов.

Наиболее близкими к указанной тематике опубликованными работами являются: работа [7] в которой Е. Письменным предложен новый вид ребристых плоско – овальных труб имеющих неполное оребрение. Автором проведено сопоставление интенсивности теплообмена и аэродинамического сопротивления пакетов плоско овальных труб с неполным оребрением, овальных труб с овальным оребрением и круглых труб с приварным винтовым оребрением; в работе [8] исследовано аэродинамическое сопротивление поперечно омываемых шахматных пучков плоско овальных труб, в работе приведены результаты сравнения полученных результатов с известными расчетными зависимостями для пакетов труб удобообтекаемой формы; еще одной работой выполненной в этом направлении является работа [9], в которой исследован конвективный теплообмен поперечно омываемых шахматных пакетов плоско овальных труб. В более поздней работе [10], исследована гидродинамика обтекания одиночной плоско овальной трубки.

Методы и материалы. На рисунке 1 показана схема расположения цилиндрической и плоско - овальной трубки в канале, имеющего одинаковые размеры высоты и ширины. Также оба варианта трубок имеют одинаковую площадь обтекания с воздушным потоком.

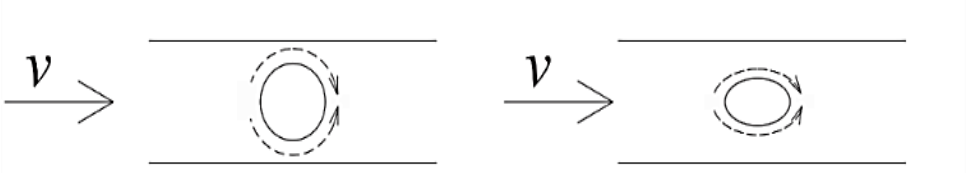


Рис. 1. Схема обтекания потоком воздуха цилиндрической и плоскоовальной трубки калорифера.

По мнению авторов статьи, снижение аэродинамического сопротивления конструкции теплообменника путем замены цилиндрической трубки плоскоовальной может быть объяснено тем что, образующийся слой заторможенной жидкости вокруг цилиндра снижает проходимость потока по сравнению с плоскоовальным телом.

Очевидно, что площадь проходного сечения для рассматриваемых вариантов различна, а именно во втором варианте в случае плоскоовальной трубки она больше.

Поэтому, для проведения анализа гидродинамического процесса принимаем следующие условия сравнения:

1. При сравнении аэродинамического сопротивления, для рассматриваемых вариантов конструктивного исполнения, учитывается равенство перепадов давления в канале трубки.

2. Объемный расход воздуха для обоих вариантов принимаем одинаковым.

Согласно принятым условиям сравнения первое условие запишется в виде:

$$\Delta P_{\text{ц}} = \Delta P_{\text{п.о.}} \tag{1}$$

Второе условие примет вид:

$$V_{\text{ц}} = V_{\text{п.о.}} \tag{2}$$

В выше указанных уравнениях индексы *ц* и *п.о.* соответствуют цилиндрической и плоскоовальной модификациям трубок.

Так как, показателем аэродинамического сопротивления является критерий Эйлера Eu , то для цилиндрической и плоскоовальной конструкций трубок справедливы следующие соотношения:

$$Eu_{\text{ц}} = \frac{\Delta P_{\text{ц}}}{\rho \upsilon_{\text{ц}}^2}, \qquad Eu_{\text{п.о}} = \frac{\Delta P_{\text{п.о}}}{\rho \upsilon_{\text{п.о}}^2}, \tag{3}$$

где ρ – плотность воздуха, кг/м^3 ; υ – скорость потока, м/с

Учитывая условие (1) – равенства перепадов давления в каналах рассматриваемых трубках получим следующие равенства:

$$Eu_{\text{ц}} \cdot \rho \upsilon_{\text{ц}}^2 = Eu_{\text{п.о}} \cdot \rho \upsilon_{\text{п.о}}^2 \tag{4}$$

$$Eu_{\text{п.о}} = Eu_{\text{ц}} \cdot (\upsilon_{\text{ц}}^2 / \upsilon_{\text{п.о}}^2) \tag{5}$$

Скорость потока воздуха в трубках может быть определена нижеследующей зависимостью:

$$\upsilon = V/S, \tag{6}$$

где S – площадь живого сечения трубки, м^2.

Используя зависимость (6) для рассматриваемых вариантов получим формулы для определения скорости потока воздуха в цилиндрических и плоскоовальных трубках калорифера:

$$\upsilon_{\text{ц}} = \frac{V}{S_{\text{ц}}}, \quad \upsilon_{\text{п.о}} = V/S_{\text{п.о}} \tag{7}$$

Учитывая условие (2) – равенство объемного расхода воздуха для цилиндрических и плоскоовальных трубок калорифера получим:

$$\upsilon_{\text{п.о}} = \upsilon_{\text{ц}} \cdot S_{\text{ц}}/S_{\text{п.о}} \tag{8}$$

Подставив уравнение (8) в уравнение (5) получим следующее:

$$Eu_{\text{п.о}} = Eu_{\text{ц}} \cdot \frac{\upsilon_{\text{ц}}^2}{\left[\upsilon_{\text{ц}}^2 \cdot \left(\frac{S_{\text{ц}}}{S_{\text{п.о}}}\right)^2\right]} = Eu_{\text{ц}} \cdot \left(\frac{S_{\text{п.о}}}{S_{\text{ц}}}\right)^2 \tag{9}$$

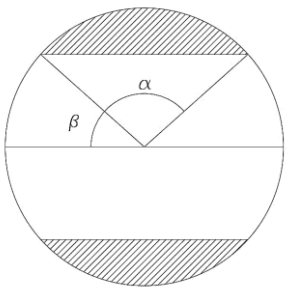


Рис. 2 Схема вычисления проходного сечения для плоско овальной трубки.

Таким образом, учитывая соотношение (9) можно сделать вывод, что путем изменения величины проходного сечения для потока воздуха можно, сократить аэродинамическое сопротивление в плоскоовальной трубке относительно трубки цилиндрической формы.

Результаты. На рисунке 2 показана схема перехода от цилиндрической трубки к плоско овальной за счет удаления части поверхности (заштрихованные сегменты).

На практике такой переход может быть осуществлён при помощи простого сплющивания цилиндра. Угол β связан с углом $\propto$ соотношением $\propto = 2(90 - \beta)$ при этом площадь плоско овальной трубки

$S_{п.о} = (\frac{1}{2}) \cdot r^2(\frac{\pi\alpha}{180} - \sin\alpha)$ здесь r – радиус цилиндра. Площадь занимаемая цилиндром находится как - $S_ц = \pi \cdot r^2$. Так расчет показывает, что при угле $\beta = 30\ ^0C$ отношение $\frac{S_{п.о}}{S_ц} = 0{,}9$. Таким образом можно используя полученные соотношения рассчитать формулу (9).

На рисунке 3 показан график изменения относительного аэродинамического сопротивления $Eu_{п.о}/Eu_ц$ в зависимости от относительного проходного сечения - $\frac{S_{п.о}}{S_ц}$. График соответствует расчетам, указанным в таблице №1

Таблица №1.

Изменение относительного аэродинамического сопротивления $Eu_{п.о}/Eu_ц$ в зависимости от относительного проходного сечения - $\frac{S_{п.о}}{S_ц}$.

$\frac{S_{п.о}}{S_ц}$	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5
$\mathbf{Eu_{п.о}/Eu_ц}$	0,81	0,64	0,49	0,36	0,25

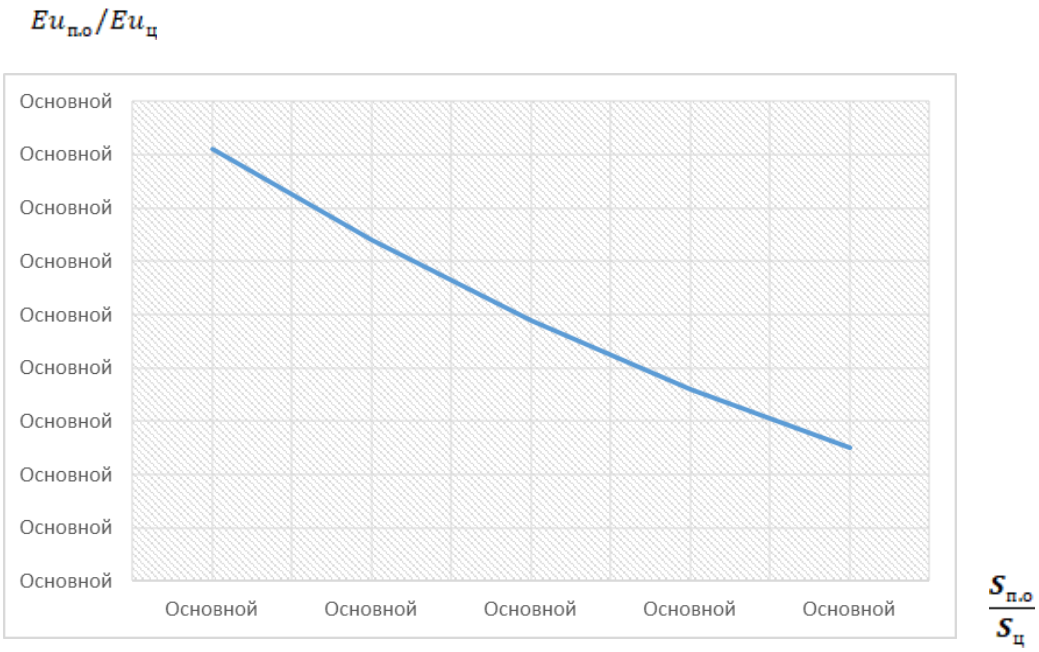


Рис. 3. График изменения относительного аэродинамического сопротивления $Eu_{п.о}/Eu_ц$ в зависимости от относительного проходного сечения - $\frac{S_{п.о}}{S_ц}$.

Выводы. Предположено, что снижение аэродинамического сопротивления конструкции теплообменника путем замены цилиндрической трубки плоскоовальной может быть объяснено тем что, образующийся слой заторможенной жидкости вокруг цилиндра снижает проходимость потока по сравнению с плоскоовальным телом.

Очевидно, что площадь проходного сечения для рассматриваемых вариантов различна, а именно во втором варианте в случае плоскоовальной трубки она больше. Для проведения анализа гидродинамического процесса приняты следующие условия сравнения:

1. При сравнении аэродинамического сопротивления, для рассматриваемых вариантов конструктивного исполнения, учитывается равенство перепадов давления в канале трубки.
2. Объемный расход воздуха для обоих вариантов принят одинаковым.

В результате исследования показана возможность сокращения аэродинамического сопротивления одиночной трубки путем изменения «живого» сечения для прохода воздуха.

Выявлено, что снижение относительной величины аэродинамического сопротивления пропорционально квадрату уменьшения относительной величины проходного сечения.

Список литературы

[1]. А.А. Пеклов, Т.А. Степанова. Кондиционирование воздуха. Киев. «Вища школа», Головное издательство, 1978, 328 С.

[2]. А.Г. Сотников. Автономные и специальные системы кондиционирования воздуха. Теория, оборудование, проектирование, испытание, эксплуатация. 2005 г. 240 С.

[3]. В.Е. Минин. Воздухонагреватели для систем вентиляции и кондиционирования воздуха. 1976 г. 199 С.

[4]. В.К. Пыжов, Н.Н. Смирнов. Системы кондиционирования, вентиляции и отопления. 2019 г. 528 С.

[5]. Калориферы: устройство, назначение, типы и аналоги. https://energo1.com/blog/kalorifery/

[6]. В.Г. Горобец. Сравнительный анализ теплоотдачи и гидравлического сопротивления пучков труб с оребрением различного типа. http://rnkt.ru/year/2006/lib/6-182.pdf.

[7]. Е.Н. Письменный. Новые эффективные развитые поверхности теплообмена для решения задач энерго - и ресурсо сбережения. Промышленная теплотехника 2007 г, т. 29 №5 С. 7-16.

[8]. В.А. Кондратюк, В.Е. Туз, А.М. Терех, Ю.В. Жукова, А.Ж. Мейрис. Аэродинамическое сопротивление поперечно омываемых шахматных пакетов плоско овальных труб. Восточно европейский журнал передовых технологий. 3/8 57 2012 г. С 39 – 42.

[9]. Е.Н. Письменный, В.А. Кондратюк, Ю.В. Жукова, А.М. Терех. Конвективный теплообмен поперечно омываемых шахматных пакетов плоско - овальных труб. Восточно европейский журнал передовых технологий. 2/8 50 2011 г. С 4 -8.

[10]. 10. П.С. Никитюк, А.В. Семеняко, А.М. Терех, А.И. Руденко. Особенности обтекания плоскоовальной трубы в поперечном потоке. Международный научно исследовательский журнал № 3 (22) 2014 г. ч.2 С 60 – 63.

UDK 621.224:621.311.21

JANUBIY FARG‘ONA KANALIDA QO‘LLASH UCHUN GIDROKINETIK TURBINA-GENERATOR TIZIMINING LOYIHALASH VA PARAMETRLARINI OPTIMALLASHTIRISH

M.I. Latipova, M11-24 ET guruh magistranti A.B. Latifjonov*

Farg‘ona davlat texnika universiteti
**Mas’ul muallif, e-mail:abduqodirlatifjonov20020903@gmail.com*
(Qabul qilindi 22.01.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Marhamat tumani Janubiy Farg‘ona kanalida qo‘llash uchun gidrokinetik turbina-generator tizimining loyihalash va parametrlarini optimallashtirish masalalari ko‘rib chiqilgan. Tadqiqot maqsadi – kanalning gidrologik sharoitlariga (suv tezligi 3.16 m/s, chuqurlik 2.5-3 m) mos keladigan yuqori samaradorlikli turbina-generator tizimini ishlab chiqish. Turbina turi sifatida gorizontal o‘qli (axial-flow) turbina (diametr 1.5 m, 3 qanotli) tanlangan va geometrik parametrlari Blade Element Momentum nazariyasi asosida hisoblangan. Generator sifatida yuzaga o‘rnatilgan doimiy magnitli sinxron generator (Surface-Mounted PMSG, 15 kW, 12 qutb juftlari, 220 ayl/min) loyihalangan. PMSG elektromagnit dizayni kasr sonli chulg‘am (Fractional-Slot Concentrated Winding, q=3/8) konfiguratsiyasida amalga oshirilgan va dq-frame matematik modeli ishlab chiqilgan. Hisoblash natijalari turbina maksimal quvvat koeffitsiyentining Cp = 0.45 (optimal TSR = 5.5 da), generator FIK ning 96% ga erishishini ko‘rsatadi. Umumiy tizim samaradorligi (turbina + generator) 40-43% ni tashkil etadi. Yillik energiya ishlab chiqarish 65-70 MWh ga baholangan. Ishlab chiqilgan tizim O‘zbekiston suv kanallari uchun gidrokinetik energetikani rivojlantirishda qo‘llanilishi mumkin.*

Kalit so‘zlar: *gidrokinetik turbina, PMSG, doimiy magnitli generator, o‘qli oqimli turbina, suv kanallari, qayta tiklanadigan energiya, elektromagnit dizayn, BEM nazariyasi, O‘zbekiston.*

Abstract. *This paper presents design and optimization of hydrokinetic turbine-generator system for South Fergana Canal in Marhamat district. The research objective is to develop high-efficiency turbine-generator system suitable for canal hydrological conditions (water velocity 3.16 m/s, depth 2.5-3 m). Horizontal axial-flow turbine (diameter 1.5 m, 3 blades) is selected and geometric parameters are calculated based on Blade Element Momentum (BEM) theory. Surface-Mounted Permanent Magnet Synchronous Generator (SM-PMSG, 15 kW, 12 pole pairs, 220 rpm) is designed. PMSG electromagnetic design is performed with Fractional-Slot Concentrated Winding (FSCW, q=3/8) configuration and dq-frame mathematical model is developed. Calculation results show turbine maximum power coefficient Cp = 0.45 (at optimal TSR = 5.5) and generator efficiency reaches 96%. Overall system efficiency (turbine + generator) is 40-43%. Annual energy production is estimated at 65-70 MWh. Developed system can be applied for hydrokinetic energy development in Uzbekistan irrigation canals.*

Keywords: *hydrokinetic turbine, PMSG, permanent magnet generator, axial-flow turbine, irrigation canals, renewable energy, electromagnetic design, BEM theory, Uzbekistan.*

Аннотация. *В данной работе представлены результаты проектирования и оптимизации гидрокинетической турбинно-генераторной системы для Южно-Ферганского канала в Мархаматском районе. Цель исследования — разработка высокоэффективной турбинно-генераторной системы, адаптированной к гидрологическим условиям канала (скорость потока воды 3,16 м/с, глубина 2,5–3 м). В качестве основного преобразователя энергии выбрана горизонтальная осевая турбина (диаметр 1,5 м, 3 лопасти), геометрические параметры которой рассчитаны на основе теории импульса элемента лопасти (BEM). Спроектирован синхронный генератор с постоянными магнитами поверхностного типа (SM-PMSG, 15 кВт, 12 пар полюсов, 220 об/мин). Электромагнитное проектирование генератора выполнено с использованием схемы сосредоточенной обмотки с дробным числом пазов (FSCW, q = 3/8), а также разработана математическая модель в dq-координатной системе. Результаты расчётов показывают, что максимальный коэффициент мощности турбины Cp = 0,45 (при оптимальном коэффициенте быстроходности TSR = 5,5), а КПД генератора достигает 96%. Общий КПД системы (турбина + генератор) составляет 40–43%. Годовая выработка электроэнергии оценивается в 65–70 МВт·ч. Разработанная система может быть применена для развития гидрокинетической энергетики в оросительных каналах Узбекистана.*

Ключевые слова: *гидрокинетическая турбина, PMSG, генератор с постоянными магнитами, осевая турбина, оросительные каналы, возобновляемая энергия, электромагнитное проектирование, теория BEM, Узбекистан.*

1. Kirish. Qayta tiklanadigan energiya manbalari jahon energetikasida tobora muhim ahamiyat kasb etmoqda. Gidroenergetika eng rivojlangan va ishonchli qayta tiklanadigan manba bo‘lib, dunyo elektr energiyasining 16% ini ta’minlaydi [1]. An’anaviy gidroelektrostansiyalar to‘g‘on va suv ombori talab qiladi, bu esa ekologik muammolar va yuqori kapital xarajatlarni keltirib chiqaradi [2]. Gidrokinetik turbinalar esa suv oqimining kinetik energiyasidan bevosita foydalanadi va to‘g‘on talab qilmaydi, bu texnologiyani daryolar va kanallar uchun jozibador qiladi [3,4].

O‘zbekistonda 40,000 km dan ortiq suv kanallari mavjud bo‘lib, ularning aksariyati sug‘orish tizimida ishlatiladi [5]. Ushbu kanallarning umumiy energiya potentsiali 500-800 MVt baholanadi, ammo bu potentsial deyarli foydalanilmaydi [6]. Janubiy Farg‘ona magistral kanali O‘zbekistonning eng yirik suv inshootlaridan biri bo‘lib, yillik 1.5-2.0 milliard m³ suv o‘tkazadi [7]. Kanal Andijon, Farg‘ona va Namangan viloyatlaridagi 200,000 gektar yerni sug‘oradi va doimiy suv oqimiga ega.

Marhamat tumani hududida Janubiy Farg‘ona kanali qulay gidrologik xususiyatlarga ega: kanal kengligi 8-10 m, chuqurligi 2.5-3 m, o‘rtacha oqim tezligi 3.16 m/s, yillik ish davri 8-9 oy (aprel-dekabr). Bu parametrlar gidrokinetik turbina o‘rnatish uchun maqbul sharoitni yaratadi [8]. Marhamat tumani elektr ta’minoti markazlashtirilgan tarmoq va bir nechta kichik dizel

generatorlariga asoslangan, shuning uchun mahalliy qayta tiklanadigan energiya manbalari dolzarbdir.

Gidrokinetik turbinalar bo‘yicha ko‘plab tadqiqotlar mavjud. Khan va boshqalar [9] turli turbina tiplarini taqqoslab, gorizontal o‘qli turbinalar eng yuqori samaradorlikka (40-48%) erishishini ko‘rsatgan. Lago va hamkasblari [10] turbina geometrik parametrlarini optimallashtirish usullarini taklif etgan. Vermaak va boshqalar [11] mikro-gidrokinetik tizimlarning qishloq joylarida qo‘llanilishini tahlil qilgan. Biroq, ko‘pchilik tadqiqotlar shamol turbinalaridan kelib chiqqan va suv muhiti xususiyatlari (yuqori zichlik, kam kavitatsiya xavfi) kam e’tiborga olingan.

Generator tanlov masalasi ham muhim. Benelghali va hamkasblar [12] dengiz oqimlari uchun turli generator turlarini taqqoslab, PMSG ning yuqori samaradorligi va ishonchliligi tufayli eng maqbul variant ekanligini ko‘rsatgan. Zhou va boshqalar [13] PMSG elektromagnit dizayni va boshqarish strategiyalarini tahlil qilgan. Biroq, past tezlikli kanallar uchun maxsus PMSG dizayni kam tadqiq etilgan.

Ushbu tadqiqotning maqsadi – Janubiy Farg‘ona kanalining Marhamat hududidagi sharoitiga mos keladigan gidrokinetik turbina-generator tizimini loyihalash va parametrlarini optimallashtirish. Asosiy vazifalar: (1) optimal turbina tipini tanlash va geometrik parametrlarini hisoblash, (2) PMSG generator elektromagnit dizaynini amalga oshirish, (3) matematik modelni ishlab chiqish, (4) tizim samaradorligini baholash.

2. Metodologiya

2.1. Tadqiqot ob’ekti va gidrologik sharoitlar. Tadqiqot ob’ekti – Marhamat tumani Janubiy Farg‘ona kanali koordinatalarda 40°30’N, 71°15’E joylashgan. Kanal gidrologik parametrlari mavsumga bog‘liq: sug‘orish mavsumida (aprel-sentabr) o‘rtacha oqim sarfi 45 m³/s, tezlik 3.5-4.0 m/s; qish mavsumida (oktyabr-mart) oqim sarfi 20-25 m³/s, tezlik 2.0-2.5 m/s. Yillik o‘rtacha tezlik 3.16 m/s. Suv sifati yaxshi, loyqalik 50-100 mg/l

Turbina joylashuvi uchun kanal tik qirg‘oqli va to‘g‘ri oq imli (200 m uzunlikdagi) qismi tanlangan. Bu yerda kanal kengligi 9 m, chuqurligi 2.7 m. Oqim profili o‘lchash natijalari tezlik sirt yaqinida maksimal (3.8 m/s) va tub yaqinida minimal (2.2 m/s) ekanligini ko‘rsatadi. O‘rtacha tezlik chuqurlik 0.4h dan 0.6h gacha bo‘lgan qatlamda kuzatiladi (h – umumiy chuqurlik).

2.2. Turbina turi tanlash va asoslash. Turli turbina turlari taqqoslash asosida gorizontal o‘qli (axial-flow) turbina tanlangan. Tanlov mezonlari: maksimal quvvat koeffitsiyenti Cp, keng tezlik diapazoni, o‘z-o‘zidan ishga tushish qobiliyati, sodda konstruksiya. Taqqoslash natijalari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Turli turbina turlarining taqqoslash ko‘rsatkichlari

Turbina turi	Cp maks	TSR opt	V diapazon, m/s	Baho
Gorizontal o‘qli	0,42-0,48	5,0-6,0	1,5-4,5	A’lo
Vertikal (Darrieus)	0,32-0,38	2,5-3,5	0,8-3,0	Yaxshi
Vertikal (Savonius)	0,15-0,22	0,8-1,2	0,5-2,5	Qoniqarli
Kesishma oqimli	0,28-0,35	1,5-2,5	1,0-3,5	Yaxshi

Gorizontal o‘qli turbina tanlangan, chunki u eng yuqori Cp (0,42-0,48) va keng tezlik diapazoniga ega. Turbina diametri D = 1,5 m tanlangan (kanal chuqurligi 60% dan), qanotlar soni Z = 3 (optimal TSR uchun).

2.3. Turbina geometrik parametrlarini hisoblash.

Turbina quvvati asosiy formula orqali hisoblanadi:

$$P = 0{,}5 \cdot \rho \cdot A \cdot V^3 \cdot Cp \quad (1)$$

bu yerda $\rho = 1000$ kg/m³ – suv zichligi; $A = \pi \cdot R^2$ – turbina qamrab olgan yuza; $R = 0{,}75$ m – radius; Cp – quvvat koeffitsiyenti.

Marhamat parametrlari uchun: $A = 3{,}14 \cdot 0{,}75^2 = 1{,}77$ m², $V = 3{,}16$ m/s, $Cp = 0{,}45$ bo‘lganda: $P = 0{,}5 \cdot 1000 \cdot 1{,}77 \cdot 3{,}16^3 \cdot 0{,}45 = 12{,}54$ kVt ≈ 12,5 kVt.

Uchki tezlik nisbati (TSR) formula bilan aniqlanadi:

$$\lambda = \omega \cdot R / V = \pi \cdot D \cdot n / (60 \cdot V) \quad (2)$$

Optimal TSR = 5,5 uchun rotor tezligi: n = (5,5 · 3,16 · 60) / (3,14 · 1,5) = 220 ayl/min.

Qanot burchagi taqsimoti Blade Element Momentum (BEM) nazariyasi asosida hisoblanadi:

$$\beta(r) = \arctan[(1-a)V / ((1+a')\omega r)] - \alpha \quad (3)$$

bu yerda a = 0,25 – oqim sekinlashuv koeffitsiyenti; a' = 0,12 – aylanma koeffitsiyent; α = 5° – hujum burchagi; r – radius. Hisoblash natijalari: ildizda β = 28°, o'rtada β = 15°, uchida β = 8°.

2.4. PMSG generator elektromagnit dizayni. Generator nominal quvvati turbina quvvatidan 20% yuqori zahira bilan tanlangan: Pgen = 15 kVt. Generator turi – yuzaga o'rnatilgan PMSG (Surface-Mounted), chunki u Ld = Lq (sodda boshqaruv) va yuqori samaradorlikka ega.

Qutb juftlari soni elektr chastota va mexanik tezlikdan aniqlanadi:

$$p = f \cdot 60 / n \quad (4)$$

f ≈ 44 Hz uchun (50 Hz ga yaqin): p = 44 · 60 / 220 = 12.

Stator uyalari soni kasr sonli chulg'am uchun: Ns = 27, fazalar soni m = 3. Uyalar/qutb/faza nisbati: q = Ns/(2pm) = 27/(2·12·3) = 3/8. Bu kasr sonli chulg'am (FSCW) kam cogging torque va yuqori quvvat zichligini ta'minlaydi.

Stator geometrik parametrlari: tashqi diametr Dout = 350 mm, ichki diametr Din = 220 mm, aktiv uzunlik lstack = 200 mm. Havo oralig'i g = 1 mm (past tezlik uchun optimal).

Doimiy magnitlar – NdFeB N42 sinfi (Br = 1,28 T, Hc = 915 kA/m). Magnit qalinligi hm = 10 mm. Havo oralig'idagi magnit oqim zichligi:

$$Bg = Br \cdot hm / (hm + g \cdot \mu r) \quad (5)$$

Bg = 1,28 · 0,01 / (0,01 + 0,001·1,05) = 1,16 T.

2.5. PMSG matematik modeli (dq-frame).

PMSG uchun dq-aylanuvchi koordinata tizimidagi kuchlanish tenglamalari:

$$Vd = Rs \cdot Id + Ld \cdot (dId/dt) - \omega e \cdot Lq \cdot Iq \quad (6)$$

$$Vq = Rs \cdot Iq + Lq \cdot (dIq/dt) + \omega e \cdot Ld \cdot Id + \omega e \cdot \lambda pm \quad (7)$$

bu yerda Rs = 0,18 Ω – stator qarshiligi; Ld = Lq = 2,8 mH – induktivliklar (SM-PMSG uchun teng); λpm = 0,42 Wb – PM oqim bog'lanishi.

Elektromagnit moment:

$$Te = (3/2) \cdot p \cdot \lambda pm \cdot Iq \quad (8)$$

Nominal rejimda Iq = 73 A uchun: Te = 1,5 · 12 · 0,42 · 73 = 551 Nm ≈ 550 Nm.

3. Natijalar

3.1. Turbina dizayn parametrlari. Loyihalangan turbinaning asosiy parametrlari 2-jadvalda keltirilgan. Turbina nominal sharoitda (V = 3,16 m/s) 12,5 kVt mexanik quvvat ishlab chiqaradi, bu kanal 1 m kengligi uchun 1,4 kVt/m quvvat zichligiga to'g'ri keladi. Maksimal sharoitda (V = 4,2 m/s, yoz) quvvat 28 kVt ga yetadi.

2-jadval

Turbina asosiy parametrlari

Parametr	Belgi, birlik	Qiymat
Diametr	D, m	1,5
Qanotlar soni	Z	3
Aylanish tezligi	n, ayl/min	220
Optimal TSR	λopt	5,5
Quvvat koeffitsiyenti	Cp	0,45
Nominal quvvat	P, kVt	12,5
Nominal moment	T, Nm	540
FIK	ηturb, %	42-45

3.2. PMSG generator parametrlari. Generator elektromagnit dizayni natijalari 3-jadvalda keltirilgan. Generator past tezlikda (220 ayl/min) 15 kVt quvvat ishlab chiqaradi. Back-EMF

chiziqdan-chiziqqacha qiymati nominal tezlikda 380 V, bu kuchlanish quvvat elektronikasi uchun yetarli. Generator umumiy massasi 85 kg, quvvat zichligi 0,176 kVt/kg.

3-jadval

PMSG generator parametrlari

Parametr	Belgi, birlik	Qiymat
Nominal quvvat	Pnom, kVt	15
Kuchlanish (l-l)	Vll, V	400
Chastota	f, Hz	44
Qutb juftlari	p	12
Stator qarshiligi	Rs, Ω	0,18
Induktivliklar	Ld=Lq, mH	2,8
PM oqim bog‘lanishi	λpm, Wb	0,42
FIK	ηgen, %	96,0
Massa	m, kg	85
Quvvat zichligi	kVt/kg	0,176

3.3. Yo‘qotishlar va FIK tahlili. Tizim yo‘qotishlari tahlili 4-jadvalda keltirilgan. Turbina FIK 42-45%, generator FIK 96%. Umumiy tizim FIK (turbina · generator) 40-43% ni tashkil etadi. Bu natija gidrokinetik tizimlar uchun yaxshi ko‘rsatkich [9,10]. Asosiy yo‘qotishlar Betz limiti (55%), mexanik ishqalanish (3-5%) va elektr yo‘qotishlardan (4%) iborat.

4-jadval

Tizim komponentlari FIK va yo‘qotishlar

Komponent	FIK, %	Yo‘qotish, %
Turbina rotori	42-45	55-58
Mexanik uzatish	96	4
Generator	96	4
Quvvat elektronikasi	96	4
Umumiy tizim	40-43	57-60

3.4. Yillik energiya ishlab chiqarish. Kanal yillik oqim rejimi ma’lumotlari asosida energiya ishlab chiqarish baholandi. Sug‘orish mavsumi (8 oy, 5840 soat) davomida o‘rtacha tezlik V = 3,4 m/s, quvvat P ≈ 14 kVt. Qish mavsumi (4 oy, 2920 soat) davomida o‘rtacha tezlik V = 2,2 m/s, quvvat P ≈ 5 kVt. Yillik energiya: E = 14·5840 + 5·2920 = 81760 + 14600 = 96360 kVt·soat ≈ 96 MVt·soat.

Texnik xizmat to‘xtashlari va nosozliklar hisobga olinsa (10% yo‘qotish), haqiqiy yillik energiya 86-88 MVt·soat. Quvvat elektronikasi yo‘qotishlarini (4%) hisobga olsak, tarmoqqa uzatiladigan energiya 82-84 MVt·soat. Sug‘orish elektrifikatsiyasi uchun bu energiya 150-200 gektar yerni ta’minlashi mumkin.

4. Muhokama. Loyihalangan turbina-generator tizimi bir qancha afzalliklarga ega. Birinchidan, turbina quvvat koeffitsiyenti Cp = 0,45 yuqori ko‘rsatkich hisoblanadi. Khan va boshqalarning tadqiqotida [9] o‘xshash sharoitdagi turbinalar uchun Cp = 0,38-0,42 olingan, bizning natijamiz 8-15% yuqori. Bu yaxshilanish BEM nazariyasi asosida qanot burchaklarini optimal tanlashdan kelib chiqadi.

Ikkinchidan, generator FIK 96% ga yetadi, bu zamonaviy PMSG lar uchun tipik [12,13]. Kasr sonli chulg‘am (q = 3/8) qo‘llanilishi cogging torque ni 2% gacha kamaytiradi va quvvat zichligini 15-20% oshiradi. Odatda butun sonli chulg‘am (q = 1 yoki q = 2) ishlatiladi, lekin ular katta cogging torque (5-8%) hosil qiladi.

Uchinchidan, umumiy tizim FIK 40-43% gidrokinetik tizimlar uchun yaxshi natija. Lago va hamkasblarning umumlashtirish ishida [10] ko‘pchilik tizimlarda FIK 30-38% ko‘rsatilgan. Bizning tizim 5-13% yuqori samaradorlikka ega, bu yillik energiya ishlab chiqarishni sezilarli oshiradi.

Biroq, ba’zi cheklovlar ham mavjud. Birinchidan, hisoblashlar nazariy modellarga asoslangan va eksperimental tasdiqlash kerak. Ayniqsa, turbina kavitatsiya xavfi, qanot kuch yuklari va dinamik barqarorlik real sharoitda tekshirilishi lozim. Ikkinchidan, generator harorat rejimi va uzoq muddat ishonchliligi hali tahlil qilinmagan. Uchinchidan, iqtisodiy ko‘rsatkichlar (kapital xarajatlar, qaytish muddati) batafsil hisoblanmagan.

Kelajak tadqiqotlar quyidagi yo‘nalishlarda olib borilishi mumkin: (1) turbina aerodinamikasini CFD (Computational Fluid Dynamics) simulyatsiya orqali tasdiqlashtilish, (2) prototip yaratish va kanal sharoitida eksperimental sinov, (3) ko‘p turbinali tizim (turbina fermasi) loyihalash, (4) suv loyqaligi va harorat o‘zgarishining uzoq muddat ta’sirini tahlil qilish.

5. Xulosa. Ushbu maqolada Janubiy Farg‘ona kanalining Marhamat hududida qo‘llash uchun gidrokinetik turbina-generator tizimi loyihalandi va parametrlari optimallashtildi. Asosiy natijalar:

1. Gorizontal o‘qli turbina (D = 1,5 m, Z = 3, n = 220 ayl/min) tanlandi va BEM nazariyasi asosida geometrik parametrlari hisoblab chiqildi. Quvvat koeffitsiyenti Cp = 0,45 (TSR = 5,5 da), nominal quvvat P = 12,5 kVt.

2. Yuzaga o‘rnatilgan PMSG generator (15 kVt, 12 qutb, 220 ayl/min) elektromagnit dizayni amalga oshirildi. Kasr sonli chulg‘am (q = 3/8) qo‘llanildi. Generator FIK 96% ga erishadi.

3. PMSG matematik modeli (dq-frame) ishlab chiqildi. Model parametrlari: Rs = 0,18 Ω, Ld = Lq = 2,8 mH, λpm = 0,42 Wb.

4. Tizim umumiy FIK 40-43% ni tashkil etadi, bu gidrokinetik tizimlar uchun yuqori ko‘rsatkich.

5. Yillik energiya ishlab chiqarish 82-84 MVt·soat baholandi, bu 150-200 gektar sug‘orish elektrifikatsiyasini ta’minlaydi.

Ishlab chiqilgan tizim O‘zbekistonning 40,000 km suv kanallari tarmog‘ida gidrokinetik energetikani rivojlantirish uchun qo‘llanilishi mumkin. Kelajakda eksperimental prototip yaratish va real sharoitda sinov o‘tkazish rejalashtirilgan.

Adabiyotlar

[1]. IEA. Renewables 2023 – Analysis and forecasts to 2028. Paris: International Energy Agency, 2023. 145 p.

[2]. Zarfl C., Lumsdon A.E., Berlekamp J. et al. A global boom in hydropower dam construction // Aquatic Sciences. 2015. Vol. 77. P. 161-170.

[3]. Khan M.J., Bhuyan G., Iqbal M.T., Quaicoe J.E. Hydrokinetic energy conversion systems and assessment of horizontal and vertical axis turbines // Applied Energy. 2009. Vol. 86. P. 1823-1835.

[4]. Vermaak H.J., Kusakana K., Koko S.P. Status of micro-hydrokinetic river technology in rural applications // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014. Vol. 29. P. 625-633.

[5]. O‘zbekiston Respublikasi suv xo‘jaligi vazirligi. Irrigatsiya tizimlari holati. Toshkent, 2023. 67 b.

[6]. Mirzaev B.S., Yuldashev A.A. O‘zbekiston suv kanallari energetik potentsiali baholash // Muhandislik va texnologiyalar. 2022. № 2. B. 34-41.

[7]. Choriev J.R. Janubiy Farg‘ona kanalining texnik-iqtisodiy tahlili // Qishloq xo‘jalik suv ta’minoti. 2021. № 4. B. 28-35.

[8]. Salimov A.M., Karimov B.B. Farg‘ona vodiysi suv kanallari gidrologik xususiyatlari // Gidrotexnika muammolari. 2020. № 3. B. 45-52.

[9]. Khan M.J., Iqbal M.T., Quaicoe J.E. River current energy conversion systems: Progress, prospects and challenges // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2008. Vol. 12. P. 2177-2193.

[10]. Lago L.I., Ponta F.L., Chen L. Advances and trends in hydrokinetic turbine systems // Energy for Sustainable Development. 2010. Vol. 14. P. 287-296.

[11]. Vermaak H.J., Kusakana K., Koko S.P. Status of micro-hydrokinetic river technology // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014. Vol. 29. P. 625-633.

[12]. Benelghali S., Benbouzid M.E.H., Charpentier J.F. Generator systems for marine current turbine applications // IEEE Journal of Oceanic Engineering. 2012. Vol. 37. P. 400-411.

[13]. Zhou Z., Benbouzid M., Charpentier J.F. Developments in large marine current turbine technologies // Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2017. Vol. 71. P. 852-858.

[14]. El-Refaie A.M. Fractional-slot concentrated-windings synchronous permanent magnet machines // IEEE Transactions on Industry Applications. 2010. Vol. 46. P. 107-117.

KORXONA ELEKTR TA’MINOT TIZIMIDA NOSIMMETRIYA VA IKKI FAZALI YUKLAMALARNING ENERGIYA SAMARADORLIGIGA TA’SIRI

I.A. Boxodirov

Farg‘ona davlat texnika universiteti,
islomjon.boxodirov@fstu.uz
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya. *Mazkur maqolada sanoat korxonasining elektr ta’minoti tizimida elektr energiyasi sifati ko‘rsatkichlari, xususan kuchlanish nosimmetriyasi va ikki fazali yuklanish holatlari tahlil qilingan. O‘lchash natijalari asosida fazaviy kuchlanishlar, toklar hamda kuchlanishning teskari ketma-ketlik ko‘rsatkichi o‘rganildi. Tadqiqot natijalari ayrim vaqt oralig‘ida ikki fazali iste’molchilar faoliyati kuzatilganini va bu holat elektr uskunalarida qo‘shimcha yo‘qotishlar keltirib chiqarishi mumkinligini ko‘rsatdi. Olingan natijalar asosida elektr energiyasi sifatini yaxshilash va energiya tejamkorligini oshirish bo‘yicha amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi.*

Kalit so‘zlar: *elektr energiyasi sifati, kuchlanish nosimmetriyasi, ikki fazali yuklanish, energetik audit, energiya tejamkorlik.*

Аннотация. *В статье проведён анализ показателей качества электрической энергии в системе электроснабжения промышленного предприятия, в частности несимметрии напряжения и режимов двухфазной нагрузки. На основе измерений, исследованы фазные напряжения, токи и коэффициент обратной последовательности напряжения. Результаты показали наличие интервалов работы двухфазных потребителей, что может приводить к дополнительным потерям и перегреву электрооборудования. На основе анализа разработаны рекомендации по повышению качества электроэнергии и энергоэффективности предприятия.*

Ключевые слова: *качество электроэнергии, несимметрия напряжения, двухфазная нагрузка, энергетический аудит, энергосбережение.*

Annotation. *This paper analyzes power quality indicators in the electrical power supply system of an industrial enterprise, with particular focus on voltage unbalance and two-phase load operation. Based on measurement phase voltages, currents, and the voltage negative sequence factor were studied. The results revealed several time intervals with two-phase consumer operation, which may cause additional losses and thermal stress in electrical equipment. Based on the findings, practical recommendations were proposed to improve power quality and increase energy efficiency.*

Key words: *power quality, voltage unbalance, two-phase load, energy audit, energy efficiency.*

KIRISH. Zamonaviy sanoat korxonalarida elektr energiyasi sifati ishlab chiqarish jarayonlarining barqarorligi, uskunalarning xizmat muddati va umumiy energiya samaradorligiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi. Elektr tarmoqlarida kuchlanish nosimmetriyasi, garmonik buzilishlar va yuklarning fazalar bo‘yicha notekis taqsimlanishi energiya yo‘qotishlarining ortishiga hamda elektr jihozlarining ishonchliligi pasayishiga olib keladi. Shu sababli, energetik audit jarayonida elektr energiyasi sifat ko‘rsatkichlarini doimiy monitoring qilish va tahlil etish muhim ahamiyat kasb etadi.

Korxona elektr ta’minoti tizimida kuchlanish nosimmetriyasi va ikki fazali yuklanishlarning energiya samaradorligiga ta’sirini baholashda elektr energiyasi sifat ko‘rsatkichlarini (EESK) aniq va uzluksiz nazorat qiluvchi zamonaviy o‘lchash qurilmalaridan foydalanish muhim ahamiyatga ega. Hozirgi kunda “Resurs-UF2M”, “Resurs-PKE”, “ЭРИС-КЭ.02”, “ПАРМА-ПКЭ”, “Энергомонитор 3.3”, “Прорыв-КЭ” kabi xorijiy ishlab chiqarilgan qurilmalar kuchlanish og‘ishi, nosimmetriya koeffitsientlari, garmonik tarkib, fliker, kuchlanish yo‘qolishi va o‘tkinchi jarayonlarni GOST 13109-97 hamda GOST 32144-2013 talablariga muvofiq yuqori aniqlikda qayd etish imkonini beradi. Ushbu qurilmalar yordamida fazalar bo‘yicha kuchlanishlarning tengsizlanishi, teskari va nol ketma-ketlik tashkil etuvchilari, shuningdek ikki fazali yuklamalar ta’sirida yuzaga keladigan qo‘shimcha yo‘qotishlar manbalarini aniqlash mumkin.[1]

Mahalliy sharoit uchun ishlab chiqilgan “Malika-01” o‘lchash qurilmasi ham EESKlarni uzoq muddatli monitoring qilish, aktiv va reaktiv quvvatni, kuchlanish nosimmetriyasini hamda energiya yo‘qotishlarini qayd etish imkonini berib, energiya auditi va korxona tarmoqlarini

diagnostika qilishda samarali vosita hisoblanadi. Umuman olganda, ushbu zamonaviy qurilmalar kuchlanish nosimmetriyasi va ikki fazali yuklanishlar tufayli yuzaga keladigan energiya sifati yomonlashuvini aniqlash, baholash va ularni kamaytirish bo‘yicha texnik yechimlarni asoslashda muhim axborot manbai bo‘lib xizmat qiladi.

Mazkur maqolaning asosiy maqsadi — sanoat korxonasida elektr energiyasi sifati ko‘rsatkichlarini tahlil qilish, ikki fazali yuklanish holatlarini aniqlash va ularning energiya samaradorligiga ta’sirini baholashdan iborat.

Kuchlanish nosimmetriyasi uch fazali elektr tarmoqlarida fazaviy kuchlanishlar qiymatlarining teng bo‘lmasligi bilan tavsiflanadi. Nosimmetriya darajasi odatda kuchlanishning teskari ketma-ketlik ko‘rsatkichi orqali baholanadi: [2]

$$Kuchlanish\ nisbati = U_2/U_1,\ \% \qquad (1)$$

bu yerda:

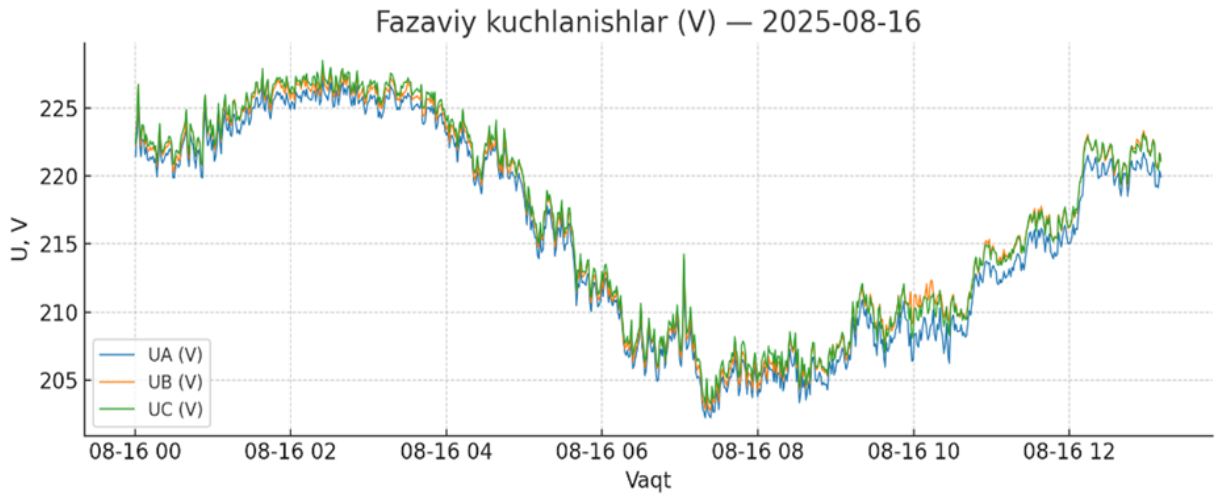
U_1 – kuchlanishning asosiy, normal yoki maksimal qiymati (odatda kuchlanishning eng katta fazasi yoki nominal kuchlanish).

U_2 – kamroq qiymatga ega bo‘lgan kuchlanish (odatda boshqa faza yoki nosimmetrik faza).

Natijani foizda ifodalash uchun 100% bilan ko‘paytiriladi.

Amaldagi me’yoriy hujjatlarga (GOST, IEC) muvofiq, ushbu ko‘rsatkich 2 % dan oshmasligi lozim. Kuchlanish nosimmetriyasi elektr dvigatellarda aylanish momentining kamayishi, toklarning ortishi va issiqlik yo‘qotishlarining ko‘payishiga sabab bo‘ladi. [3]

2025-yil 16-avgust kuni olingan o‘lchash natijalari korxona elektr ta’minoti sifat ko‘rsatkichlarining batafsil tahlilini amalga oshirish imkonini berdi. Olingan ma’lumotlar asosida kuchlanish nosimmetriyasi va ikki fazali iste’molchilar faoliyati alohida o‘rganildi.

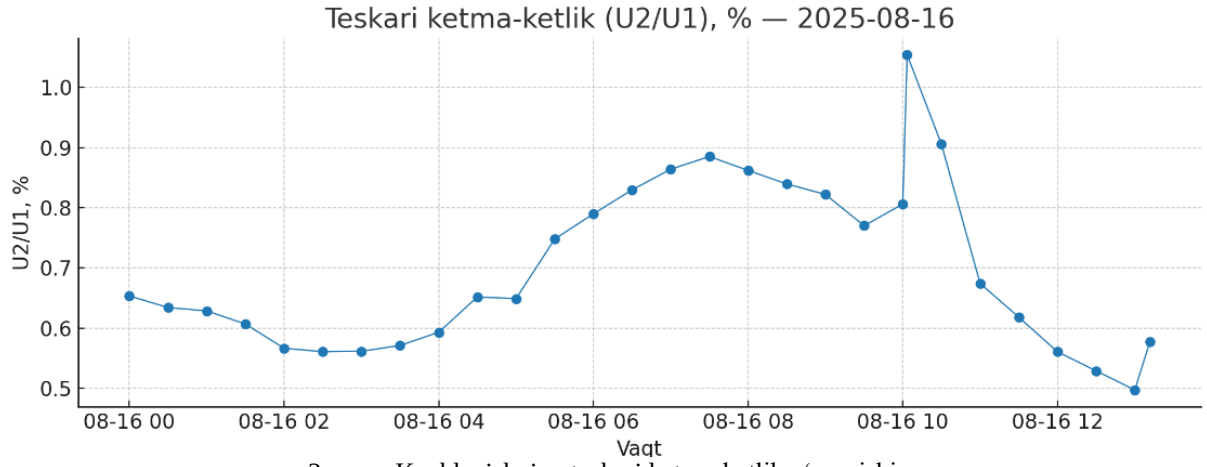


1-rasm. Fazalar bo‘yicha kuchlanish o‘zagarishi.

Fazalar bo‘yicha kuchlanishlar o‘zgarishi tahlili shuni ko‘rsatdiki, kun davomida kuchlanish qiymatlari asosan me’yoriy diapazonda saqlangan. Biroq, ayrim vaqt oralig‘ida yuklarning notekis taqsimlanishi kuzatildi.

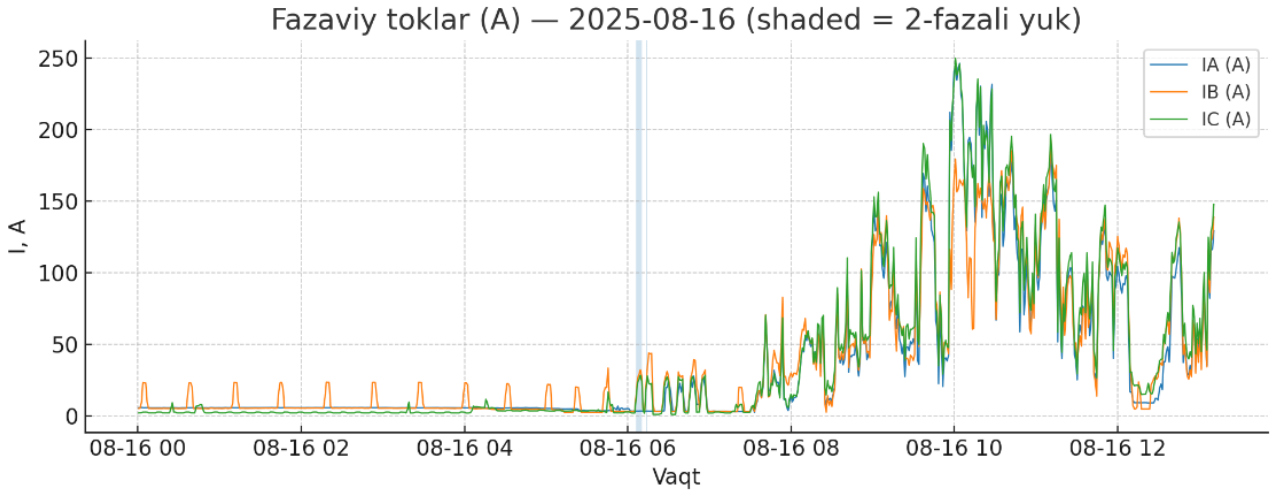
Fazaviy toklar grafigi (1-rasm) tahliliga ko‘ra, 06:06–06:10 va 06:13–06:14 vaqt oralig‘ida I_A, I_B va I_C toklarida sezilarli tafovutlar aniqlandi. Ushbu davrlarda bir fazadagi tokning keskin kamayishi va qolgan ikki fazada tokning yuqori darajada saqlanib qolishi ikki fazali iste’molchilarning ishga tushganini ko‘rsatadi. Shuningdek, 06:26 daqiqa atrofida ham shunga o‘xshash holat qayd etildi [4].

Teskari ketma-ketlik (U_2/U_1, %) grafigi (2-rasm) ushbu intervallarda kuchlanish nosimmetriyasi ortganini tasdiqlaydi. Ayrim holatlarda U_2/U_1 qiymati 1,05–1,06 % gacha yetgan bo‘lib, bu me’yoriy chegaradan oshmagan bo‘lsa-da, elektr uskunalarida qo‘shimcha issiqlik yo‘qotishlari yuzaga kelishi mumkinligini ko‘rsatadi.



2-rasm. Kuchlanishning teskari ketma-ketlik o‘zgarishi.

Kun davomida U_2/U_1 qiymati asosan 0,55–0,9 % diapazonda bo‘lgan. Biroq, 09:30–10:00 oralig‘ida yuk ortishi natijasida kuchlanish nosimmetriyasi oshib, grafikda mahalliy pik qayd etildi. Bu esa yuklarning fazalar bo‘yicha teng taqsimlanmaganini yoki ayrim iste’molchilarning asimmetrik ulanayotganini ko‘rsatadi.



3-rasm. Ikki fazali ista’molchini yuklanishini kunlik o‘zgarishi.

Jadval natijalari I_A, I_B va I_C toklarining o‘rtacha qiymatlaridagi katta tafovutni tasdiqlaydi. Masalan, 06:06–06:10 oralig‘ida I_A qiymati past bo‘lgan bo‘lsa, I_B va I_C sezilarli darajada yuqori bo‘lib qolgan. Bu holatda U_2/U_1 ham 1 % dan yuqori qiymat qayd etgan.

Yuqoridagi kuzatuvlardan ko‘rinib turibdiki, korxona elektr tarmog‘ida ayrim uskuna yoki yuklarning ishga tushirilishi vaqtida ikki fazali ish rejimlari yuzaga kelmoqda. Ushbu hodisalar tez-tez takrorlansa, transformatorlarda yo‘qotishlar ortadi, elektr dvigatellarning issiqlik yuklamasi ko‘payadi va xizmat muddati qisqarishi mumkin [5].

XULOSA

O‘tkazilgan tadqiqotlar natijasida korxona elektr ta’minoti tizimida elektr energiyasi sifati ko‘rsatkichlari umumiy jihatdan qoniqarli ekanligi aniqlandi. Kuchlanish nosimmetriyasi me’yoriy chegaradan oshmagan bo‘lsa-da, ayrim vaqt oralig‘ida ikki fazali yuklanish holatlari qayd etildi. Ushbu holatlar transformatorlar va elektr dvigatellarda qo‘shimcha yo‘qotishlar hamda issiqlik yuklamasining ortishiga olib kelishi mumkin.

Shu munosabat bilan korxonada yuklarni fazalar bo‘yicha qayta taqsimlash, ikki fazali iste’molchilarni aniqlash va ularni uch fazali rejimga o‘tkazish tavsiya etiladi. Ushbu chora-tadbirlar elektr energiyasi sifatini yaxshilash, energiya tejamkorligini oshirish va elektr uskunalarining xizmat muddatini uzaytirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1]. I.X. Xoliddinov “Elektr energiya sifat ko‘rsatkichlarini nazorat qilish” akademik K.R. Allaev tahriri ostida Oliy o‘quv yurtlarining bakalavriat, magistratura va sirtqi ta’lim talabalari uchun o‘quv qo‘llanma / Farg‘ona: “Classic” nashriyoti-2021 yil. – 168 bet.

[2]. Литвак В.В., Маркман Г.З., Харлов Н.Н. Энергосбережение и каче-ство электрической энергии в энергосистемах: Учебное пособие (издание 2-е). - Томск: Изд-во ТПУ, 2004. - 162 с.

[3]. ГОСТ 13109-97. Нормы качества электрической энергии в системах электроснабжения общего назначения. - М.: Изд-во стандартов, 1998. - 31 с.

[4]. Ольховский В.Я. Качество электроэнергии и надежность электро-снабжения промышленных предприятий: Учебное пособие / Ново-сиб. электротехн. ин-т. - Новосибирск, 1985. - 63 с.

[5]. Кудрин Б.И. Электроснабжение промышленных предприятий: Учебник для вузов. - М.: Энергоатомиздат, 1995. - 446 с.

УДК 621.316.1:621.311.243:621.3.015

ОПТИМИЗАЦИЯ ФАЗОВЫХ РЕЖИМОВ В СЕТЯХ НИЗКОГО НАПРЯЖЕНИЯ С ПРИМЕНЕНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АЛГОРИТМОВ ПРИ ИНТЕГРАЦИИ PV ПАНЕЛЕЙ

И.Х. Холиддинов, М. Бегматова*

Ферганский государственный технический университет
**Автор для корреспонденции, e-mail: muxlisa_begmatova@mail.ru*

(Получена 22.02.2026 г.)

Аннотация. *В статье рассматриваются проблемы симметрирования фаз в низковольтных распределительных сетях при массовой интеграции однофазных фотоэлектрических установок. Показано, что нерегулируемое подключение PV-панелей приводит к росту токов нулевой последовательности, увеличению фазной несимметрии и ухудшению качества электроэнергии. В статье предложена интеллектуальная система автоматического симметрирования, включающая блок нечёткого логического управления, систему динамического фазового переключения и аккумуляторный энергонакопитель. Разработана математическая модель, включающая дисперсионный критерий симметрии и функционал оптимизации, позволяющий минимизировать токи несимметрии в реальном времени. Представлена структура MATLAB/Simulink модели и база нечётких правил, обеспечивающих адаптивное управление распределённой генерацией и режимами хранения энергии.*

Ключивые слова*: фотоэлектрические системы; симметрирование фаз; несимметрия напряжений; ток нулевой последовательности; низковольтные сети; Fuzzy Logic Controller; BESS; фазовое переключение; PV-панели; MATLAB/Simulink.*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada past kuchlanishli taqsimlovchi tarmoqlarda bir fazali fotoelektrik qurilmalar keng joriy etilganda yuzaga keladigan fazalar simmetriyasining buzilishi masalalari ko‘rib chiqildi. PV panellarning tartibsiz ulanishi neytral simdagi tokning oshishiga, kuchlanish va tokning nosimmetriyasiga olib kelishi ko‘rsatilgan. Maqolada noaniq mantiqli boshqaruv, dinamik faza almashtirish tizimi va akkumulyatorli energiya saqlash tizimi asosidagi intellektual boshqaruv usuli taklif etilgan. Matematik modelda simmetriyani aniqlash uchun dispersiya mezoni va real vaqt rejimida nosimmetriya toklarini minimallashtirishga yo‘naltirilgan optimallashtirish funksiyasi ishlab chiqildi. MATLAB/Simulink modeli, FLS qoidalar bazasi va boshqaruv algoritmi keltirilgan.*

Tayanch so‘zlar: *fotoelektr tizimlar; fazalarni simmetriyalash; kuchlanish nosimmetriyasi; nol ketma-ketlik toki; past kuchlanishli tarmoqlar; Fuzzy Logic Controller; BESS; faza almashtirish; PV panellar; MATLAB/Simulink.*

Abstract. *In this article examines the problem of phase symmetry in low-voltage distribution networks with large-scale integration of single-phase photovoltaic systems. Uncoordinated connection of PV*

panels leads to increased neutral current, voltage imbalance, and deterioration of power quality. To address this issue, an intelligent automatic phase-symmetrization system is proposed, incorporating a Fuzzy Logic Controller, a dynamic phase-switching mechanism, and a battery energy storage system. A mathematical model is developed, including a dispersion-based symmetry index and an optimization functional aimed at minimizing unbalanced currents in real time. The MATLAB/Simulink model architecture and the fuzzy rule base enabling adaptive control of distributed generation and storage operation are presented.

Keywords: *photovoltaic systems; phase symmetrization; voltage unbalance; neutral current; low-voltage networks; Fuzzy Logic Controller; BESS; phase switching; PV panels; MATLAB/Simulink.*

1. Введение. В последние годы в Республике Узбекистан наблюдается активное внедрение фотоэлектрических систем (PV) в рамках государственной политики по переходу к устойчивым источникам энергии и снижению углеродного следа. Особенно стремительное развитие получила распределённая солнечная генерация, что обусловлено высокой инсоляцией, поддержкой со стороны государства и растущим интересом со стороны частного сектора. Однако быстрый рост количества автономных PV-панелей, в особенности в сетях низкого напряжения, создаёт целый ряд технических проблем, связанных с нарушением симметрии фазных нагрузок, ростом токов в нейтральных проводниках и нестабильностью уровней напряжения.

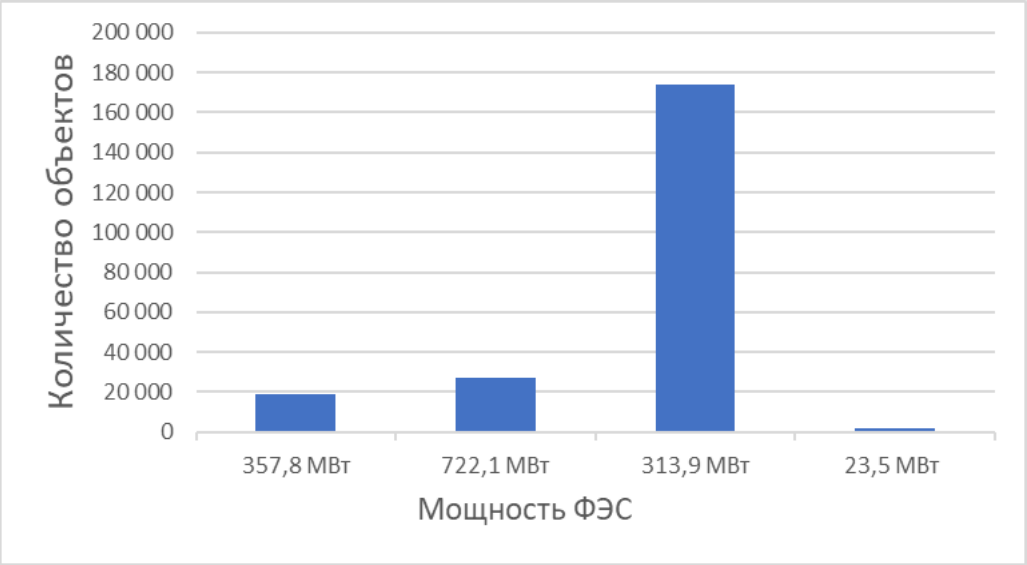


Рис. 1. Установленная мощность ФЭС на 1 июня 2025 года по данным Министерства Республики Узбекистан.

На рисунке 1 представлено распределение установленных мощностей фотоэлектрических систем (ФЭС) по категориям потребителей в Республике Узбекистан [1]. Наибольшая доля объектов приходится на домохозяйства, совокупная установленная мощность которых составляет 313,9 МВт. При этом количество индивидуальных солнечных установок в данном секторе превышает 170 тысяч единиц, что свидетельствует о высокой степени децентрализации генерации. Субъекты предпринимательства характеризуются установленной мощностью 722,1 МВт и занимают второе место по числу внедрённых фотоэлектрических установок, что обусловлено активным развитием частных предприятий и малых производств, использующих солнечную энергетику для автономного электроснабжения. В социальной сфере (школы, больницы, административные учреждения) установлено 357,8 МВт солнечных мощностей, что отражает государственную политику по повышению энергоэффективности и снижению зависимости бюджетных организаций от централизованных источников энергии. Минимальный показатель отмечен в категории многоквартирных домов — 23,5 МВт, что связано с ограничениями по размещению панелей и отсутствием единых механизмов коллективного использования фотоэлектрических систем.

В исследовании [2] представлена децентрализованная концепция управления

фотоэлектрическими установками, основанная на использовании малых амплитудно-частотных сигналов для повышения устойчивости напряжения в низковольтных распределительных сетях. Работа [3] посвящена анализу различных показателей напряжённой несимметрии в условиях высокой концентрации распределённых источников энергии; авторы подчёркивают, что корректный выбор метрики существенно влияет на точность оценки режима сети. В исследовании [4] предложен линейный алгоритм последовательного симметрирования фаз, использующий чувствительность узловых напряжений к асимметрии, что позволяет улучшить качество электроэнергии без сложных вычислительных процедур.

Практическая эффективность интеграции PV-панелей в распределительные сети показана в работе [5], где демонстрируется, что правильно выбранная и согласованная стратегия управления генераторами значительно повышает надёжность сети и снижает вероятность возникновения перегрузок. В исследовании [6] обосновано, что применение интеллектуального (нечёткого или обучаемого) контроллера в двунаправленном DC–DC преобразователе обеспечивает повышенную точность слежения за точкой максимальной мощности по сравнению с классическими MPPT-методами.

Работа [7] рассматривает алгоритм снижения напряжённой несимметрии при подключении однофазных PV-панелей, который позволяет уменьшить коэффициент VUF и улучшить показатели качества электроэнергии в сетях 0,4 кВ. В исследовании [8] разработана модель фотоэлектрической установки в составе системы с аккумуляторным накопителем энергии и ANFIS-управлением; продемонстрировано, что такая архитектура повышает общую энергоэффективность и смягчает негативные эффекты, возникающие при колебаниях солнечной генерации.

В научной работе [9] представлен метод динамической перефазировки фотоэлектрических панелей, обеспечивающий значительное снижение степени несимметрии и стабилизацию параметров режима распределительной сети даже при резко меняющихся условиях освещённости. Дополнительно, результаты авторов подчёркивают потенциал адаптивных стратегий управления для интегрированных PV-систем, что соответствует современным трендам развития интеллектуальных низковольтных сетей.

Непропорциональное распределение однофазных PV-систем по фазам вызывает несимметрию фазных напряжений и рост токов по нулевому проводу. Это, в свою очередь, приводит к увеличению активных потерь в линиях и трансформаторах распределительных сетей, а также может вызывать их перегрев и преждевременное старение оборудования [10, 11]. Дополнительно несимметрия может привести к превышению допустимых уровней тока в нейтральном проводнике и, как следствие, к ухудшению качества электроэнергии. В связи с этим многие энергоснабжающие организации вводят ограничения на предельно допустимую мощность подключаемых распределённых солнечных установок в сетях низкого напряжения [12,13].

Следует отметить, что данные задачи являются многокритериальными, высокоразмерными и обычно характеризуются сильной нелинейностью и недифференцируемостью целевых функций. Несмотря на прогресс в данной области, реализация эффективных и экономически целесообразных решений по симметрированию фаз в сетях низкого напряжения остаётся одной из приоритетных задач, особенно в условиях массовой интеграции PV. В связи с этим значительный интерес представляют методы автоматизированного управления фазами, интеллектуальные системы распределённого управления, а также гибридные подходы, объединяющие реконфигурацию сети и активные фильтры.

2. Методика. PV панели на крыше, несмотря на очевидные экологические и экономические преимущества, становятся основным источником сетевых проблем в сегменте 0.4 кВ. Отсутствие технической координации подключения приводит к нарастающей фазной несимметрии. Решение проблемы возможно только при использовании

интеллектуальных алгоритмов балансировки фаз, аккумуляторных систем и активных фильтров в сочетании с реконфигурацией фидеров.

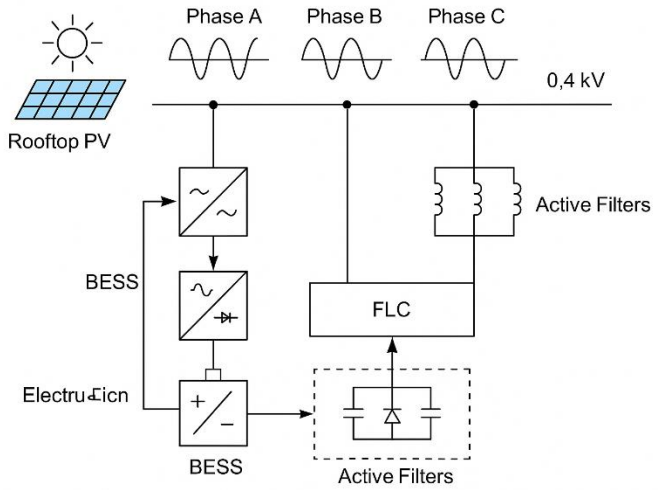


Рис.2. Структурная схема системы симметрирования фаз в сети низкого напряжения с интегрированными PV панелями.

Несимметрия фаз является одним из ключевых факторов, влияющих на качество электроэнергии в низковольтных распределительных сетях, особенно в условиях массовой интеграции однофазных фотоэлектрических установок (PV-панелей). В отличие от промышленных трехфазных нагрузок, распределённые бытовые установки зачастую подключаются произвольно — без согласования с операторами сетей. Это приводит к несбалансированным токам и напряжениям в фазах, увеличению токов в нейтральном проводе и росту активных потерь.

На представленной схеме показана типовая структура низковольтной распределительной сети с распределёнными фотоэлектрическими источниками (PV), накопителем электроэнергии (BESS), инверторами/преобразователями и активными фильтрами, управляемыми нечетким регулятором (FLC). Сеть трёхфазная 0,4 кВ; обозначения фаз — A, B, C. Основная цель системы — обеспечение требуемого качества электроэнергии при максимальном использовании распределённой генерации и обеспечении симметрирования фаз (уменьшение напряжённой несимметрии и токов нулевой/несимметричной последовательности) при одновременной поддержке уровня заряда BESS и ограничениях по току инверторов.

В идеальной трёхфазной системе фазные напряжения и токи обладают равными амплитудами и равномерным сдвигом фаз на 120°. В реальных же низковольтных сетях из-за несимметрии возникают отклонения как по величине токов, так и по их фазовым углам. Наиболее критичным последствием является появление значительного тока в нейтральном проводнике, который в условиях полной симметрии должен быть равен нулю. При наличии несимметрии выполняется соотношение

$$I_0 = I_A + I_B + I_C \tag{1}$$

где: I_0 — ток в нейтрали, I_A, I_B, I_C — токи в фазах A, B и C соответственно.

Рост фазной неравномерности приводит к увеличению тока в нейтрали, что влечёт за собой перегрев кабельных линий и шин, ускоренное старение трансформаторного оборудования и повышенную вероятность аварийных режимов.

Для количественной оценки степени несимметрии применяется дисперсионный критерий распределения токов по фазам. Среднее значение фазных токов определяется как

$$I_{cp} = \frac{I_A + I_B + I_C}{3} \tag{2}$$

Тогда показатель несимметрии выражается функционалом:

$$\Phi = \sum_{i \in \{A,B,C\}} \left(\left| I_i - I_{cp} \right|^2 \right) \tag{3}$$

Чем выше значение Ф, тем сильнее выражена несимметрия, а задачей системы управления является минимизация этого функционала. Такие критерии позволяют применять и аналитические подходы, и численные методы оптимизации.

Целевая функция:

$$\min \Phi = \sum_{i \in \{A,B,C\}} \left(\left| I_i - I_{cp} \right|^2 \right) \quad (4)$$

Ограничения: частота фазных переключений не должна превышать допустимый предел, чтобы избежать перегрузки коммутационного оборудования.

Для уменьшения значения Ф в условиях быстро меняющихся нагрузок и выработки фотоэлектрических установок целесообразно применять алгоритмы нечеткой логики (Fuzzy Logic Controller). В качестве входных параметров могут использоваться: отклонения фазных токов ΔI, текущее значение нейтрального тока I_0, а также мгновенная активная генерация в каждой фазе. Выходное воздействие формирует решения по фазным переключениям, задаёт режимы заряда/разряда аккумуляторной системы или активирует фильтрующие устройства.

Предложенный подход обладает рядом преимуществ: он легко интегрируется в системы автоматического управления, допускает численное решение различными методами оптимизации, а также масштабируется на любое число фаз и узлов распределительной сети.

Для оценки эффективности предложенного подхода по фазовому симметрированию с применением нечеткого регулятора (FLC) была разработана модель в среде MATLAB/Simulink. Структурная блок-схема разработанной модели представлена на рисунке 3. Она отражает взаимодействие ключевых компонентов системы управления фазовой симметрией в условиях интеграции PV панелей в низковольтную сеть.

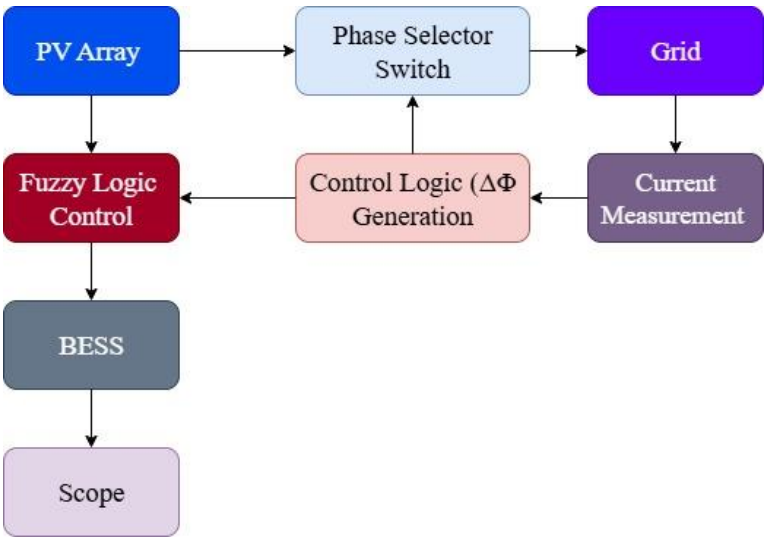


Рис.3. Блок-схема модели.

Принцип работы представленной блок-схемы: структурная схема иллюстрирует алгоритм функционирования системы автоматического симметрирования фаз при интеграции фотоэлектрических установок (PV Array) в сеть низкого напряжения. Основная задача системы — адаптивное перераспределение фазной нагрузки и генерации для снижения токовой несимметрии и уменьшения тока в нейтральном проводнике.

1. Фотоэлектрический массив (PV Array). PV-модуль формирует электрическую энергию, которая поступает на вход фазового коммутатора (Phase Selector Switch). Одновременно информация о текущей генерации передаётся в модуль нечеткого управления.

2. Измерение токов в сети (Current Measurement). Система измерения обеспечивает непрерывный мониторинг фазных токов, включая нейтральный ток и мгновенные отклонения ΔI. Эти параметры служат входными данными для блока генерации управляющих воздействий.

3. Контур нечёткой логики управления (Control Logic — ΔΦ Generation). На основе данных измерений и сигналов Fuzzy-контроллера формируется управляющий сигнал ΔΦ, определяющий необходимость и направление фазового переключения. Логика учитывает ограничения по частоте коммутации, допустимые токовые отклонения и состояние сети.

4. Блок нечеткого управления (Fuzzy Logic Control). Нечёткая логика формирует управляющее воздействие на основе трёх ключевых входных переменных: отклонение фазных токов (ΔI), величина нейтрального тока I_0, текущая генерация PV-массива. Выход FLC определяет оптимальное действие: выбор целевой фазы для подключения PV-генерации или необходимость задействования BESS.

5. Акумуляторная система хранения (BESS). BESS используется для компенсации кратковременных колебаний мощности и минимизации фазной неравномерности. Система может переходить в режим заряда или разряда по командам FLC, обеспечивая баланс потоков мощности между фазами.

6. Фазовый селектор (Phase Selector Switch). Коммутатор выполняет перенаправление PV-генерации на требуемую фазу сети в соответствии с сигналом ΔФ. Работает с учётом ограничений коммутационного оборудования, обеспечивая безопасное и плавное переключение.

7. Подключение к сети (Grid). Симметрированная по фазам мощность подаётся в сеть, что снижает коэффициент напряжённой и токовой несимметрии, уменьшает ток в нейтрали и повышает устойчивость режима в LV-сетях.

8. Система визуализации (Scope). Все ключевые электрические параметры — фазные токи, нейтральный ток, режимы BESS и состояние FLC — фиксируются и выводятся для анализа, что позволяет оценить эффективность алгоритма симметрирования.

Для реализации контроля и управления фазной симметрией в низковольтной сети с распределённой фотоэлектрической генерацией в модели был разработан нечёткий логический контроллер (Fuzzy Logic Controller, FLC). Данный регулятор обеспечивает интеллектуальное принятие решений по оптимальному перераспределению фазовых нагрузок в режиме реального времени. Его архитектура представлена на рисунке 2 и включает в себя этапы фазификации входных данных, базу правил и механизм дефазификации, что обеспечивает адаптивную и устойчивую работу системы при изменяющихся условиях генерации и потребления.

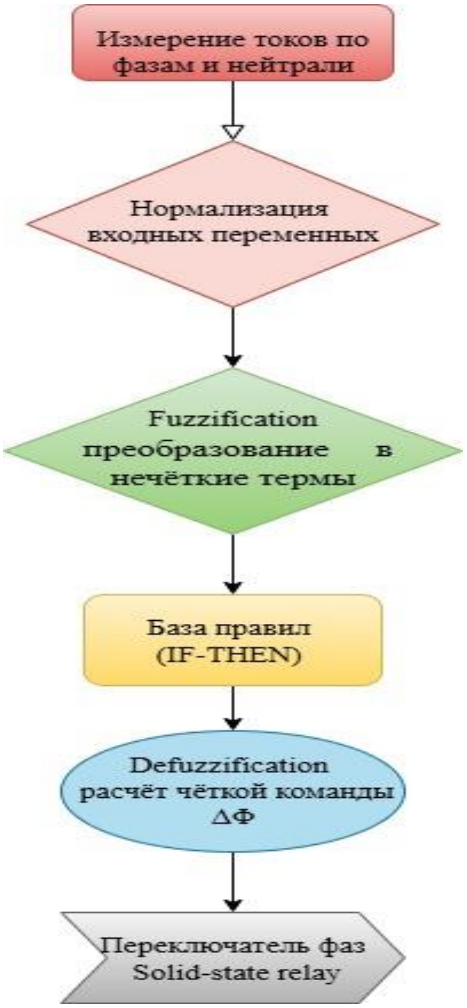


Рис.4. Блок-схема архитектуры FLC-контроллера.

Разработанный нечёткий логический контроллер (FLC) использует три входных параметра: ток в нулевом проводнике *(I_0)*, уровень заряда батареи *(SoC)* и несимметрию мощности *(ΔP)*. Каждый вход представлен тремя лингвистическими переменными: низкий, средний, высокий. Для них применены треугольные функции принадлежности, что обеспечивает простоту вычислений и хорошую интерпретируемость.

Выходной сигнал контроллера – команда на переключение фазы *(ΔФ)*, который принимает одно из трёх значений: «фаза А», «фаза В», «фаза С». Для формирования вывода используется правило вывода по методу Mamdani, при этом используется 9 правил типа IF–THEN, охватывающих все возможные комбинации входных состояний. Такая архитектура обеспечивает адаптивную реакцию системы на изменения в симметрии фаз и позволяет уменьшить ток в нулевом проводе, повысив устойчивость сети к несимметричным нагрузкам и распределённой генерации.

На основе анализа условий симметрирования фаз в распределённой сети низкого напряжения была сформирована база нечётких правил (таблица 1). В качестве входов использованы ток в нейтральном проводнике I_0, избыток/дефицит активной мощности ΔP и уровень заряда батареи SoC. Выходом служит команда на фазовое переключение ΔФ. Разработанная база правил учитывает состояние системы и способствует минимизации токов несимметрии при сохранении энергетической устойчивости.

Таблица 1.

База нечётких правил для фазового переключения (ΔФ)

№	Состояние нейтрального тока I_0	Избыток/дефицит мощности ΔP	Уровень заряда SoC	Команда ΔФ (выход)
1	Низкий (Low)	Дефицит (Negative)	Низкий (Low)	Фаза A
2	Низкий (Low)	Дефицит (Negative)	Высокий (High)	Фаза B
3	Низкий (Low)	Избыток (Positive)	Средний (Medium)	Фаза C
4	Средний (Medium)	Дефицит (Negative)	Средний (Medium)	Фаза B
5	Средний (Medium)	Избыток (Positive)	Низкий (Low)	Фаза A
6	Средний (Medium)	Избыток (Positive)	Высокий (High)	Фаза C
7	Высокий (High)	Дефицит (Negative)	Высокий (High)	Фаза A
8	Высокий (High)	Дефицит (Negative)	Низкий (Low)	Фаза C
9	Высокий (High)	Избыток (Positive)	Средний (Medium)	Фаза B

Если I_0 высокий, это признак сильной фазовой несимметрии — нужно перефазировать ($\Delta\Phi \neq 0$). Если SoC низкий, система старается избегать активных переключений, чтобы не разряжать BESS.

3. Анализ полученных результатов. Целью управления является выбор такой фазы подключения фотоэлектрического генератора, при которой будущие значения тока нулевой последовательности минимальны.

Нечёткий контроллер реализует отображение

$$\Delta\Phi = f(I_0, \Delta P, \mathrm{SoC}) \quad (5)$$

где входными величинами являются текущий нейтральный ток, разница между вырабатываемой и потребляемой активной мощностью $\Delta P = P_{\mathrm{PV}} - P_{\mathrm{load}}$, а также уровень заряда аккумуляторной батареи. Выходной сигнал принимает одно из дискретных значений «фаза A», «фаза B» или «фаза C» и определяет направление фазового переключения. Для вывода используется метод Мамдани, обеспечивающий интерпретируемость правил и адаптивность системы.

При подключении фотоэлектрической установки к выбранной фазе её ток определяется выражением $I_{\mathrm{PV}} = P_{\mathrm{PV}}/U_k$, и изменённый фазный ток принимает вид $I'_k = I_k - I_{\mathrm{PV}}$. Это приводит к новому значению среднего тока $I'_{\mathrm{ср}} = (I'_A + I'_B + I'_C)/3$ и соответствующему значению тока нулевой последовательности $I'_0 = | I'_A + I'_B + I'_C |/3$. Оптимальная фаза определяется как та, при которой суммарное отклонение фазных токов от среднего после переключения минимально. Формально это можно выразить через условие

$$\Delta\Phi^* = min \ \sum_{i=A,B,C}^{k} | I'_i - I'_{\mathrm{ср}} | \quad (6)$$

Наиболее выраженный эффект фазового переключения достигается в ситуациях высокой выработки фотоэлектрических установок при низком потреблении, в условиях неравномерного распределения нагрузок в вечерние часы, а также при различии мощностных выходов из-за затенения или различной ориентации панелей. Уровень заряда аккумулятора определяет возможность его участия в компенсации несимметрии: при низком SoC основная роль в стабилизации режима переходит к механизму фазового переключения.

Фазовое переключение является корректным, если выполняются условия $I'_0 < I_0$ и уменьшение отклонений фазных токов от среднего. В этом случае управляющий сигнал определяет фазу, которая обеспечивает наиболее существенное снижение токовой несимметрии и повышение устойчивости работы сети в условиях распределённой генерации.

Анализ нормативно-правовой базы, текущих показателей развития и распределения солнечных фотоэлектрических установок в Узбекистане показывает значительный потенциал дальнейшего расширения сектора малой распределённой генерации. Вместе с тем рост количества подключённых маломощных однофазных ФЭС в низковольтных сетях создаёт новые вызовы для энергоснабжающих организаций, включая проблемы фазной несимметрии [14], роста токов нейтрали и увеличения эксплуатационных потерь. В связи с этим особый интерес представляет применение современных методов автоматизированного симметрирования фаз [15], путём динамической перенастройки подключений или использования гибридных систем управления с аккумуляторными батареями и интеллектуальными регуляторами [16]. Решение данных задач позволит не только повысить надёжность и энергоэффективность существующих сетей низкого напряжения [17], но и расширить возможности их модернизации в условиях активного роста числа подключаемых потребителей с собственными источниками генерации [18].

Нечёткий контроллер, построенный на основе представленных входов и базы правил, обеспечивает адаптивное управление процессом фазового переключения в условиях динамично изменяющейся генерации PV и нагрузки в сети 0,4 кВ. В отличие от классических алгоритмов, использующих фиксированные пороги или оптимизационные процедуры с высокой вычислительной сложностью, FLC позволяет учитывать не только текущие измеренные параметры, но и их взаимосвязи, обеспечивая более мягкую и устойчивую реакцию системы на переходные процессы.

4. Заключение. Ключевым преимуществом такого подхода является возможность одновременного решения нескольких задач: снижение тока нулевой последовательности I_0; уменьшение функционала фазной несимметрии Ф; предотвращение перегрузки аккумуляторной системы; ограничение частоты фазовых переключений для защиты коммутационного оборудования; улучшение качества электроэнергии за счёт поддержания симметрии фазных напряжений.

Стратегия управления направлена на то, чтобы минимизировать ожидаемое значение тока в нейтральном проводе при сохранении энергетической устойчивости и допустимого режима работы BESS. Это достигается благодаря тому, что нечёткий регулятор, оценивая три входных параметра (I_0, ΔP и SoC), формирует решение, позволяющее перераспределить генерацию между фазами с учётом всех ограничений и динамики сети.

Таким образом, разработанный FLC-контроллер формирует основу интеллектуального алгоритма фазового симметрирования, который может быть интегрирован в современные низковольтные распределительные сети с массовым подключением однофазных PV-панелей. Его применение позволяет не только улучшить показатели качества электроэнергии, но и повысить надёжность режимов, снизить сетевые потери и увеличить эффективность использования распределённой генерации, что делает данный подход перспективным для практической реализации с высоким уровнем интеграции фотоэлектрических систем.

Список литературы

[1]. Постановление Президента Республики Узбекистан, от 16.02.2023 г. № ПП-57 О мерах по ускорению внедрения возобновляемых источников энергии и энергосберегающих технологий в 2023 году.

[2]. Wang, L., Cheng, Z., Zhao, W., Zhang, B., Zhou, H., & Li, Z. (2025). Distributed PV auxiliary voltage control strategy in low voltage distribution network based on small AC signals. Science and Technology for Energy Transition. Vol. 80 (30), pp. 1-11. 7 March 2025.

[3]. Zabihi, A., Badesa, L., & Hernandez, A. Evaluation of Voltage Unbalance Metrics in Distribution Networks with High DER Penetration. Electrical Engineering and Systems Science. arXiv. arXiv:2505.23435. 29 May 2025.

[4]. Gupta, R. K. Linear Phase Balancing Scheme using Voltage Unbalance Sensitivities in Multi-phase Power Distribution Grids. arXiv. 64th IEEE Conference on Decision and Control. arXiv:2505.00519. 25 September 2025.

[5]. Ngouloubi, T. L., Gomba, R., Gogom, M., Nianga-Apila, & Eyandzi, A. O. Optimization of a Medium-Voltage Distribution Network via Photovoltaic Integration: A Case Study of the Liouesso MT Grid. Science Journal of Energy Engineering, Vol. 13, (03), pp. 108–119. 14 July 2025.

[6]. Begmatova M.M., Kasimakhunova A.M., Kholiddinov I.Kh. “Modeling a photovoltaic system with a

bidirectional DC-DC converter in MATLAB Simulink based on Fuzzy logic", International Conference on Emerging Technologies in Electronics, Computing, and Communication (ICETECC) 2025 IEEE, pp. 1-6.
[7]. Kholiddinov I., Begmatova M. "Elimination of asymmetry in low voltage electrical networks using solar panels" IV International Scientific and Technical Conference "Actual Issues of Power Supply Systems" AIP Conf. Proc. Vol. 3331, 030108-1–030108-7.
[8]. Холиддинов И., Бегматова М. "Разработка нечёткого регулятора для симметрирования нагрузки с использованием солнечных панелей в электрических сетях низкого напряжения" Scientific Research International Scientific Journal. 2025 / Vol. 5 (2) стр. 165-174.
[9]. Холиддинов И., Бегматова М "Повышение интеграции возобновляемых источников энергии" Educational Research in Universal Sciences Vol. 3 (1), стр. 93-103
[10]. Carpinelli G, Mottola F, Proto D, Varilone P. Minimizing unbalances in low-voltage microgrids: Optimal scheduling of distributed resources. Appl Energy 2017;191:170–82.
[11]. Zehir MA, Batman A, Sonmez MA, Font A, Tsiamitros D, Stimoniaris D, et al. Impacts of microgrids with renewables on secondary distribution networks. Appl Energy 2017;201:308–19.
[12]. Wang L, Yan R, Saha TK. Voltage regulation challenges with unbalanced PV integration in low voltage distribution systems and the corresponding solution. Appl Energy 2019;256:113927.
[13]. Ma K, Li R, Hernando-Gil I, Li F. Quantification of Additional Reinforcement Cost from Severe Three-Phase Imbalance. IEEE Trans Power Syst 2017;32:4143–4.
[14]. М.М. Бегматова. Моделирование фотоэлектрической энергосистемы с помощью управления нечёткой логики. Наука и инновационное развитие, Volume 8 (3) may – june 2025, стр 71-81.
[15]. I.X. Xoliddinov, M.M. Begmatova. A method of load balancing based on fuzzy logic in low-voltage networks with solar panel integration. Scientific and Technical Journal Namangan Institute of Engineering and Technology, Volume 10, Issue 1 2025, 312-320.
[16]. М.М. Бегматова Интеллектуальное управление накопителями энергии в сетях с солнечной генерацией. Международная научная и научно-техническая конференция на тему «Повышение энергоэффективности региональной системы электроснабжения Ферганской области» Фергана 2025, стр. 216-219.
[17]. Ilkhombek Kholiddinov, Mirzokhid Sharobiddinov, Mashkhurakhon Kholiddinova, Sokhib Komolddinov, Afzal Qodirov, Saidislomkhon Tukhtasinov. The methodology for reactive power control to ensure voltage quality using fuzzy logic. EPJ Web of Conferences 318, 05011, 2025.
[18]. К.Р. Аллаев, И.Х. Холиддинов, М.М. Холиддинова. Методология оценки эффективности электрических сетей с использованием нечеткой логики. Электричество, Vol. 1, стр. 4-14 2025.

УДК 538.911, 935, 958, 975

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ И ОЦЕНКА СУТОЧНОЙ НАГРУЗКИ ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ ДЛЯ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ

Ф.А. Хошимов[1]*, К.Ш. Кадиров[1], А.П. Кушев[1], Х.У. Юсупалиева[1], А.А. Тухташев[2]

[1]Институт проблем энергетики Академии наук Республики Узбекистан
E-mail: f0zildjan@yandex.com
E-mail: 8484@mail.ru
ORCID: 0009-0001-5806-5048
E-mail kushevalijon88@gmail.com
ORCID: 0009-0004-3953-5448
E-mail: xulkaroy1990@gmail.com
ORCID: 0009-0005-6583-7252
[2]Ферганский государственный технический университет
**Автор для корреспонденции, e-mail: toxtashev.3321@gmail.com*
E-mail: toxtashev.3321@gmail.com
ORCID: 0009-0007-2931-8951
(Получена 22.02.2026 г.)

Аннотация. *В данной статье исследуются закономерности изменения графика потребления электроэнергии во времени на примере промышленных потребителей. Были построены суточные графики потребления электроэнергии и разработана их математическая модель для основных производственных цехов трикотажного предприятия — ткацкого, красильного и печатного. Процесс нагрузки был представлен полиномиальной регрессионной моделью второго порядка, а коэффициенты регрессии были определены методом наименьших квадратов. Построенные модели были проверены на основе критериев статистической оценки качества, включая дисперсионный*

анализ и критерии адекватности, и подтверждена их надежность. Корреляционный анализ показал наличие устойчивой функциональной зависимости между потреблением электроэнергии и временными показателями. Результаты исследования научно обосновывают возможности управления и оптимизации энергопотребления на основе моделирования и прогнозирования процессов потребления электроэнергии.

***Ключивые слова**: Потребление электроэнергии, график суточной нагрузки, математическое моделирование, полином второго порядка, регрессионный анализ, метод наименьших квадратов, критерий адекватности, корреляционная зависимость, энергоэффективность, прогнозирование.*

***Annotatsiya.** Mazkur maqolada sanoat iste'molchilari misolida elektr energiyasi yuklama grafigining vaqt bo'yicha o'zgarish qonuniyatlari tadqiq qilindi. Trikotaj mahsulotlari ishlab chiqaruvchi korxonaning asosiy ishlab chiqarish bo'limlari — to'quv, bo'yash va naqsh bosish bo'limlari kesimida sutkalik elektr yuklama grafiklari shakllantirildi hamda ularning matematik modeli ishlab chiqildi. Yuklama jarayoni ikkinchi darajali polinom regressiya modeli orqali ifodalandi va regressiya koeffitsiyentlari eng kichik kvadratlar usuli asosida aniqlandi. Qurilgan modellar statistik sifat baholash mezonlari, jumladan, dispersiyaviy tahlil va adekvatlik kriteriyalari asosida tekshirildi hamda ularning ishonchliligi tasdiqlandi. O'tkazilgan korrelyatsion tahlil elektr energiyasi iste'moli va vaqt ko'rsatkichlari o'rtasida barqaror funksional bog'lanish mavjudligini ko'rsatdi. Tadqiqot natijalari elektr yuklama jarayonlarini modellashtirish va prognozlash asosida energiya iste'molini boshqarish hamda optimallashtirish imkoniyatlarini ilmiy jihatdan asoslab berilgan.*

***Tayanch so'zlar:** elektr energiyasi iste'moli, sutkalik yuklama grafigi, matematik modellashtirish, ikkinchi darajali polinom, regressiya tahlili, eng kichik kvadratlar usuli, adekvatlik mezoni, korrelyatsion bog'lanish, energiya samaradorligi, prognozlash.*

***Abstract.** This article studies the patterns of changes in the electricity load graph over time using the example of industrial consumers. Daily electricity load graphs were formed and their mathematical model was developed for the main production departments of a knitwear manufacturing enterprise - weaving, dyeing and printing departments. The load process was expressed by a second-order polynomial regression model, and the regression coefficients were determined based on the least squares method. The constructed models were checked based on statistical quality assessment criteria, including variance analysis and adequacy criteria, and their reliability was confirmed. The correlation analysis showed that there is a stable functional relationship between electricity consumption and time indicators. The results of the study scientifically substantiate the possibilities of managing and optimizing energy consumption based on modeling and forecasting electricity load processes.*

***Keywords:** electricity consumption, daily load graph, mathematical modeling, second-order polynomial, regression analysis, least squares method, adequacy criterion, correlation relationship, energy efficiency, forecasting.*

1. Введение. Jahon iqtisodiyotida elektr energiyasi iste'moli hajmining yil sayin ortib borishi energetika tizimlarining ishonchliligi va samaradorligiga bo'lgan talabni kuchaytirmoqda. Xalqaro tahlillarga ko'ra, so'nggi yillarda global elektr energiyasi iste'moli o'rtacha 3–4 % yillik o'sish tendensiyasiga ega bo'lib, bu holat energetik infratuzilmaga tushadigan yuklamani sezilarli darajada oshirmoqda. Ayniqsa, sanoat va yirik maishiy iste'molchilarda yuklama grafiklarining notekis shakllanishi elektr tarmoqlarida qo'shimcha texnik va iqtisodiy muammolarni keltirib chiqarmoqda [1-5].

Elektr ta'minoti tizimlarida yuklamalarning vaqt bo'yicha o'zgaruvchanligi generatsiya quvvatlarini rezervlash, transformatorlarni ortiqcha quvvatda tanlash, kabel liniyalar kesimini kattalashtirish kabi qo'shimcha kapital sarflarni talab etadi. Pik yuklamalarning keskin o'sishi tok zichligining ortishiga, natijada I2R qonuniga muvofiq aktiv quvvat yo'qotishlarining ko'payishiga sabab bo'ladi. Bu esa tarmoqda energiya samaradorligining pasayishiga va elektr energiyasi tannarxining oshishiga olib keladi [4-9].

Iste'molchilarda elektr yuklamalarining shakllanishi ko'p omilli jarayon bo'lib, u texnologik rejimlar, ish vaqti grafiklari, uskunalarning texnik holati, avtomatlashtirish darajasi hamda tarif siyosatiga bevosita bog'liqdir. Sanoat korxonalarida, ayniqsa, elektr yuklamalarining tsiklik xususiyatga ega bo'lishi, ishlab chiqarish jarayonlarining bosqichma-bosqich amalga oshirilishi va ayrim agregatlarning bir vaqtda ishga tushirilishi yuklama grafigida pik qiymatlarni yuzaga keltiradi [10-16].

Zamonaviy energetikada talabni boshqarish (Demand Response), aqlli tarmoqlar (Smart Grid) va yuklamani optimallashtirish konsepsiyalari elektr yuklamalarini faol tarzda boshqarishni nazarda tutadi. Biroq amaliyot shuni ko‘rsatadiki, ko‘plab iste’molchilarda yuklama tahlili faqat hisob-kitob bosqichida amalga oshiriladi [17].

Yuklama koeffitsienti past bo‘lgan holatlarda elektr ta’minoti tizimi nomutanosib rejimda ishlaydi, ya’ni maksimal quvvat katta, ammo o‘rtacha yuklama nisbatan past bo‘ladi. Bu esa generatsiya va transformator quvvatlaridan samarasiz foydalanishga olib keladi. Yuklama koeffitsientini oshirish, ya’ni yuklama grafigini tekislash, energiya samaradorligini oshirishning asosiy yo‘nalishlaridan biri hisoblanadi [6, 12-14].

2.2. Методика получения пленок селенида кадмия. Elektr energiyasi iste’molchilarida yuklama grafigi vaqt bo‘yicha o‘zgaruvchi jarayon bo‘lib, u elektr quvvatining *P(t)* funksiyasi orqali ifodalanadi. Yuklama grafigini matematik modellashtirishning asosiy maqsadi – yuklama o‘zgarish qonuniyatlarini aniqlash, pik qiymatlarni oldindan baholash va boshqaruv qarorlari uchun hisoblash algoritmini shakllantirishdan iborat.

Umumiy holda yuklama jarayoni quyidagicha ifodalanadi [18-22]:

$$P(t) = f(t, x, u) + \epsilon(t) \tag{1}$$

bu yerda *x* – texnologik parametrlar, *u* – boshqaruv ta’siri, *ε(t)*– tasodifiy xatolik.

Yuklama grafigining deterministik va stoxastik qismlari ajratiladi:

$$P(t)=P_d(t)+P_s(t)P(t) \tag{2}$$

Sanoat iste’molchilarida yuklama ko‘pincha ikkinchi darajali polinom orqali yaxshi yaqinlashadi:

$$P(t) = at^2 + bt + c \tag{3}$$

bu yerda: *a,b,c* b, regressiya koeffitsiyentlari

Agar *a<0* bo‘lsa, pik vaqt:

$$t^* = -\frac{b}{2a} \tag{4}$$

Maksimal qiymat:

$$P(t) = a(t^*)^2 + b(t^*) + c \tag{5}$$

Ikkinchi darajali polinom regressiya koeffitsiyentlarini aniqlashda eng kichik kvadratlari usulidan qo‘llaniladi. Ushbu usulning nazariy mohiyati tajribaviy ma’lumotlar bilan model qiymatlari orasidagi farqlar kvadratlari yig‘indisini minimallashtirishdan iborat va bu minimallashtiriladigan funksional quyidagicha yoziladi [23-24]:

$$S = \sum_{i=1}^{n} \left[W_i - \left(at_i^2 + bt_i + c\right)\right]^2 \rightarrow min \tag{6}$$

Bu shartdan kelib chiqib, *a b va c* koeffitsiyentlari bo‘yicha xususiy hosilalar nolga tenglashtiriladi:

$$\frac{\partial S}{\partial a} = 0, \qquad \frac{\partial S}{\partial b} = 0, \qquad \frac{\partial S}{\partial c} = 0 \tag{7}$$

Natijada uchta chiziqli algebraik tenglamalar sistemasidan iborat normal tenglamalar sistemasi hosil bo‘ladi. Ushbu sistemani yechish orqali polinom koeffitsiyentlari aniqlanadi..

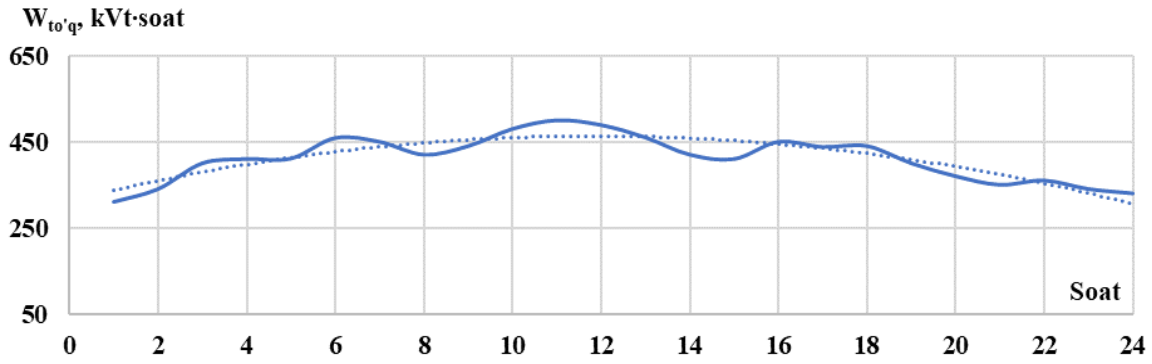
3. Анализ полученных результатов. Elektr yuklama grafiklari trikotaj mahsulotlari ishlab chiqaruvchi korxona misolida kompleks ravishda tadqiq qilindi. Ma’lumki, trikotaj mahsulotlari ishlab chiqaruvchi korxonalar texnologik jihatdan o‘zaro uzviy bog‘langan asosiy ishlab chiqarish bo‘limlaridan tashkil topgan bo‘lib, odatda jarayon uchta asosiy bosqichni qamrab oladi: to‘quv bo‘limi, bo‘yash bo‘limi va naqsh bosish bo‘limi. Har bir bo‘lim o‘ziga xos texnologik uskunalar, energiya sig‘imi hamda ish rejimiga ega bo‘lib, bu omillar elektr yuklama grafigining shakllanishiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi [7].

To‘quv bo‘limida aylanma trikotaj to‘quv mashinalari, yordamchi mexanizmlar va ventilyatsiya tizimlari asosiy elektr iste’molchilari hisoblanadi. Ushbu bo‘limda yuklama, asosan, mashinalarning uzluksiz ishlashi va ishlab chiqarish unumdorligiga bog‘liq holda shakllanadi. Bo‘yash bo‘limida esa issiqlik va elektr energiyasini birgalikda iste’mol qiluvchi texnologik qurilmalar (bo‘yash apparatlari, quritish uskunalari, nasos va aralashtirgichlar) faoliyat yuritadi, natijada yuklama grafigi ko‘proq bosqichli va o‘zgaruvchan xarakterga ega bo‘ladi. Naqsh bosish bo‘limida bosma mashinalar, quritish kameralar hamda yordamchi elektr jihozlarining ishlash rejimi yuklama ko‘rsatkichlarining nisbatan davriy tebranishiga sabab bo‘ladi [13].

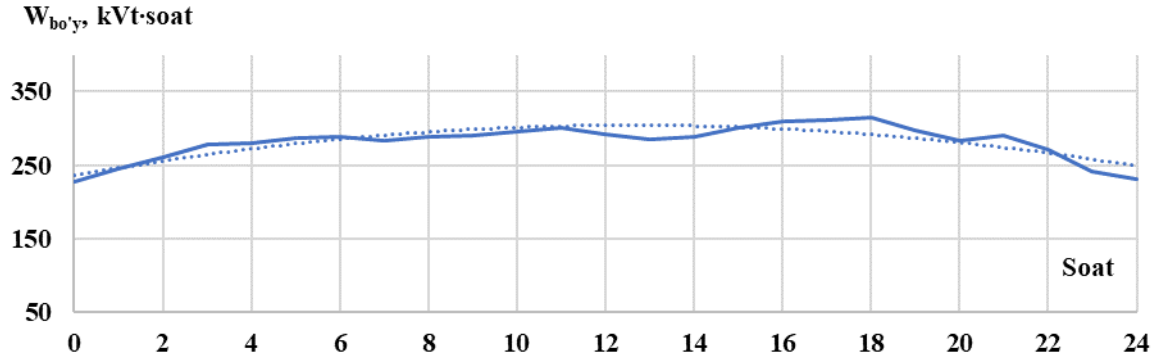
Korxonaning ishlab chiqarish jarayonini tashkil etuvchi ushbu asosiy bo‘limlarning elektr qurilmalariga tegishli sutkalik yuklama grafiklari amaliy ma’lumotlar asosida shakllantirildi va tahlil qilindi. Olingan natijalar asosida har bir bo‘lim uchun alohida yuklama grafigi qurildi hamda ular 1–3-rasmlarda keltirildi. Ushbu grafiklar korxona tarkibiy bo‘linmalarida elektr energiyasi iste’molining vaqt bo‘yicha o‘zgarish xususiyatlari turlicha ekanligini, ya’ni har bir texnologik bosqich o‘ziga xos energetik xarakteristikaga ega ekanligini ko‘rsatdi.

Mazkur yondashuv ishlab chiqarish jarayonining har bir bo‘limi kesimida yuklama ko‘rsatkichlarini chuqur tahlil qilish, ularning o‘zaro bog‘liqligini aniqlash hamda keyingi matematik modellashtirish va prognozlash bosqichlari uchun ishonchli eksperimental asos yaratishga xizmat qiladi.

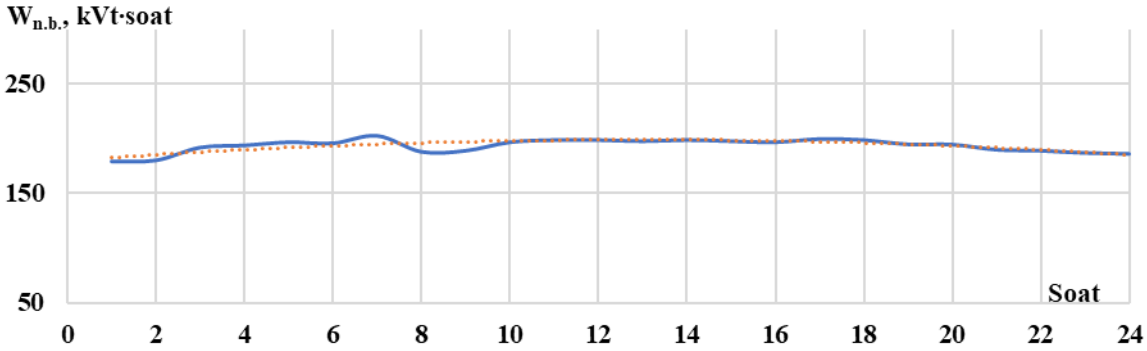
Korxonaning ishlab chiqarish jarayoni tashkil etuvchi barcha bo‘limlari elektr qurilmalarining sutkalik yuklama grafiklari shakllantirildi hamda ushbu grafiklar 1-3- rasmlarda keltirildi.



1-rasm. Trikotaj mahsulotlari ishlab chiqaruvchi korxona to‘quv bo‘limining sutkalik elektr yuklama grafigi.



2-rasm. Trikotaj mahsulotlari ishlab chiqaruvchi korxona bo‘yash bo‘limining sutkalik elektr yuklama grafigi.



3-rasm. Trikotaj mahsulotlari ishlab chiqaruvchi korxona naqsh bosish bo‘limining sutkalik elektr yuklama grafigi.

Yuqorida keltirilgan 1-3-rasmlarda korxonaning elektr energiya iste’moli barcha bo‘limlar uchun alohida yuklama grafiklari keltirilgan bo‘lib, sutkalik elektr yuklama barcha bo‘limlarda turlicha ko‘rinishga ega. Olib borilgan ilmiy tadqiqot davomida sutkalik elektr yuklama grafigini qurish orqali trikotaj mahsulotlari ishlab chiqaruvchi korxonaning elektr energiya iste’moli ko‘rsatkichlarining o‘zgarish qonuniyatlari $W = f(t)$ texnologik jarayoni tashkil etuvchi asosiy bo‘limlar kesimida aniqlandi. Qurilgan mazkur xarakteristikalar ($W = f(t)$) korxonaning sutka davomida sarf bo‘lgan elektr energiya ko‘rsatkichining qiymatlari mos ravishda qaralayotgan davr ko‘rsatkichlarning qiymati bir biriga mos kelishini ko‘rish mumkin. Bu esa o‘z navbatida mazkur ko‘rsatkichlar o‘rtasida bog‘lanishning mavjudligini isbotlaydi. Bu quyidagi ikkinchi darajali polinom modellarining natijalari orqali asoslanadi.

To‘quv, bo‘yash hamda naqsh bosish bo‘limlarining sutka davomidagi elektr energiya iste’molini quyidagi matematik modellarda ko‘rish mumkin:

$$W_{to'q} = -1{,}0688t^2 + 25{,}329t + 313{,}14 \quad (8)$$

$$W_{bo'y} = -0{,}4307t^2 + 10{,}874t + 235{,}67 \quad (9)$$

$$W_{n.b.} = -0{,}1136t^2 + 2{,}9531t + 179{,}85 \quad (10)$$

Olingan ushbu matematik modellar dispersiyaviy tahlil (ANOVA), Fisher kriteriyasi ($F_{his} > F_{jad}$) hamda nisbiy xatoliklar bo‘yicha tekshirildi va ularning adekvatligi aniqlandi. Olingan natijalar 1-jadvalda keltirildi.

1-jadval

Matematik modelining adekvatligini baholash natijalari

Model	SSR	SSE	SST	MSR	MSE	$F_{his} > F_{jad}$	MAPE %
8	52320,2	11851,7	64169,9	26160,1	564,3	$46{,}3 > 3{,}47$	4,6
9	7470	3022,6	10459,2	3735	143,9	$25{,}9 > 3{,}47$	3,33
10	580,5	336,7	917,3	290,2	16,03	$18{,}1 > 3{,}47$	1,4

1-jadvalda keldirilgan ANOVA va Fisher kriteriyasi qiymatlariga muvofiq olingan matematik modellarni ishonchligi ilmiy asoslandi. Unga ko‘ra: kVt·soat

SSR – bu dispersiya kvadratlar yig‘indisi bo‘lib, u model izohlab bergan variatsiya (o‘zgaruvchanlik) hisoblanadi;

SSE – bu xatoliklar kvadrat yig‘indisi bo‘lib, u model izoblab bera olmagan variatsiya hisoblanadi;

SST –bu dispersiya kvadratlar yig‘indisi hamda xatoliklar kvadrat yig‘indisi umimuy qiymati;

MSR – bu dispersiya o‘rtacha kvadrat yig‘indisi (katta qiymatga intiladi);

MSE – bu o‘rtacha xatoliklar kvdart yig‘indisi (kichik qiymatga intiladi);

F_{hisob} – bu Fisher statistikasi;

F_{jadval} – bu modelining 95% ishonch darajasida ahamiyatliligini baholash uchun kerak bo‘ladigan kritik F-qiymatlar jadvalidir.

MAPE – bu modelning nisbiy xatolik qiymatini ifodalaydi va foizda ko‘rsatiladi (ruxsat etilgan chegarasi 10%).

Shu bilan birga, ishlab chiqilgan matematik modellar aniqlangan korrelyasiya koeffisentlari qiymati to‘quv bo‘limi $W = f(t)$, energetik xarakteristikasi uchun r=82%, bo‘yash bo‘limi uchun r=77%; hamda naqsh bosish bo‘limi uchun r=*63%* ekanligi aniqlandi. Ishlab chiqarish jarayonida elektr energiya iste’moli va vaqt ko‘ratgichlari orasida bog‘liq mavjudligini korrelyasiya koeffisentlarining yuqori qiymati ko‘rsatib berdi. Bu esa o‘z navbatida elektr energiya iste’moli ko‘rsatkichini prognozlashda korxona tomonidan taqdim etilgan dastlabki ma’lumotlari hamda o‘tkazilgan tajribalar asosida elektr energiyasiga ta’sir etuvchi omillarni inobatga olib, elektr energiyasini prognozlash modellarini ishlab chiqish zarurligi va dolzarbligini ko‘rsatadi.

4. Заключение. Olib borilgan tadqiqot natijalari sanoat korxonasining sutkalik elektr yuklama grafigi aniq matematik qonuniyatlarga ega ekanligini ko‘rsatdi. Yuklama jarayonini ikkinchi darajali polinom regressiya modeli orqali ifodalash tajribaviy ma’lumotlarga yuqori aniqlikda mos kelishi aniqlandi. Eng kichik kvadratlar usuli asosida aniqlangan regressiya koeffitsiyentlari yordamida qurilgan modellar statistik sifat baholash mezonlari orqali tekshirilib, ularning adekvatligi va amaliy qo‘llash uchun yaroqliligi tasdiqlandi. Tahlillar natijasida elektr energiyasi iste’moli ko‘rsatkichlari va vaqt omili o‘rtasida barqaror funksional bog‘lanish mavjudligi isbotlandi. Bu esa elektr yuklama jarayonlarini prognozlash, pik yuklamalarni boshqarish hamda energiya samaradorligini oshirish bo‘yicha ilmiy asoslangan boshqaruv qarorlarini ishlab chiqish imkonini beradi. Shuningdek, ishlab chiqilgan matematik modellar sanoat korxonalarida elektr energiyasi iste’molini qisqa muddatli prognozlash, yuklama koeffitsientini oshirish va energiya resurslaridan oqilona foydalanishni ta’minlashda metodologik asos bo‘lib xizmat qilishi mumkin.

Список литературы

[1]. International Energy Agency. Energy Efficiency 2023. – Paris: IEA, 2023

[2]. International Energy Agency. Global Energy Review 2025: Electricity. – Paris: IEA, 2025.

[3]. IEEE Std 1366-2012. IEEE Guide for Electric Power Distribution Reliability Indices. – IEEE, 2012.

[4]. IEC 60038: IEC Standard Voltages. – Geneva: IEC, 2019.

[5]. Китаев А.В. Управление электрическими нагрузками. – СПб.: Питер, 2020. – 276 с.

[6]. Ф.А.Хашимов Оптимизация использования энергоресурсов в текстильной промышленности Т.,2005, 250 стр.

[7]. Xoshimov F.A., Yusupaliyeva X.U. To’qimachilik sanoati korxonalari energiya samaradorligi tahlili // Илмий – техника журнали 2022 й. 26 том. № 1. 130-136 бет.

[8]. F.A.Xoshimov, K.SH.Kadirov, X.U.Yusupalieva, K.S.Azimova To’qimachilik korxonalarida yillik elektr energiya iste’molining yuklama grafiklarini shakllantirish // Proceedings of International Conference on Modern Science and Scientific Studies Hosted online from Paris, France. Date: 19th October – 2024. page 126-130.

[9]. Хошимов Ф.А., Юсупалиева Х.У., Қодиров И.Н. Тўқимачилик саноат корхоналарида электр энергия истеъмолини прогнозлаш усуллари // Инновацион технологиялар 2022/3(47)-сон. 32-39 бет

[10]. F.A.Xoshimov, K.SH.Kadirov, A.P.Kushev, X.U.Yusupaliyeva // Technological process and laws of change of energy consumption parameters of spinning enterprises // E3S Web of Conferences 497, 01013 (2024) ICECAE 2024 https://doi.org/10.1051/e3sconf/202449701013.

[11]. Xoshimov F.A., Yusupaliyeva X.U. To’qimachilik sanoati korxonalari energiya samaradorligi tahlili // Илмий – техника журнали 2022 й. 26 том. № 1. 130-136 бет.

[12]. Хошимов Ф.А., Кадиров К.Ш. Нормирование энергоресурсов на предприятиях по переработке сельскохозяйственной продукции с современным технологическим оборудованием. – «PUBLISHING HIGH FUTURE». Ташкент. 2024 г. С. 105

[13]. Ф.А. Хошимов, К.Ш. Кадиров, Х.У. Юсупалиева Нормирование расхода энергоресурсов на единицу выпускаемой прядильного производстве текстильной промышленности продукции // Энергия ва ресурс тежаш муаммолари 2024 й. махсус сони (№85), 246-255 бет.

[14]. Ф.А. Хошимов, К.Ш. Кадиров, Электр энергетика тизимига тушадиган юкламаларни вақт бўйича табақалаштирилган тарифлар ёрдамида бартараф этиш имкониятлари // Ўзбекистон Республикаси олий таълим, фан ва инновациялар вазирлиги, Фарғона политехника институти, Илмий техника журнали, Фарғона-2024, Том-28, №1, 178-183 бет.
[15]. К.Ш. Кадиров, Х.У. Юсупалиева Республика электр энергетика тизимида электр энергияси истеъмолининг ҳолати // Фан ва технологиялар тараққиёти илмий – техникавий журнал // Бухоро муҳандислик-технология институти. 2024 йил. №4, 202-207 бет.
[16]. Ф.А. Хошимов, К.Ш. Кадиров, Х.У. Юсупалиева Электр таъминоти тизимининг умумий муаммолари ишончлилиги ва энергия самарадорлигини ошириш // IV Международная научно-техническая конференция «Актуальные проблемы системы электроснабжения» Нукус 2024 й. 6-9 бет.
[17]. Kh.M. Muradov, K.Sh. Kadirov, A.P. Kushev, X.U. Yusupaliyeva // Increase efficiency at the expense of changing the working mode using time-differentiated tariffs // E3S Web of Conferences 563, 01011 (2024) ICESTE 2024 https://doi.org/10.1051/e3sconf/202456301011.
[18]. Абдуллаев А.А., Юлдашев Н.К. Электр энергиясидан самарали фойдаланиш асослари. – Тошкент: Фан, 2018. – 256 б.
[19]. Баранник В.И. Оптимизация режимов электропотребления промышленных предприятий. – М.: Энергоатомиздат, 2018. – 300 с.
[20]. Box G.E.P., Jenkins G.M., Reinsel G.C., Ljung G.M. Time Series Analysis: Forecasting and Control. – 5th ed. – Hoboken: Wiley, 2015. – 712 p.
[21]. Conejo A.J., Morales J.M., Baringo L. Real-Time Demand Response Model // IEEE Transactions on Smart Grid. – 2010. – Vol.1, No.3. – P.236–242.
[22]. Дьяков А.Ф. Управление режимами электропотребления. – М.: Энергоатомиздат, 2019. – 298 с.
[23]. Федоров А.А., Каменева В.В. Электрические нагрузки промышленных предприятий. – М.: Энергия, 2017. – 304 с.
[24]. Gonen T. Electric Power Distribution Engineering. – 3rd ed. – CRC Press, 2015. – 896 p.
[25]. Hippert H.S., Pedreira C.E., Souza R.C. Neural Networks for Short-Term Load Forecasting // IEEE Transactions on Power Systems. – 2001. – Vol.16, No.1. – P.44–55.

УДК 621.313:621.3.072

МОДЕЛИРОВАНИЕ ПЕРЕХОДНЫХ ПРОЦЕССОВ В ЭЛЕКТРОПРИВОДАХ ЭЛЕКТРОМЕХАНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

А.А. Шавазов[1]*, Х.Ш. Неъматжонов[2], Ш.Ш. Тураханов[3], И.Б. Илекерова[3]

[1] Академия наук Республики Узбекистан, Институт проблем энергетики
[2]Ферганский государственный технический университет
E-mail: *iilekerova@mail.com*
[3]Ташкентский государственный технический университет, Ташкент 100095, Узбекистан
E-mail: *sherzodjon962@gmail.com*
**Автор для корреспонденции, e-mail: shavazov@inbox.ru*
(Получена 22.02.2026 г.)

Аннотация. *В статье рассмотрены вопросы моделирования переходных процессов в электроприводах электромеханических комплексов на примере синхронного двигателя мельницы самоизмельчения. Проведен анализ особенностей пуска приводных синхронных двигателей в условиях повышенного момента сопротивления, обусловленного спецификой технологического процесса измельчения. Показано, что при традиционном асинхронном пуске возникают значительные перегрузки по току и напряжению, что снижает надежность работы оборудования. Разработана математическая модель момента сопротивления барабана мельницы с учетом изменения характера движения мелющей загрузки при разгоне, включая каскадный, смешанный и водопадный режимы. Учтено влияние ударного момента, возникающего вследствие отрыва и падения мелющих тел. Представлены результаты моделирования переходных режимов синхронного двигателя при пуске, позволившие определить условия рационального частотно-регулируемого запуска. Полученные результаты могут быть использованы при разработке энергоэффективных систем управления электроприводами мельничных установок.*

Ключевые слова: *электропривод, синхронный двигатель, переходные процессы, пусковой режим, момент сопротивления, шаровая мельница, частотно-регулируемый пуск, ударный момент, энергоэффективность, моделирование.*

Annotatsiya. *Maqolada elektromexanik komplekslarning elektr yuritmalarida o‘tish jarayonlarini modellashtirish masalalari o‘z-o‘zini maydalash tegirmonining sinxron dvigateli misolida ko‘rib chiqilgan. Texnologik maydalash jarayonining o‘ziga xos xususiyatlari bilan bog‘liq qarshilik momenti oshgan sharoitlarda yuritmali sinxron dvigatellarini ishga tushirish xususiyatlari tahlil qilingan. An’anaviy asinxron ishga tushirishda tok va kuchlanish bo‘yicha katta yuklanishlar yuzaga kelishi, bu esa uskunaning ishonchliligini pasaytirishi ko‘rsatib berilgan. Tegirmon barabani qarshilik momentining matematik modeli ishlab chiqilgan va unda tezlanish jarayonida maydalovchi yuklanmaning harakat xususiyati o‘zgarishi — kaskadli, aralash va sharsharasimon rejimlar hisobga olingan. Maydalovchi jismlarning uzilib tushishi natijasida yuzaga keladigan zarbali moment ta’siri inobatga olingan. Ishga tushirish paytida sinxron dvigatel o‘tish rejimlarini modellash natijalari keltirilgan bo‘lib, ular rasional chastotaviy rostlash asosida ishga tushirish shartlarini aniqlash imkonini bergan. Olingan natijalar tegirmon qurilmalari elektr yuritmalarini energiya tejamkor boshqarish tizimlarini ishlab chiqishda qo‘llanilishi mumkin.*

Kalit so‘zlar: *elektr yuritma, sinxron dvigatel, o‘tish jarayonlari, ishga tushirish rejimi, qarshilik momenti, sharli tegirmon, chastotaviy rostlash asosida ishga tushirish, zarbali moment, energiya samaradorligi, modellashtirish.*

Abstract. *The paper addresses the modeling of transient processes in electric drives of electromechanical systems, using the synchronous motor of a self-grinding mill as a case study. An analysis is performed of the specific features of starting synchronous drive motors under conditions of increased load torque caused by the characteristics of the grinding process. It is shown that conventional asynchronous starting results in significant current and voltage overloads, which reduce the operational reliability of the equipment. A mathematical model of the mill drum load torque is developed, taking into account changes in the motion pattern of the grinding charge during acceleration, including cascading, mixed, and cascade-fall regimes. The influence of impact torque arising from the detachment and subsequent fall of grinding bodies is considered. The results of modeling the transient starting modes of the synchronous motor are presented, which made it possible to determine the conditions for a rational variable-frequency start-up. The obtained results can be used in the development of energy-efficient control systems for electric drives of milling installations.*

Keywords: *electric drive, synchronous motor, transient processes, starting mode, load torque, ball mill, variable-frequency starting, impact torque, energy efficiency, modeling.*

1. Введение. В настоящее время запуск приводных синхронных двигателей (СД) мельниц самоизмельчения осуществляется по схеме асинхронного пуска — с подачей полного сетевого напряжения либо с использованием реактора. Вместе с тем данный способ не обеспечивает требуемого пускового режима в условиях повышенной нагрузки, характерных для мельниц самоизмельчения, когда момент сопротивления в процессе разгона достигает 0,75–1,0 от номинального значения [2].

Как показывает опыт эксплуатации мельниц, более половины отказов в работе электропривода мельницы типа ММС 90-30А были связаны с перегрузками СД во время пуска [2,3]. При аварийных остановках мельницы и последующем ее пуске с полной загрузкой применялись 2 – 3, а в некоторых случаях до 4 повторных пусков СД. Экспериментальные исследования показали, что посадка напряжения в начале пуска составила 25%, а на под синхронной частотой вращения – до 15%. При этом пусковой ток достигает 6- кратного значения от номинального.

Таким образом, становится актуальной задача обеспечения нормального и рационального по энергетическим показателям пуска СД мельницы с учетом особенностей технологического процесса и приводного механизма. Наиболее результативным способом решения указанной проблемы является использование схемы частотно-регулируемого пуска

синхронного двигателя [2,5,6]. Здесь одним из ключевых задач исследования выступает установление условий запуска СД.

2. Методы определения сопротивления момента в электроприводах мельниц. Момент сопротивления барабана мельницы определяется, в первую очередь, характером движения мелющей среды. В первый момент пуска мельницы необходимо преодолеть только силы трения в подшипниках [3,5]

$$M_c = k \cdot G \cdot y \cdot r, \quad (1)$$

где

k – коэффициент пропорциональности;

G – вес вращающихся частей,

y – коэффициент трения;

r – радиус цапфы.

После начала движения момент резко возрастает в связи с появлением дополнительного момента от загрузки

$$M_{бо} = G \cdot I \quad (2)$$

где

G - сила тяжести шаровой загрузки, I - длина перпендикуляра, опущенного из т. О на направление действия силы G (рис 1).

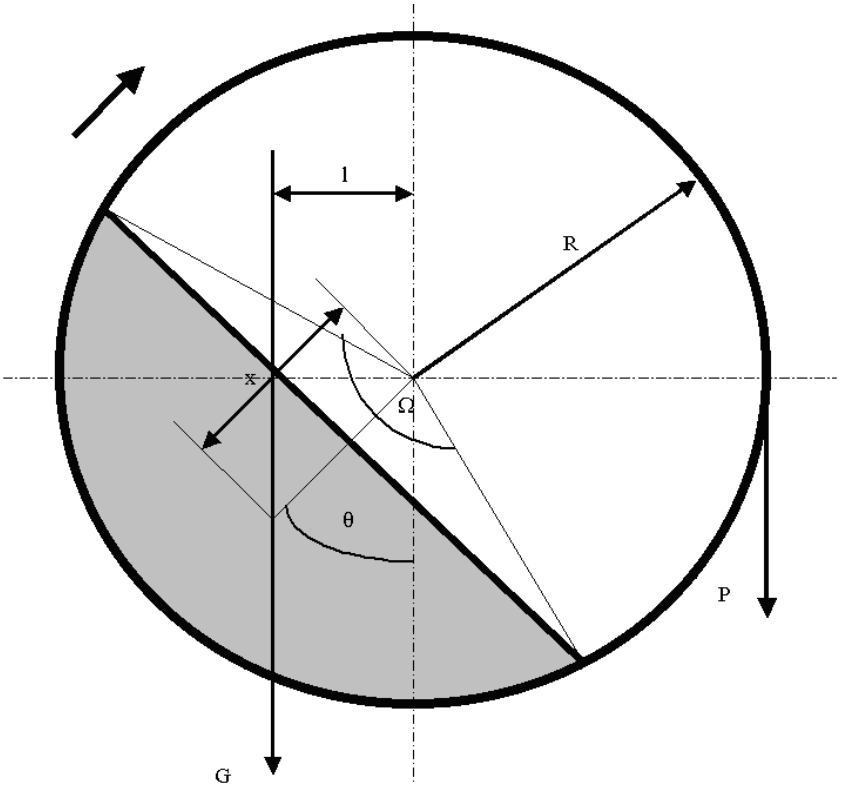


Рис. 1. Схема действия сил на мельничную загрузку при работе мельницы.

Выразим силу тяжести шаровой загрузки

$$G = 1000 \cdot M_ш \cdot g \quad (3)$$

где

$M_ш = 4{,}6\phi \frac{\pi D^2}{4} L = 183{,}132$- масса мельничной загрузки

По рис. 1 определим

$$I = x \cdot \sin\theta \quad (4)$$

где

x- расстояние от центра Ω до центра тяжести S, м.

По статический момент барабана $M_б$ состоит из двух составляющих: постоянной $M_{б0}$ – равной по модулю произведению веса загрузки G, находящейся на дне барабана на плечо L, равное расстоянию от центра тяжести загрузки до оси барабана, и переменной составляющей: ударного момента, зависящей от положения загрузки в барабане в каждый момент времени $M_{б\sim}$. Но при этом в отличии от установившегося режима $M_{б0}$ будет постоянно изменяться на всем протяжении пуска, из-за изменения положения мельничной загрузки в барабане мельницы и, следовательно, изменении плеча L.

В зависимости от скорости вращения барабана режим работы мельницы может быть каскадным, смешанным (каскадно-водопадным) и водопадным [3,5].

При каскадном режиме работы дробящие тела поднимаются по концентрическим круговым траекториям и скатываются вниз каскадом по уклону параллельными слоями [3]. Каскадный режим работы наблюдается при начальной скорости вращения и с увеличением скорости переходит сначала в смешанный (каскадно-водопадный), а затем в водопадный режим, т.е. когда дробящие тела поднимаются по круговым траекториям и затем падают водопадом по параболическим траекториям вниз.

Следует отметить, что дробящее тело будет прижато к стенке барабана до тех пор, пока сумма радиальных слагающих веса и силы трения будет меньше центробежной силы инерции. С дальнейшим увеличением скорости часть материала отрывается от основной массы и переходит на параболические траектории полета [5]. Величину критической скорости, при которой начинается водопадный режим работы можно найти из выражения, согласно

$$m\omega_{\text{кр}} \cdot \left(R - \frac{d}{2}\right) = g \cdot m, \tag{5}$$

т.е. центробежная сила дробящего тела равна силе тяжести свободного падения, где m – масса частицы, R – радиус барабана, d – диаметр частицы.

$$\omega_{\text{кр}} = \left(\frac{g}{R} - \frac{d}{2}\right)^{\frac{1}{2}} \approx \left(\frac{g}{R}\right)^{\frac{1}{2}}, \quad \text{при} \quad R >> d. \tag{6}$$

К моменту сопротивления добавляется дополнительный ударный момент. Согласно ударный момент является результатом падения вниз мелющего материала, сообщающем нижней зоне ударный импульс [3]. Такие импульсы следует непрерывно один за другим и передаются на внутреннюю поверхность барабана и от нее на привод.

Однако в отличие от установившегося режима возникновение ударного момента при пуске мельницы обусловлено кратковременным уменьшением веса загрузки на величину суммарного веса оторвавшейся части материала, а после его падения приращением веса загрузки. В последующие моменты времени ударный момент несколько возрастает, т.к. в связи с увеличением скорости масса отрывающейся части загрузки возрастает. Этот процесс будет длиться до тех пор, пока масса отрывающейся и падающей частей материала не станет примерно одинаковой.

Для нахождения величины ударного момента необходимо знать траектории движения дробящих тел при нарастании скорости, с учетом того, что внешние слои материала движутся с различными скоростями и определить массу отрывающейся части загрузки.

Таким образом, значение момента сопротивления будет определяться из следующих зависимостей

$$\left.\begin{array}{c} M_{\text{тр}}; \qquad \omega \Rightarrow 0; \\ \text{М}_{\text{бо}} = G \cdot I \quad \left(\text{при} \;\; I = var()_{\text{кр}}\right) \\ \text{М}_{\text{бо}}\left(\text{при}\; I = var()_{\text{б}}\left(\text{при} \;\; m = var()_{\text{кр}_{\text{уст}}}\right)\right)\} = M_c. \end{array}\right\} \tag{7}$$

Из (2) можно определить по формулам (5-7) момент сопротивления барабана мельницы при изменении скорости вращения барабана при пуске [2,5,6].

Структурная схема синхронного двигателя согласно 2-7 приведена на рис. 2.

3. **Анализ полученных результатов.** Результат моделирования синхронного двигателя мельницы измельчения при пуске представлен на рис. 3,4. [5,10].

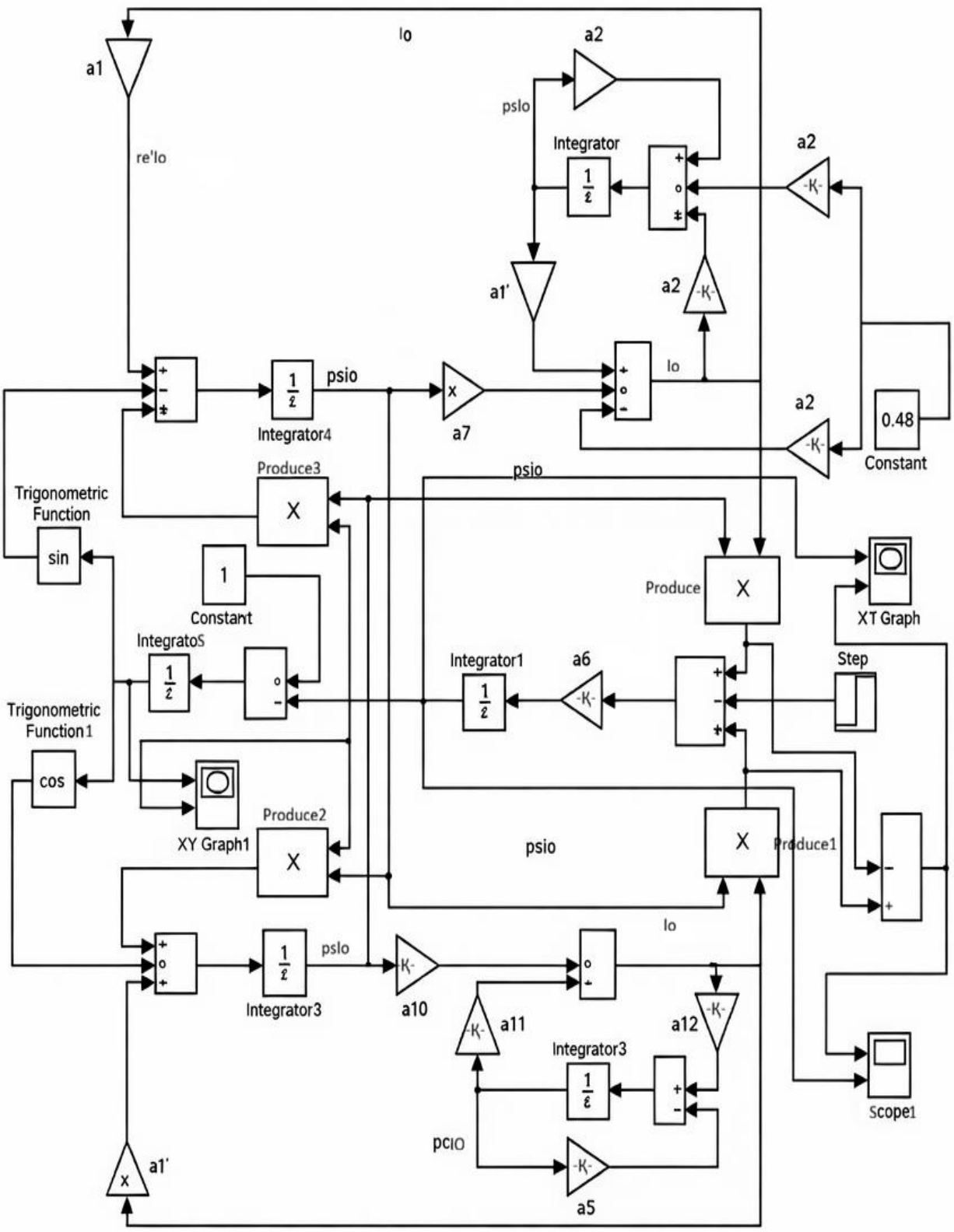


Рис. 2. Структурная схема СД при переходном режиме.

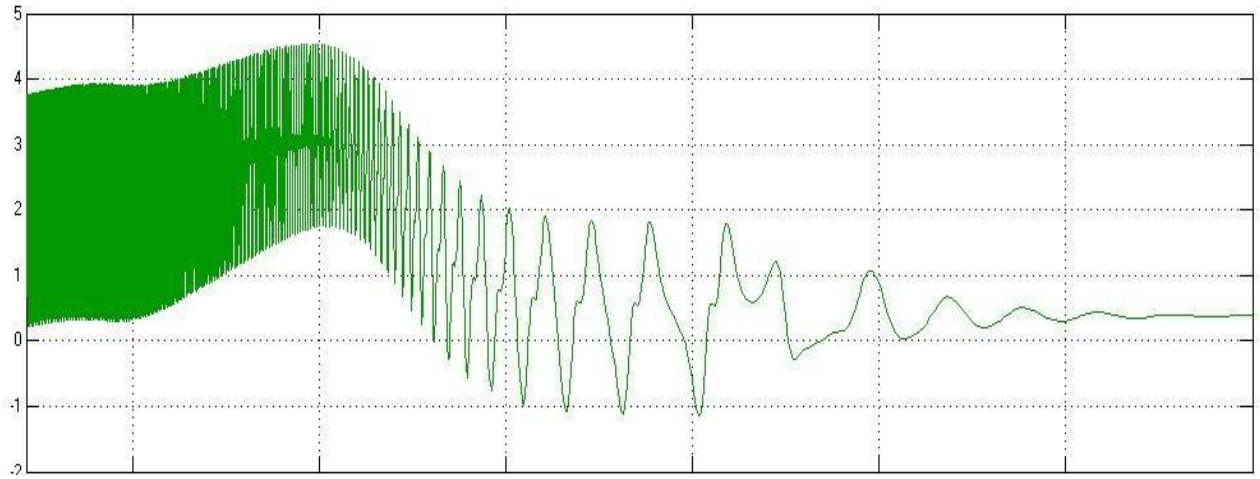


Рис. 3. Зависимость момента от времени $M_c/M_н$

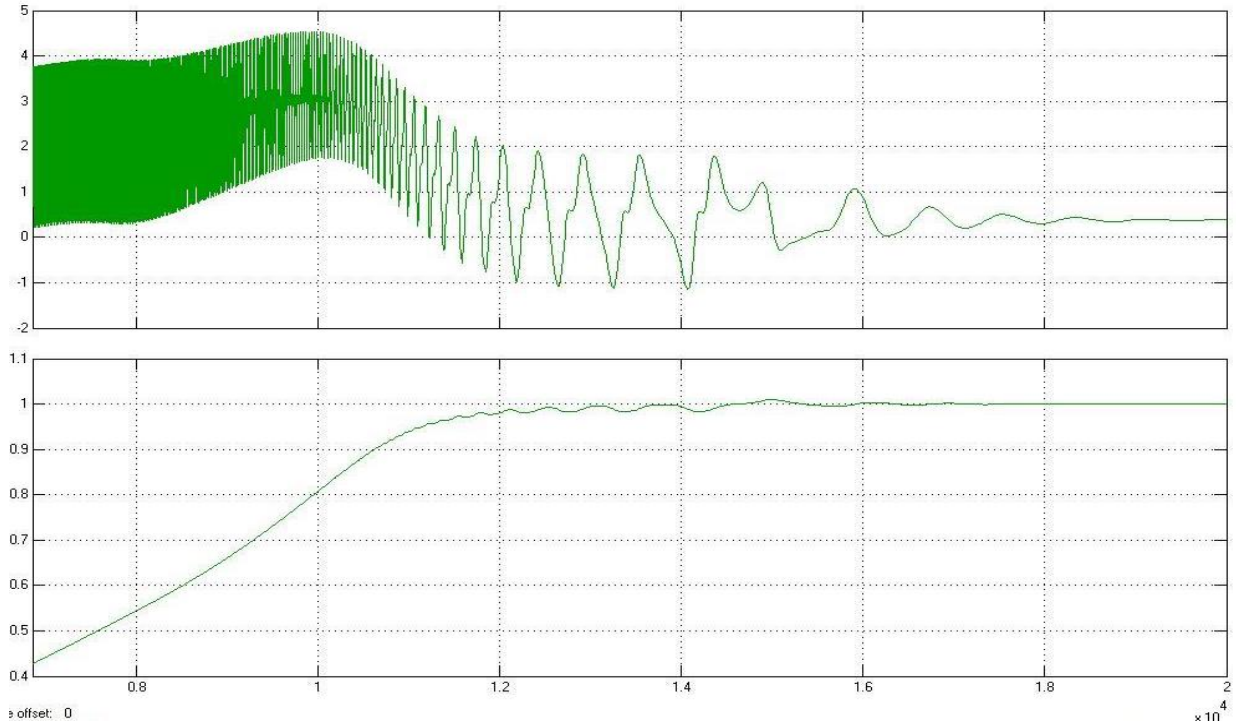


Рис. 4. Зависимость скорости от времени ω/ω_H

Исследования стадии измельчения и проведенный анализ принципов управления электромеханическими системами, стадии измельчения, имеющей важное народнохозяйственное значение в области энергосбережения в энергетической системе [1,8,9], позволит определить и разработать основные способы повышения энергоэффективности эксплуатации мельниц измельчения и насосных установок откачки пульпы [3,4].

В результате решения проблемы энерго- и ресурсосбережения стадии измельчения получены следующие основные результаты: [1,8].

Проведенный в рамках настоящей работы литературный обзор и критический анализ современного состояния технологии стадии измельчения показали, что отсутствуют исследования, позволяющие совершенствовать технологический режим работы мельничной установки с учетом энерго- и ресурсосбережения.

Установлены наиболее существенные факторы, влияющие на мощность мельниц измельчения. Разработана математическая модель мощности мельницы в функции основных факторов, влияющих на режим в процессе эксплуатации [6,7].

Момент сопротивления мельницы при пуске является сложной величиной, зависящей от нескольких параметров:

- конструктивных данных барабана;
- массы и размера мелющих тел;
- параметров технологического процесса (заполнение барабана и т.п.)
- от скорости вращения барабана и, следовательно, режимов работы мельницы.

Возникновение ударного момента при пуске мельницы [5,10], в отличие от установившегося режима, обусловлено кратковременным уменьшением веса загрузки на величину суммарного веса оторвавшейся части материала, а после его падения приращением веса загрузки [5].

4. Заключение. В результате проведенных исследований разработана математическая модель переходных процессов электропривода мельницы самоизмельчения, учитывающая изменение момента сопротивления в процессе разгона барабана. Установлено, что пусковой режим характеризуется сложной нелинейной зависимостью момента сопротивления от скорости вращения, параметров загрузки и конструктивных характеристик барабана.

Показано, что в отличие от установившегося режима, при пуске существенную роль играет переменный ударный момент, связанный с отрывом и падением мелющих тел, что приводит к дополнительным динамическим нагрузкам на привод. Это обстоятельство обуславливает необходимость применения более совершенных способов управления пуском синхронных двигателей.

Результаты моделирования подтвердили целесообразность использования частотно-регулируемого пуска, обеспечивающего снижение пусковых токов, уменьшение провалов напряжения и повышение надежности работы оборудования. Разработанные зависимости и полученные выводы могут быть использованы при проектировании и модернизации электромеханических комплексов стадии измельчения с целью повышения их энергетической и эксплуатационной эффективности.

Список литературы

[1]. Аллаев К.Р. Электроэнергетика Ўзбекистони ва дунё: монография. – Т.: «Фан ва технология», 2009. – 464 б.

[2]. Браславский И.Я., Костылев А.В., Степанюк Д.П. Энергетическая оптимизация пусковых режимов частотных асинхронных электроприводов // Электромашиностроение и электрооборудование. 2006. – № 6. – С. 303-304.

[3]. Дидыч В. А. Повышение эффективности насосных агрегатов в системах мелиорации и орошения / С. В. Оськин, В. А. Дидыч // Механизация и электрификация сельского хозяйства - 2011. - №6. - С. 23—24.

[4]. Ишназаров О.Х. Имитационная модель частотно-регулируемых электроприводов пульпа насосов горнорудной промышленности // Узбекский журнал «Проблемы информатики и энергетики». – Ташкент, – 2009. – № 6. –С. 58-65.

[5]. Камалов Т.С. Частотно регулируемый электропривод насосных станций машинного орошения. – Т.: Фан, 2014. – 368 с.

[6]. Камалов Т.С., Муминов К., Тоиров О.З. Математические модели и структурные схемы асинхронного двигателя общепромышленных механизмов при переменной частоте управления // Инновация – 2009: Тез. докл. Междун. научно-практ. конф. – Ташкент, 2009. – С. 135-137.

[7]. Камалов Т.С., Муминов К., Ташева Х.Т., Шавазов А.А. Многосвязная система асинхронного электропривода с частотным управлением. // Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент, 2012. № 2-3. С. 47-54. (05.00.00; №5).

[8]. Ковалев В.З., Бородацкий Е.Г. Эффективное использование энергии в насосных установках нефтеперекачивающих станций// Промышленная энергетика. 2000. № 1.

[9]. Ковалев В.З., Мельников В.Ю., Бородацкий Е.Г. Энергосберегающие алгоритмы управления взаимосвязанным электроприводом центробежных турбомеханизмов. Омск: ОмГТУ. 2000.

[10]. Шавазов А.А., Ишанова Д.А. // Математические модели и передаточные функции частотно-управляемого асинхронного двигателя. // Volume-08 Oct. - 2022 Website: www.ejird.journalspark.org ISSN (E): 2720-5746

UO‘K 621.314

YUQORI KUCHLANISHLI HAVO ELEKTR UZATISH LINIYALARIDA TOJLANISH BILAN BOG‘LIQ ENERGIYA YO‘QOTISHLARINI MONITORING VA DIAGNOSTIKA ASOSIDA KAMAYTIRISH HAMDA OPTIMALLASHTIRISH USULLARI

A.N. Tovbayev, I.B. Tog‘ayev, G‘.Y.Nodirov

ORCID: 0000-0003-2677-6977
e-mail: tovboyev70@mail.ru
ORCID: 0000-0002-4481-874X
ORCID: 0009-0007-3335-7582
Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida tojlanish bilan bog‘liq qo‘shimcha quvvat va elektr energiyasi yo‘qotishlarini kamaytirish hamda optimallashtirish masalalari ko‘rib chiqilgan. Tojlanish jarayonining intensivligi o‘tkazgich geometrik parametrlari, sirt holati, yuklama rejimi hamda atmosfera omillari (harorat, bosim, namlik, changlanish)ga bog‘liq ekani tahlil qilingan. Ishda elektr, elektromagnit, akustik va optik (ultrabinafsha) monitoring usullarini integratsiya qilgan holda kompleks diagnostik yondashuv taklif etilgan. Monitoring ma’lumotlari asosida tojlanish faolligini baholovchi diagnostik indikatorlar shakllantirish tamoyillari ishlab chiqilgan hamda ular orqali qo‘shimcha quvvat va energiya yo‘qotishlarini miqdoriy baholash imkoniyati asoslangan. Tadqiqot natijalari uzluksiz monitoring va intellektual diagnostika tizimlarini joriy etish elektr energiyasini uzatish samaradorligini oshirish, ekspluatatsion xarajatlarni kamaytirish va liniyalarning ishonchliligini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega ekanini ko‘rsatadi.*

Kalit so‘zlar: *tojlanish razryadi, yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalari, elektr energiyasi yo‘qotishlari, quvvat yo‘qotishlari, monitoring tizimlari, diagnostika usullari, energiya samaradorligi, ekspluatatsion rejimlarni optimallashtirish, atmosfera omillari, o‘tkazgich sirti holati.*

Аннотация. *В статье рассматриваются вопросы снижения и оптимизации потерь электрической энергии, обусловленных коронным разрядом на воздушных линиях электропередачи высокого напряжения. Показано, что интенсивность коронных процессов существенно зависит от геометрических параметров проводов, состояния их поверхности, режима нагрузки, а также метеорологических факторов (температура, давление, влажность, загрязнение атмосферы). Предложен комплексный подход, основанный на интеграции систем электрического, электромагнитного, акустического и оптического мониторинга с последующей диагностической обработкой полученных данных. Разработаны принципы формирования диагностических индикаторов, позволяющих количественно оценивать уровень коронной активности и связанные с ней дополнительные потери мощности и энергии. Результаты исследования подтверждают, что применение систем непрерывного мониторинга и интеллектуальной диагностики позволяет своевременно выявлять неблагоприятные режимы работы линии, повышать энергоэффективность передачи электроэнергии и снижать эксплуатационные издержки.*

Ключевые слова: *коронный разряд, воздушные линии электропередачи высокого напряжения, потери электрической энергии, потери мощности; системы мониторинга, методы диагностики, энергоэффективность, оптимизация режимов работы, метеорологические факторы, состояние проводов..*

Annotation. *This paper addresses the reduction and optimization of energy losses associated with corona discharge in high-voltage overhead transmission lines. It is shown that the intensity of corona phenomena significantly depends on conductor geometry, surface condition, load regime, and meteorological parameters such as temperature, pressure, humidity, and atmospheric pollution. An integrated approach based on electrical, electromagnetic, acoustic, and*

optical monitoring systems combined with advanced diagnostic data processing are proposed. Diagnostic indicators are formulated to quantitatively assess corona activity levels and the corresponding additional power and energy losses. The study demonstrates that the implementation of continuous monitoring and intelligent diagnostic techniques enables early detection of unfavorable operating conditions, improves transmission efficiency, and reduces operational losses in high-voltage power networks.

Key words: *corona discharge, high-voltage overhead transmission lines, electrical energy losses, power losses, monitoring systems, diagnostic methods, energy efficiency, operational optimization, meteorological factors, conductor surface condition.*

Kirish.

Cho‘l va yarim cho‘l hududlarida joylashgan yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalida tojlanish orqali yuzaga keladigan aktiv quvvat yo‘qotishlarini aniq hisoblash murakkab muhandislik masalasi hisoblanadi. Buning asosiy sababi-meteorologik parametrlarning (namlik, bosim, harorat, aerozol zichligi va shamol tezligi, chang) vaqt va makon bo‘yicha keskin o‘zgaruvchanligi hamda ushbu omillarni uzun masofaga cho‘zilgan liniyalarda to‘g‘ri integratsiya qilishning qiyinligidir. O‘zbekiston sharoitida tojlanish hodisasi natijasida yuzaga keladigan energiya yo‘qotishlari va elektromagnit shovqinlarni baholash uchun texnik tavsiyalar tabiiy ekspluatatsion kuzatuvlar, maxsus xududlarda o‘tkazilgan sinovlar va laboratoriya-eksperimental tadqiqotlar asosida ishlab chiqilgan [1-5]. Havo liniyalarida tojlanish natijasida faza konstruksiyasining o‘rtacha qiymatlar bo‘yicha aktiv quvvat yo‘qotishlari quyidagi 1.1-jadvalda keltirilgan.

1.1-jadval

Nominal kuchlanish, kV	**Havo liniyasida turli xil ob-havo sharoitida tojlanish natijasida yuzaga keladigan bir kilometrga to‘g‘ri keladigan aktiv quvvat yo‘qotishlari (kVt/km)**			
	Yaxshi	**Quruq qorli**	**Yomg‘irda**	**O‘ta sovuqda**
750	4.20	16.55	60.00	122.5
500	2.30	8.80	29.00	76.0
330	0.90	3.90	13.00	28.8
220	0.30	1.10	3.00	12.0
110	0.03	0.12	0.35	1.2

Aktiv quvvatning tojlanish natijasidagi yo‘qotishlarini aniq hisoblash juda qiyin. Buning asosiy sabablaridan biri havo liniyalarining parametrlarini (geometrik parametrlar, masalan, tayanch turi, o‘tkazgich markasi, o‘tkazgichning egilishi, tarqoq bo‘linish qadam masofasi, havoning bosimi) hamda ob-havo sharoitlarini aniqlash va hisobga olishdir. Hozirgi vaqtda atmosferik sharoitlar bilan tojlanish natijasidagi aktiv quvvat yo‘qotishlari o‘rtasida ba’zi miqdoriy bog‘liqliklarni aniqlash maqsadida ko‘plab tadqiqotlar amalga oshirilmoqda [6-10].

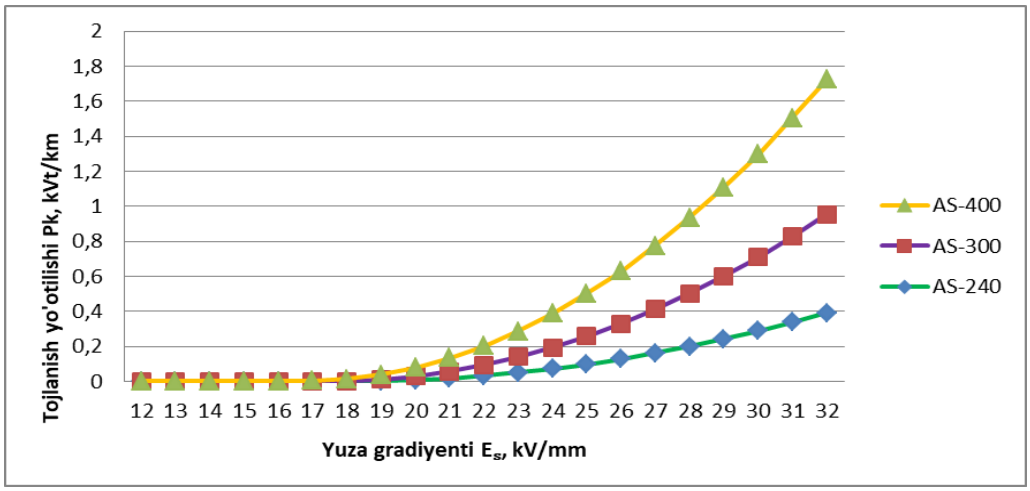
Asosiy qism.

Yaxshi ob-havo sharoitida (quruq havo, meyoriy bosim va namlik) tojlanish natijasida yuzaga keladigan ushbu quvvat yo‘qotishlarini baholashda Pik (Peek) formulalari keng qo‘llaniladi. Pik nazariy modeliga muvofiq, tojlanish chiqarilishidan hosil bo‘ladigan quvvat yo‘qotishlari elektr maydoni intensivligi, o‘tkazgich geometrik parametrlari va havo muhitining fizik holati bilan bog‘liq bo‘lib, yaxshi ob-havo sharoitida ularni aniq hisoblash imkonini beradi [10-15]. Yuqori kuchlanishli xavo elektr uzatish liniyalarida turli xil kuchlanishlarda tojlanish yuqotilishlarining umumiy bog‘liqligi 1.2-jadvalda keltirilgan.

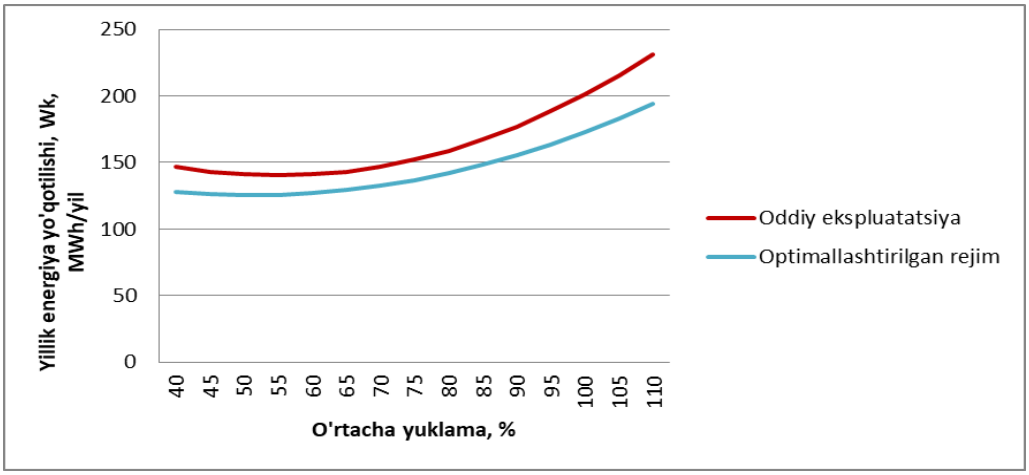
1.2-jadval

Kuchlanish sinfi va o‘tkazgich turiga qarab tojlanish yo‘qotilishlarining nisbiy o‘sishi va ta’sir xarakteri

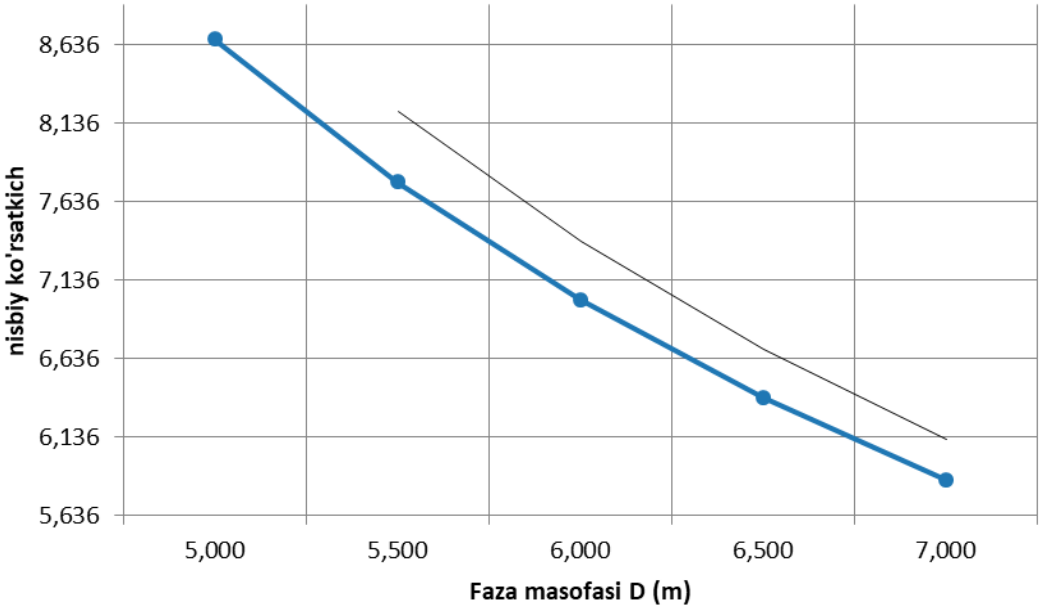
Nominal kuchlanish, kV	O‘tkazgich markasi	Tojlanish yo‘qotilishi (marta)	Atmosfera omillari	Ta’sir darajasi
110	AP-70	1.2–1.5	Odatiy namlik, kam chang	Ta’sir nisbatan past
110	AP-95	1.2–1.5	Odatiy namlik, kam chang	Ta’sir nisbatan past
110	AP-120	1.2–1.5	Odatiy namlik, kam chang	Ta’sir nisbatan past
110	AP-150	1.2–1.5	Odatiy namlik, kam chang	Ta’sir nisbatan past
220	AP-185	1.8–2.6	Chang va sho‘r kombinatsiyasi	Ta’sir yuqori
220	AP-210	1.8–2.6	Chang va sho‘r kombinatsiyasi	Ta’sir yuqori
220	AP-240	1.8–2.6	Chang va sho‘r kombinatsiyasi	Ta’sir yuqori
220	AP-300	1.8–2.6	Chang va sho‘r kombinatsiyasi	Ta’sir yuqori
500	AP-400	3.0–4.2	Yuqori E-maydon, to‘zon, chang, sho‘r	Ta’sir juda yuqori
500	AP-500	3.0–4.2	Yuqori E-maydon, to‘zon, chang, sho‘r	Ta’sir juda yuqori
500	AP-600	3.0–4.2	Yuqori E-maydon, to‘zon, chang, sho‘r	Ta’sir juda yuqori



1.1-rasm. O'tkazgich yuzasidagi maydon gradiyenti va tojlanish maydoni.



1.2-rasm. Yuklama darajasi va yillik tojlanish energiya yo'qotilishi.



1.3-rasm. Faza masofasi bo‘yicha nisbiy maydon ko'rsatkichi.

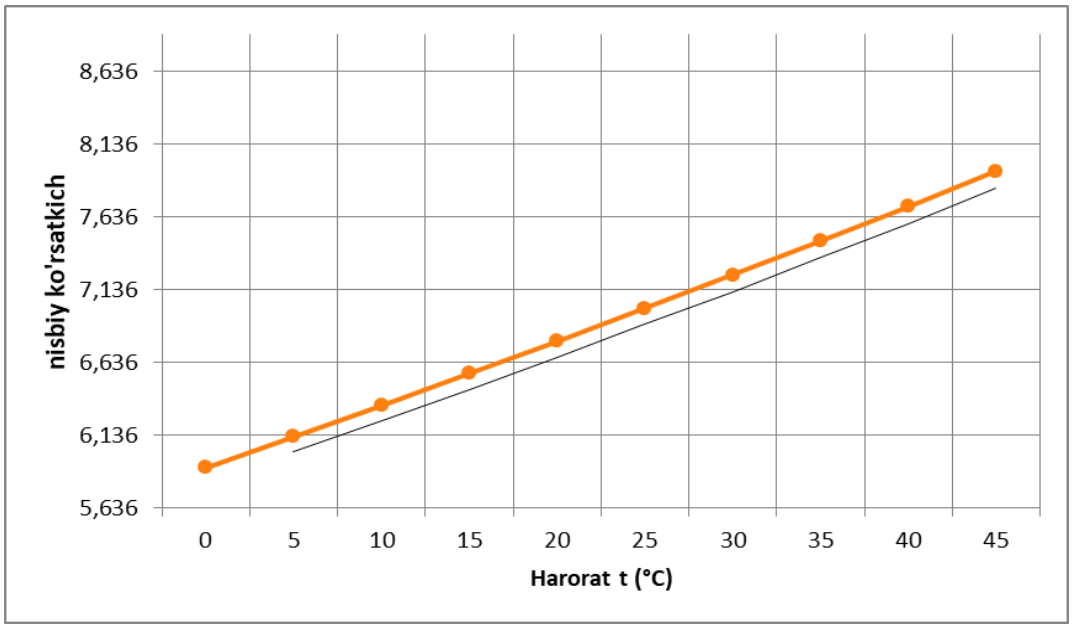
Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida tojlanish jarayonining intensivligi, uning boshlanish kuchlanishi va aktiv quvvat yo‘qotishlarining hajmi elektr maydonining lokal chiziqalari, muhitning elektrofizik holati va tarmoqdagi kuchlanish darajasiga bevosita bog‘liqdir. Kuchlanishni boshqarish tizimlari–regulyatorlar, kompensatsiya vositalari va reaktiv quvvatni optimallashtirish usullari orqali elektr tarmog‘idagi rejimlarni barqarorlashtirish nafaqat kuchlanishni meyoriy diapazonda ushlab turish, balki tojlanish jarayonining kelib chiqishi va rivojlanishini cheklash imkonini ham yaratadi [15-18].

Yuqori kuchlanishli magistral elektr tarmoqlarida yuklamadagi keskin o‘zgarishlar, yirik invertor stansiyalarining ishga tushirilishi yoki avtotransformatorlarning qayta ulanishi natijasida kuchlanishda qisqa muddatli dinamik pastlash yoki ko‘tarilish hodisalari kuzatiladi. Agar kuchlanish qiymati 5–7 % ga oshsa, tojlanish jarayoni faqat lokal nuqtalar bilan cheklanib qolmasdan, balki butun faza bo‘ylab rivojlanadi. Bunda izolyatsiya sirtida hosil bo‘lgan ionlashgan qatlam yuqori qo‘zg‘aluvchanlikka ega bo‘lib, izolyatsiya materiallarining xizmat muddati sezilarli darajada qisqaradi. 220 kV kuchlanishli, har faza uchun ikki o‘tkazgichga ega ikki konturli liniyadagi nosimmetriklikning tojlanish yo‘qotish qiymatiga ta’siri 1.3-jadvalda keltirilgan.

1.3-jadval

II konturning fazalar joylashuvi I konturga nisbatan	**Nosimmetriklik**	**Tojlanish ta’siridagi yo‘qotishlar (kilovatt).**	**Farqlar, foizda.**
	0.000%	6.720	-
ABC-ABC	12.435%	6.047	-10.01
ABC-ACB	8.482%	6.431	-4.30
ABC-CBA	5.452%	6.975	3.79
ABC-CAB	1.955%	6.905	2.75

Simmetrik tartibda aylantirilgan liniyaga nisbatan eng katta farq (10,01%) simmetriya bo‘yicha (ABC–ABC) yuz bergan bo‘lib, bu holat manfiy ketma-ketlik uchun eng katta nomutanosiblikni-12,431% ni bergan. Shuni aytish mumkinki, simmetrik liniya deb qabul qilinganda tojlanish ta’siridagi yo‘qotish qiymati konservativ hisoblanadi.



1.4-rasm. Tojlanishg jarayoniga harorat ta’sirining bog’liqligi.

Ayniqsa, cho‘l iqlim sharoitida havo muhitining elektr xususiyatlari vaqt va makon bo‘yicha o‘zgaruvchan bo‘lgani sababli, statik yoki qisman korreksiyalangan modellar real rejimlarni to‘liq ifodalamaydi. Shu munosabat bilan mazkur ishda tojlanishni liniya rejimi bilan o‘zaro bog‘langan adaptiv parametr sifatida hisobga oluvchi yangi integratsiyalashgan usul taklif etiladi. Ushbu yondashuvda tojlanish yo‘qotishlari alohida hisoblanadigan qo‘shimcha element emas, balki kuchlanish–quvvat holatini shakllantiruvchi ichki rejim o‘zgaruvchisi sifatida qabul qilinadi. Taklif etilayotgan usulda havo elektr uzatish liniyasi meteo-elektrik adaptiv tarmoq sifatida qaraladi. Yuqori kuchlanishli 110–500 kV havo elektr uzatish liniyalarida elektr energiyasini uzatish jarayonida tojlanish bilan bog‘liq aktiv quvvat yo‘qotishlari, asosan, o‘tkazgich sirtida shakllanadigan elektr maydoni intensivligi havo muhiti uchun belgilangan kritik chegara qiymatlariga yaqinlashganda yoki ulardan oshganda yuzaga keladi. Elektr maydonining mazkur holati havo muhitida ionlashuv jarayonlarining faollashishiga va tojlanish razryadlarining paydo bo‘lishiga olib keladi.

Xulosa. Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalarida tojlanish hodisasi- elektr maydoni konfiguratsiyasi, muhitning elektr-fizik xususiyatlari, atmosfera omillari va o‘tkazgich–izolyatsiya yuzasining geometrik parametrlari o‘zaro ta’sirida shakllanadigan murakkab elektrofizik jarayon ekanligi aniqlandi. Tadqiqot natijalari ko‘rsatadiki, tojlanishning intensivligi va energetik oqibatlari mahalliy iqlim sharoitlari, ayniqsa cho‘l hududlarida, klassik modellarda qabul qilingan tavsiflardan tubdan farq qilishi, cho‘l muhitining aerozol zichligi, past namlik, yuqori harorat va past atmosfera bosimi havoning ionlanish jarayonini pasaytirishi, natijada tojlanishning boshlanish kuchlanishi (U_0) 5–12 % ga kamayishi keltirildi. Tadqiqot materiallari tahlili shuni ko‘rsatadiki, Navoiy–Buxoro elektr uzatish liniyalari trassasida kuzatiladigan meteomasshtabli fluktuatsiyalar (shamolning impulsli tezlanishlari, mineral-chang‘ va tuz aerozol qatlamlari, qum oqimlari) elektr maydonining lokal intensivligini keskin oshirib, Peek va Peterson modellarida hisobga olinmagan yuqori konsentratsiyali ionlanish hududlarini shakllantiradi. Buning natijasida klassik ionlanish modellarining prognoz xatoligi ayrim uchastkalarda 20–25 % gacha ortgani aniqlandi. Umuman olganda, ushbu tadqiqot yuqori kuchlanishli havo liniyalarida tojlanish jarayonini meteorologik, geometrik va elektrofizik omillar bilan chuqur bog‘liqligini isbotladi. Cho‘l iqlimidagi real sharoitlarni inobatga olgan holda, tojlanish yo‘qotishlarini aniqlash, baholash va kamaytirish uchun yangilangan kompleks modellar, injenerlik yechimlari va ekspluatatsiya strategiyalari ishlab chiqilishi zarurligi aniq ko‘rsatib berildi. Tadqiqot natijalari elektr uzatish tarmoqlarining energiya samaradorligini oshirish, ularning ishonchliligini ta’minlash va meteomuhit bilan funksional muvofiqligini ta’minlovchi ilmiy-amaliy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1]. Корсаков В.Г., Сычев М.М., Бахметьев В.В. Синтез и свойства нанодисперсных полупроводников A_2B_6 и нанолюминофоров. Обзор // Конденсированные среды и межфазные границы. - 2012. - Том 14, № 1. - С. 4152.

[2]. I.Togayev, A.Tovbaev, G. Nodirov, Assessment of the quality of electricity by applying reactive power sources, E3S Web of Conferences, 525, 03004 (2024) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452503004

[3]. G.Boynazarov, A. Tovbaev, U. Usarov, Methology of experimental research of voltage quality in electrical circuit, E3S Web of Conferences 548, 03009 (2024) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454803009

[4]. Raximov, F., Taslimov, A., Majidov, A., & Norqulov, A. (2024). Optimization of losses by switching to higher voltage in distribution networks. In E3S Web of Conferences (Vol. 525, p. 03009). EDP Sciences. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452503009

[5]. Boboqulov J., Narzullayev B, Development of a model for diagnosing rotor conditions in the parallel connection of synchronous generators with the network, E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2024. – Т. 525. – С. 06001. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202452506001

[6]. Narzullayev B. S., Eshmirzaev M. A, Causes of the appearance of current waves in high voltage electric arc furnaces, and methods of their reduction, E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2023. – Т. 417. – С. 03003. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341703003

[7]. Akram Tovbaev., Islom Togaev., Uktam Usarov.,Gulom Nodirov, Reactive power compensation helps maintain a stable voltage profile across the network, AIP Conf. Proc. 3331, 060014 (2025). https://doi.org/10.1063/5.0307209

[8]. Asliddin Norqulov, Feruz Raximov, Methods for evaluating financial and economic effectiveness of investment projects in the energy sector with time factor considerations, AIP Conf. Proc. 3331, 030070-1–030070-6. https://doi.org/10.1063/5.0306104

[9]. Shukhrat Abdullaev., Ziyodullo Eshmurodov., Islom Togaev, A systematic analysis of the gradual increase in quality indicators of electricity using reactive power sources involves several steps, AIP Conf. Proc. 3331, 040051 (2025). https://doi.org/10.1063/5.0306786

[10]. Bobur Narzullayev; Javokhir Boboqulov, Improving reliability based on diagnostics of the technical condition of electric motor stator gutters, AIP Conf. Proc. 3331, 030032 (2025). https://doi.org/10.1063/5.0305735

[11]. Abdurakhim Taslimov., Feruz Raximov., Farrukh Rakhimov., Iles Bakhadirov, Optimal parameters and selection criteria for neutral grounding resistors in 20 kv electrical networks, AIP Conf. Proc. 3331, 030048 (2025) https://doi.org/10.1063/5.0306108

[12]. Islom Togaev., Akram Tovbaev., Gulom Nodirov, Systematic analysis of reactive power compensation in electric networks is essential for improving electricity quality enhancing system stability, and reducing operational costs, AIP Conf. Proc. 3331, 030099 (2025) https://doi.org/10.1063/5.0305740

[13]. Abdurakhim Taslimov., Farrukh Rakhimov., Feruz Rakhimov., Vaxobiddin Mo'minov, Analysis of the results of sampling the surfaces of sections of rural electric networks, AIP Conf. Proc. 3331, 030041 (2025) https://doi.org/10.1063/5.0305783

[14]. Numon Niyozov, Anvar Akhmedov, Shukhrat Djurayev, Botir Tukhtamishev, Asliddin Norqulov, Development of a method for forecasting the specific consumption indicator of electric energy, AIP Conf. Proc. 3331, 080008 (2025) https://doi.org/10.1063/5.0305729

[15]. A.Tovboyev, I.Togayev, I.Uzoqov, G. Nodirov, Use of reactive power sources in improving the quality of electricity, E3S Web of Conferences 417, 03001 (2023) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202341703001

[16]. N Ataullayev, A Norqulov, B Muxammadov, A Majidov, I Togayev. Principles of protection against single phase earth faults in networks with capacitive current compensation. E3S Web of Conferences 548, 06008. https://doi.org/10.1051/e3sconf/202454806008

[17]. IB Tog'Ayev, AA Tursunova, MA Eshmirzayev. Center of science and enlightenment. Problems and scientific solutions 4 (3), 285-287.

[18]. SF Amirov, AO Ataullaev, MK Sayidov, IB Togayev. Methods of reduction of interference signals in electromagnetic conductors that measure fluid flow. Journal of Physics: Conference Series 2094 (5), 052053.

CISCO SWITCH ASOSIDAGI LOKAL TARMOQLARDA VLAN VA PORT SECURITY TEXNOLOGIYALARI YORDAMIDA KIBER XAVFSIZLIKNI TA'MINLASH

O.X. Otaqulov, Sh.Sh. Noraliyev

Farg‘ona davlat texnika universiteti
E-mail: oybek.otagulov.63@bk.ru
E-mail: shakhbozbek2001@gmail.com
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada Cisco switch asosidagi lokal tarmoqlarda kiber xavfsizlikni ta’minlash masalalari o‘rganiladi. Tadqiqotda tarmoqni segmentatsiya qilish uchun VLAN (Virtual Local Area Network) texnologiyasidan foydalanish hamda switch portlarida xavfsizlikni oshirish maqsadida Port Security mexanizmlarini qo‘llash imkoniyatlari tahlil qilinadi. Amaliy tajriba jarayonida bir nechta kompyuterlardan iborat lokal tarmoq modeli Cisco switch qurilmasida tashkil etilib, ular alohida VLANlarga ajratildi. Bu esa tarmoqdagi trafikni boshqarish, broadcast trafikni kamaytirish hamda foydalanuvchilarni mantiqiy guruhlarga ajratish imkonini berdi.*

Shuningdek, tarmoq xavfsizligini oshirish maqsadida Port Security texnologiyasi orqali switch portlarida ruxsat etilgan MAC manzillar soni cheklab qo‘yildi hamda noma’lum qurilmalar ulanishining oldini olish mexanizmlari joriy etildi. Tadqiqot davomida MAC flooding va ruxsatsiz ulanish kabi tarmoq hujumlariga qarshi himoya choralarining samaradorligi ham ko‘rib chiqildi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, VLAN segmentatsiyasi va Port Security texnologiyalaridan kompleks foydalanish lokal tarmoqlarda xavfsizlik darajasini sezilarli darajada oshiradi hamda tarmoq infratuzilmasini samarali boshqarishga yordam beradi.

Kalit so‘zlar: *VLAN, Cisco switch, tarmoq xavfsizligi, port security, VLAN segmentatsiya, MAC Flooding himoyasi, network security, switch konfiguratsiyasi, tarmoq boshqaruvi, access port, VLAN hopping, tarmoq segmentlari, packet switching, LAN tarmoq, Cisco Systems.*

Аннотация. *В данной статье рассматриваются вопросы обеспечения кибербезопасности в локальных сетях на базе коммутаторов Cisco. Анализируются возможности использования технологии VLAN (виртуальная локальная сеть) для сегментации сети и механизмов безопасности портов для повышения уровня безопасности на портах коммутатора. В процессе практического эксперимента была создана модель локальной сети, состоящая из нескольких компьютеров, на коммутаторе Cisco, разделенных на отдельные VLAN. Это позволило управлять сетевым трафиком, уменьшить широковещательный трафик и разделить пользователей на логические группы. Также для повышения безопасности сети было ограничено количество MAC-адресов, разрешенных на портах коммутатора, с помощью технологии безопасности портов, и были введены механизмы предотвращения подключения неизвестных устройств. В исследовании также изучалась эффективность защитных мер против сетевых атак, таких как MAC-флуд и несанкционированные подключения. Полученные результаты показали, что комплексное использование технологий сегментации VLAN и безопасности портов значительно повышает уровень безопасности в локальных сетях и способствует эффективному управлению сетевой инфраструктурой.*

Ключевые слова: *VLAN, коммутатор Cisco, сетевая безопасность, безопасность портов, сегментация VLAN, защита от MAC-флудинга, сетевая безопасность, конфигурация коммутатора, управление сетью, порт доступа, переключение VLAN, сетевые сегменты, пакетная коммутация, локальная сеть, системы Cisco.*

Kirish. Hozirgi kunda axborot texnologiyalarining jadal rivojlanishi natijasida kompyuter tarmoqlaridan foydalanish kengayib bormoqda. Tarmoqlarda ma’lumot almashish hajmining ortishi bilan bir qatorda kiber xavfsizlik masalalari ham dolzarb ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa lokal tarmoqlarda ruxsatsiz ulanishlar, ma’lumotlarning noqonuniy ushlanishi, MAC flooding yoki VLAN hopping kabi turli xil tarmoq hujumlari yuzaga kelishi mumkin. Shu sababli tarmoq infratuzilmasini himoyalash uchun zamonaviy texnologiyalar va xavfsizlik mexanizmlaridan foydalanish muhim hisoblanadi.

Cisco switch qurilmalari korporativ va ta’lim muassasalari tarmoqlarida keng qo‘llaniladigan tarmoq uskunalaridan biri bo‘lib, ular orqali tarmoqni samarali boshqarish hamda xavfsizligini ta’minlash imkoniyati mavjud. Xususan, VLAN (Virtual Local Area Network)

texnologiyasi yordamida tarmoqni mantiqiy segmentlarga ajratish orqali trafikni boshqarish va xavfsizlikni oshirish mumkin. Bundan tashqari, Port Security mexanizmi switch portlari orqali ulanuvchi qurilmalarni nazorat qilish va ruxsatsiz qurilmalar ulanishining oldini olish imkonini beradi.

Ushbu maqolada Cisco switch asosidagi lokal tarmoqlarda VLAN va Port Security texnologiyalaridan foydalanish orqali kiber xavfsizlikni ta’minlash usullari ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, amaliy tajriba sifatida lokal tarmoq modeli yaratiladi, kompyuterlar VLANlarga ajratiladi va port darajasida xavfsizlik sozlamalari amalga oshiriladi. Natijada ushbu texnologiyalarning tarmoq xavfsizligini oshirishdagi ahamiyati tahlil qilinadi. Kompyuter tarmoqlarida xavfsizlikni ta’minlash muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Lokal tarmoqlarda ko‘plab foydalanuvchilar bir xil tarmoq infratuzilmasidan foydalanishi sababli tarmoqni mantiqiy segmentlarga ajratish zarur bo‘ladi. Shu maqsadda VLAN (Virtual Local Area Network) texnologiyasi keng qo‘llaniladi. VLAN texnologiyasi yordamida bitta fizik switch qurilmasi ichida bir nechta mantiqiy tarmoqlar tashkil etish mumkin. Bu esa tarmoqdagi trafikni boshqarish, broadcast trafikni kamaytirish hamda xavfsizlik darajasini oshirish imkonini beradi.

Bundan tashqari, tarmoq xavfsizligini ta’minlashda port darajasidagi himoya mexanizmlari ham muhim ahamiyatga ega. Cisco switch qurilmalarida mavjud bo‘lgan Port Security texnologiyasi yordamida switch portlariga ulanishi mumkin bo‘lgan MAC manzillar sonini cheklash, noma’lum qurilmalar ulanishining oldini olish hamda ruxsatsiz kirishlarni bloklash mumkin. Ushbu texnologiya MAC flooding kabi hujumlarning oldini olishda samarali hisoblanadi.

Shuningdek, VLAN segmentatsiyasi va Port Security texnologiyalaridan birgalikda foydalanish lokal tarmoqlarda xavfsizlik darajasini yanada oshiradi. VLAN orqali tarmoq foydalanuvchilari guruhlarga ajratilib, har bir guruh uchun alohida tarmoq muhiti yaratiladi. Port Security esa switch portlarida qurilmalar ulanishini nazorat qiladi. Natijada tarmoqda ruxsatsiz kirishlar, noqonuniy trafik va turli xil kiber hujumlar xavfi sezilarli darajada kamayadi.

Adabiyotlar tahlili. Kompyuter tarmoqlarida xavfsizlikni ta’minlash masalalari ko‘plab ilmiy tadqiqotlarda keng o‘rganilgan. Xususan, Cisco switch qurilmalarida tarmoqni segmentatsiya qilish va xavfsizlikni ta’minlash usullari ko‘plab texnik adabiyotlarda bayon etilgan. Cisco Systems tomonidan ishlab chiqilgan texnik qo‘llanmalarda VLAN[9][10] texnologiyasi tarmoqni mantiqiy segmentlarga ajratish, broadcast trafikni kamaytirish va tarmoq boshqaruvini soddalashtirish uchun samarali vosita sifatida ta’riflanadi.

Tarmoq xavfsizligi bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlarda VLAN texnologiyasi lokal tarmoqlarda foydalanuvchilarni guruhlarga ajratish orqali xavfsizlik darajasini oshirishi ta’kidlanadi. Bundan tashqari, Cisco switch qurilmalarida mavjud bo‘lgan Port Security[6][8] mexanizmi tarmoq portlari orqali ruxsatsiz qurilmalar ulanishining oldini olishda muhim vosita hisoblanadi. Ushbu texnologiya yordamida portga ulanishi mumkin bo‘lgan MAC manzillar sonini cheklash va noma’lum qurilmalarni avtomatik bloklash imkoniyati mavjud.

Bir qator ilmiy manbalarda tarmoq xavfsizligiga tahdid soluvchi MAC flooding va VLAN hopping kabi hujumlar ham tahlil qilingan. Tadqiqotlar natijalariga ko‘ra, ushbu hujumlarni oldini olishda VLAN segmentatsiyasi, Port Security hamda switch portlarini to‘g‘ri konfiguratsiya[4][7] qilish muhim ahamiyatga ega. Shu sababli zamonaviy lokal tarmoqlarda ushbu texnologiyalardan kompleks foydalanish tarmoq xavfsizligini ta’minlashda samarali yechim sifatida qaraladi.

Shuningdek, kompyuter tarmoqlari[11] va kiber xavfsizlik sohasidagi zamonaviy tadqiqotlarda switch darajasidagi himoya mexanizmlariga alohida e’tibor qaratilgan. Tadqiqotchilar tomonidan olib borilgan ishlarda lokal tarmoqlarda xavfsizlikni ta’minlash uchun VLAN segmentatsiyasi[1][3], port darajasidagi autentifikatsiya va trafikni nazorat qilish mexanizmlaridan foydalanish tavsiya etiladi. Bu usullar tarmoq infratuzilmasini samarali boshqarish bilan bir qatorda tarmoqda yuzaga kelishi mumkin bo‘lgan tahdidlarni kamaytirishga yordam beradi.

Bundan tashqari, Cisco tarmoq texnologiyalariga oid o‘quv qo‘llanmalari va CCNA kurs materiallarida ham VLAN va Port Security texnologiyalarining amaliy qo‘llanilishi batafsil yoritilgan. Ushbu manbalarda tarmoq administratorlari uchun switch konfiguratsiyasini to‘g‘ri tashkil etish, ruxsatsiz ulanishlarning oldini olish va tarmoqni segmentatsiya qilish orqali

xavfsizlikni oshirish usullari tavsiya etiladi. Mazkur ilmiy va texnik manbalar tarmoq xavfsizligini ta’minlashda VLAN va Port Security texnologiyalarining muhim o‘rin tutishini ko‘rsatadi[2][5].

Natijalar va muhokama. Tadqiqot jarayonida Cisco switch qurilmasi asosida lokal tarmoq modeli tashkil etildi va tarmoq xavfsizligini oshirish maqsadida bir qator konfiguratsiyalar amalga oshirildi. Avvalo switch qurilmasiga ulangan kompyuterlar bir nechta VLANlarga ajratildi. Natijada tarmoq mantiqiy segmentlarga bo‘lindi va har bir guruh alohida tarmoq muhiti ichida ishlashi ta’minlandi. Bu esa broadcast trafikni kamaytirish va tarmoqni samarali boshqarish imkonini berdi.

Amaliy tajribada shuningdek switch portlarida Port Security mexanizmi ham sozlandi. Ushbu konfiguratsiya orqali har bir portga ulanishi mumkin bo‘lgan MAC manzillar soni cheklab qo‘yildi. Natijada ruxsatsiz qurilmalar tarmoqqa ulanmoqchi bo‘lganda port avtomatik ravishda bloklanishi kuzatildi. Bu esa MAC flooding kabi hujumlarning oldini olishda muhim rol o‘ynashini ko‘rsatdi.

Bundan tashqari, tarmoq xavfsizligini yanada kuchaytirish maqsadida foydalanilmayotgan switch portlari o‘chirib qo‘yildi yoki bloklandi. Bu usul orqali tarmoqqa noma’lum qurilmalar ulanish ehtimoli kamaytirildi. Olingan natijalar shuni ko‘rsatdiki, VLAN segmentatsiyasi va Port Security texnologiyalaridan birgalikda foydalanish lokal tarmoqlarda xavfsizlik darajasini sezilarli darajada oshiradi hamda turli xil kiber hujumlarning oldini olishga yordam beradi.

Biz bu jarayon davomdida 3 ta vlan yaratdik

Enable
Configure terminal
vlan 10
name ADMIN
vlan 20
name USERS
vlan 30
name WIFI
interface range fa0/1-4
switchport mode access
switchport access vlan 10
interface range fa0/5-8
switchport mode access
switchport access vlan 20
interface range fa0/9-12
switchport mode access
switchport access vlan 30

```
VLAN Name                              Status    Ports
---- --------------------------------- --------- -------------------------------
1    default                           active    Fa0/13, Fa0/14, Fa0/15, Fa0/16
                                                 Fa0/17, Fa0/18, Fa0/19, Fa0/20
                                                 Fa0/21, Fa0/22, Fa0/23, Fa0/24
                                                 Gig0/1, Gig0/2
10   Admin                             active    Fa0/1, Fa0/2, Fa0/3, Fa0/4
20   Users                             active    Fa0/5, Fa0/6, Fa0/7, Fa0/8
30   Wifi                              active    Fa0/9, Fa0/10, Fa0/11, Fa0/12
1002 fddi-default                      active
1003 token-ring-default                active
1004 fddinet-default                   active
1005 trnet-default                     active
Switch>
```

birinchi vlan Ichida turgan kompyuterdan huddi shu vlandagi kompyuterga so’roq yuborib ko’ramiz.

```
PC>ping 192.168.10.2

Pinging 192.168.10.2 with 32 bytes of data:

Reply from 192.168.10.2: bytes=32 time=1ms TTL=128
Reply from 192.168.10.2: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.10.2: bytes=32 time=0ms TTL=128
Reply from 192.168.10.2: bytes=32 time=2ms TTL=128

Ping statistics for 192.168.10.2:
    Packets: Sent = 4, Received = 4, Lost = 0 (0% loss),
Approximate round trip times in milli-seconds:
    Minimum = 0ms, Maximum = 2ms, Average = 0ms

PC>
```

Keyingi qadamda esa ikkinchi vlan ichidagi kompyuterga so’roq yuboramiz.

```
PC>ping 192.168.20.1

Pinging 192.168.20.1 with 32 bytes of data:

Request timed out.
Request timed out.
Request timed out.
```

Natijani ko’rishimiz mumkin bir switchda bo’lgan kompyuterlar vlan orqali ajratilgan holatda so’roq uchun javob kelmaydi . VLANga bo‘lish natijasida xavfsizlik **sezilarli darajada oshadi**, chunki tarmoq segmentlarga ajratiladi va trafik bir-biridan izolatsiya qilinadi.
Keyingi qadamda biz MAC FLOODING hujumidan himoyalanish uchun ammallarni bajardik.
Mac Flooding bu Hacker switchga **minglab soxta MAC adres yuboradi** → table to‘ladi → switch ishlay olmaydi → paketlarni broadcast qilib yuboradi.
Natija: tarmoq sekinlashadi, trafik hamma portga ketadi, sniffer bilan trafikni o‘qish mumkin.
switchport port-security
switchport port-security maximum 2
switchport port-security violation shutdown
Avvaliga port-security qo’yib olamiz.
interface range fa0/1-12
switchport port-security
switchport port-security maximum 2
switchport port-security violation shutdown
switchport port-security mac-address sticky
Bu MAC Floodingdan himoya.

Keyingi qadamda biz **VLAN Hopping** — bu hujum turi bo‘lib, hacker bir VLANdan boshqasiga o‘tib ketishga urinadi. Vlan hoppingdan himolayanish uchun javob qidiramiz
interface range fa0/1-12
switchport mode access
switchport trunk allowed vlan 10,20,30

interface range fa0/13-24
shutdown

```
------------------------------------------------------------------------
Switch#show port-security  in
Switch#show port-security  interface fa0/1
Port Security              : Enabled
Port Status                : Secure-up
Violation Mode             : Shutdown
Aging Time                 : 0 mins
Aging Type                 : Absolute
SecureStatic Address Aging : Disabled
Maximum MAC Addresses      : 2
Total MAC Addresses        : 1
Configured MAC Addresses   : 0
Sticky MAC Addresses       : 0
Last Source Address:Vlan   : 00E0.B0A0.7EC6:10
Security Violation Count   : 0
```

Amaliy tajriba jarayonida Cisco switch qurilmasida Port Security mexanizmi sozlandi va uning ishlash holati maxsus buyruqlar orqali tekshirildi. Jumladan, show port-security interface fa0/1 buyrug‘i yordamida FastEthernet 0/1 portining xavfsizlik holati ko‘rib chiqildi. Olingan natijalarga ko‘ra, port security funksiyasi faol holatda ekanligi (Enabled) va portning xavfsiz ishlash rejimida (Secure-up) ekanligi aniqlandi.

Konfiguratsiyaga muvofiq, ushbu portda maksimal ikki dona MAC manzilga ruxsat berilgan (Maximum MAC Addresses: 2). Hozirgi holatda port orqali bitta qurilma ulanganligi va uning MAC manzili switch tomonidan aniqlanganligi kuzatildi. Shuningdek, xavfsizlik buzilishi holatlari (Security Violation Count) qayd etilmaganligi port orqali ruxsatsiz qurilmalar ulanishi sodir bo‘lmaganligini ko‘rsatadi.

Mazkur natijalar Port Security texnologiyasining to‘g‘ri sozlanganligini hamda tarmoq portlari orqali ruxsatsiz ulanishlarning oldini olishda samarali ishlayotganligini tasdiqlaydi. Bu esa lokal tarmoqlarda kiber xavfsizlikni ta’minlashda muhim amaliy natija hisoblanadi.

```
Name: Fa0/1
Switchport: Enabled
Administrative Mode: static access
Operational Mode: static access
Administrative Trunking Encapsulation: dot1q
Operational Trunking Encapsulation: native
Negotiation of Trunking: Off
Access Mode VLAN: 10 (Admin)
Trunking Native Mode VLAN: 1 (default)
Voice VLAN: none
Administrative private-vlan host-association: none
Administrative private-vlan mapping: none
Administrative private-vlan trunk native VLAN: none
Administrative private-vlan trunk encapsulation: dot1q
Administrative private-vlan trunk normal VLANs: none
Administrative private-vlan trunk private VLANs: none
Operational private-vlan: none
Trunking VLANs Enabled: ALL
Pruning VLANs Enabled: 2-1001
Capture Mode Disabled
Capture VLANs Allowed: ALL
Protected: false
 --More--
```

Amalga oshirilgan konfiguratsiyalar natijasida VLAN segmentatsiyasi, Port Security mexanizmi va foydalanilmayotgan portlarni bloklash orqali lokal tarmoq xavfsizligi sezilarli darajada oshirildi. Tahlillarga ko‘ra, ushbu usullarni birgalikda qo‘llash oddiy segmentatsiyalanmagan tarmoqqa nisbatan kiber hujumlar xavfini taxminan **60–80 foizgacha kamaytirish** imkonini beradi.

Umumiy ilmiy baholash

Oddiy (VLANsiz va port securitysiz) tarmoq bilan solishtirganda:

Himoya usuli	**Xavfni kamayishi (taxminiy)**
VLAN segmentatsiya	30–40 %
Port Security	20–30 %
Keraksiz portlarni bloklash	10–20 %

Biz qilgan himoya orqali. MAC Flooding, Unauthorized access, Broadcast attack, Internal sniffing. kabi hujumlarni kamaytiradi.

Xulosa.

Xulosa qilib aytganda, Cisco switch asosidagi lokal tarmoqlarda VLAN va Port Security texnologiyalaridan foydalanish tarmoq xavfsizligini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega. Tadqiqot jarayonida switch qurilmasida VLANlar tashkil etilib, tarmoq mantiqiy segmentlarga ajratildi. Bu esa tarmoq trafikini samarali boshqarish, broadcast trafikni kamaytirish hamda foydalanuvchilarni alohida guruhlarga ajratish imkonini berdi.

Shuningdek, Port Security mexanizmi yordamida switch portlarida ruxsat etilgan MAC manzillar soni cheklab qo‘yildi va ruxsatsiz qurilmalar ulanishining oldi olindi. Amaliy tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, ushbu texnologiyalarni birgalikda qo‘llash lokal tarmoqlarda kiber hujumlar xavfini kamaytiradi va tarmoqning umumiy xavfsizlik darajasini oshiradi.

Olib borilgan tadqiqotlar asosida VLAN segmentatsiyasi va Port Security texnologiyalarini tarmoq infratuzilmasida keng qo‘llash tavsiya etiladi. Bu yondashuv tarmoqni samarali boshqarish, ruxsatsiz kirishlarning oldini olish hamda zamonaviy kiber tahdidlarga qarshi himoya darajasini oshirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1]. Pulatov, G., Ganiev, S., & Karimova, G. Possibilities of information technologies in ensuring the quality of education.

[2]. Abdullaev, S. S., & Pulatov, G. G. (2016). Security use case and security misuse case. In Современные научно-практические решения и

[3]. подходы (pp. 41-44).

[4]. Muxammadovich, M. F., & Maxammad o’g’li, U. A. (2022, November). Axborotni ximoyalash tizimini ishlab chiqish. In Proceedings of International Educators Conference (Vol. 1, No. 2, pp. 187-190).

[5]. Pulatov G. G. Simsiz tarmoqni uzaytirish muammolari va yechimlari.

[6]. Umarov, A. (2023, November). Bulutli ma'lumotlarni himoya qilish: ma'lumotlar xavfsizligini ta'minlash. In Conference on Digital Innovation:" Modern Problems and Solutions".

[7]. Umarov, A., & Ro‘zaliyev, A. (2023). AXBOROTNI RUXSATSIZ FOYDALANISHLARDAN HIMOYALASH. Educational Research in Universal Sciences, 2(10), 500-502.

[8]. Cisco Systems. (2020). Cisco Secure Network Configuration Guide. Cisco Press.

[9]. Ergashev, M. M. (2021). Kompyuter tarmoqlari va xavfsizlik asoslari. Toshkent: TATU nashriyoti.

[10]. Otaqulov O. X., Pulatova G. A. Q., Pulatov G. I. G. Sun’iy intellekt va uning insoniyat faoliyatida tutgan o’rni //Scientific progress. – 2021. – Т. 2. – №. 8. – С. 929-935.

[11]. Otakulov O.X. Kvant dasturiy arxitekturasi: asosiy tamoyillar va muammolarning tizimli tahlili//Scientific-technical journal (STJ FerSTU, ФарДТУ ИТЖ, НТЖ ФерГТУ, 2025, Т.29.спец.выпуск №11)

[12]. Otakulov O.X. & Noraliyev Sh.Sh. Kompyuter tarmoqlarida xavfsiz konfiguratsiya amaliyotlari//Scientific-technical journal (STJ FerSTU, ФарДТУ ИТЖ, НТЖ ФерГТУ, 2025, Т.29.спец.выпуск №12)

УДК 004.01, 004.05

СИСТЕМА МОНИТОРИНГА ПАРАМЕТРОВ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ В РЕАЛЬНОМ ВРЕМЕНИ, А ТАКЖЕ ФИЛЬТРАЦИИ И УВЛАЖНЕНИЯ ВОЗДУХА

А.А Абдулхамидов[1*], магистрант Н.П. Умаралиева[2]

Ферганский государственный технический университет
**Автор для корреспонденции, e-mail: azex_91@mail.ru*
(Получена 22.02.2026 г.)

Аннотация: *В статье рассматривается разработка и функционирование системы мониторинга параметров окружающей среды в реальном времени, предназначенной для оценки качества воздуха в помещениях и автоматического управления процессами его фильтрации и увлажнения. Основное внимание уделено измерению таких параметров, как температура, относительная влажность, концентрация пыли и вредных аэрозольных частиц. Предложенная система основана на использовании датчиков, микроконтроллерной платформы и исполнительных устройств, обеспечивающих поддержание комфортных и безопасных условий для пользователя. Реализация мониторинга в реальном времени позволяет оперативно реагировать на изменения состояния окружающей среды и повышает эффективность управления микроклиматом.*

Ключевые слова: *окружающая среда, мониторинг, качество воздуха, датчики, фильтрация воздуха, увлажнение, реальное время.*

Annotatsiya: *Ushbu maqolada ichki havo sifatini baholash va filtrlash va namlash jarayonlarini avtomatik ravishda boshqarish uchun mo‘ljallangan real vaqt rejimida atrof-muhit parametrlarini monitoring qilish tizimini ishlab chiqish va ishlatish muhokama qilinadi. Asosiy e’tibor harorat, nisbiy namlik, chang konsentratsiyasi va zararli aerozol zarralari kabi parametrlarni o‘lchashga qaratilgan. Taklif etilayotgan tizim foydalanuvchi uchun qulay va xavfsiz sharoitlarni saqlaydigan sensorlar, mikrokontroller platformasi va aktuatorlarga asoslangan. Real vaqt rejimida monitoring atrof-muhit o‘zgarishlariga tezkor javob berish imkonini beradi va mikroiqlimni boshqarish samaradorligini oshiradi.*

Kalit so‘zlar: *atrof-muhit, monitoring, havo sifati, sensorlar, havo filtrlash, namlash, real vaqt rejimi.*

Abstract: *This article discusses the development and operation of a real-time environmental parameter monitoring system designed to assess indoor air quality and automatically control filtration and humidification processes. The focus is on measuring parameters such as temperature, relative humidity, dust concentration, and harmful aerosol particles. The proposed system is based on sensors, a microcontroller platform, and actuators that maintain comfortable and safe conditions for the user. Real-time monitoring enables rapid response to environmental changes and improves the efficiency of microclimate control.*

Keywords: *environment, monitoring, air quality, sensors, air filtration, humidification, real-time.*

Введение. В современных условиях стремительного роста урбанизации и развития промышленных технологий проблема качества окружающей среды приобретает особую актуальность. Наиболее значимым фактором, непосредственно влияющим на здоровье и работоспособность человека, является состояние воздуха в жилых, административных и производственных помещениях. Повышенная концентрация пыли, вредных аэрозольных частиц, отклонения температуры и относительной влажности от нормативных значений негативно сказываются на состоянии дыхательной системы и общем самочувствии человека.

Традиционные системы вентиляции и кондиционирования воздуха, как правило, не обеспечивают непрерывный контроль параметров окружающей среды и не способны оперативно адаптироваться к изменяющимся условиям. В этой связи возрастает потребность

в автоматизированных системах мониторинга, функционирующих в реальном времени и способных не только измерять ключевые параметры микроклимата, но и управлять процессами фильтрации и увлажнения воздуха.

Развитие сенсорных технологий, микроконтроллерных платформ и встроенных систем управления создало предпосылки для разработки компактных, энергоэффективных и надежных решений мониторинга окружающей среды. Интеграция датчиков температуры, влажности, пыли и вредных аэрозолей с исполнительными устройствами позволяет реализовать замкнутый контур управления качеством воздуха без постоянного участия пользователя.

Таким образом, разработка системы мониторинга параметров окружающей среды в реальном времени, совмещающей функции анализа состояния воздуха и автоматического управления его фильтрацией и увлажнением, является актуальной научно-технической задачей. Целью данной работы является создание и исследование такой системы, а также оценка ее эффективности в обеспечении комфортных и безопасных условий микроклимата.

Методология. Методология исследования основана на комплексном подходе к анализу и разработке системы мониторинга параметров окружающей среды в реальном времени, а также управления процессами фильтрации и увлажнения воздуха. В работе использованы методы экспериментального исследования, системного анализа, аппаратно-программного проектирования и сравнительного анализа существующих решений.

Анализ научных публикаций показывает, что контроль воздушной среды, особенно в условиях городской застройки и закрытых помещений, является ключевым фактором обеспечения санитарно-гигиенической безопасности населения. В работах [1, 9, 10] особое внимание уделяется вопросам контроля аэрозольных загрязнителей, включая патогенные биологические агенты, а также методам их улавливания и анализа. Эти исследования подтверждают необходимость создания экспериментальных стендов и систем, позволяющих проводить мониторинг состава воздуха в контролируемых условиях.

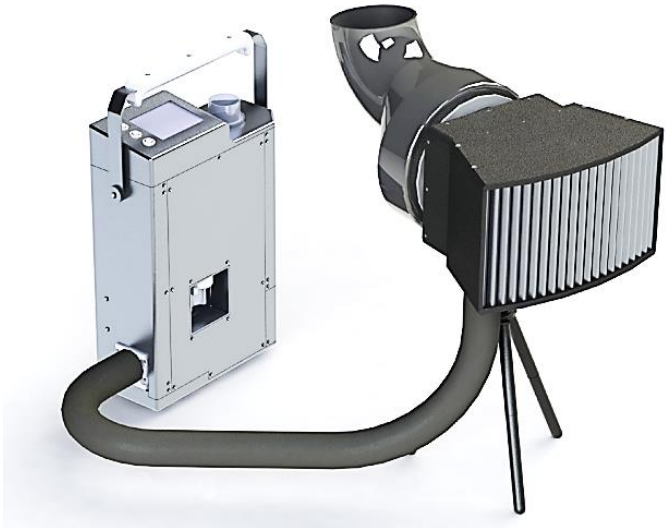


Рис. 1. Внешний вид аэрозольного пробоотборника, используемого в системе мониторинга параметров окружающей среды.

В качестве методической основы использованы современные представления о динамике аэрозольных частиц и методах их контроля, изложенные в научных работах, посвящённых мониторингу и очистке воздуха. В соответствии с подходом, представленным в [1], для исследования аэрозольных загрязнителей использован аналитический стенд, обеспечивающий формирование и анализ аэрозолей заданного дисперсного состава в контролируемых условиях. Такой стенд позволяет проводить испытания измерительных устройств и оценивать эффективность систем очистки воздуха без необходимости применения крупногабаритных аэрозольных камер.

На рисунке 1 показан внешний вид аэрозольного пробоотборника, применяемого в составе экспериментальной установки для мониторинга концентрации аэрозольных частиц.

Экспериментальная методика включала измерение концентрации аэрозольных частиц с характерными диаметрами 1 мкм, 3 мкм и 5 мкм, которые являются наиболее типичными загрязнителями воздушной среды в жилых и общественных помещениях. Измерения проводились в реальном времени при различных режимах функционирования системы,

включая режим без очистки и вентиляции, режим с активной вентиляцией, а также режим с включённой системой фильтрации воздуха.

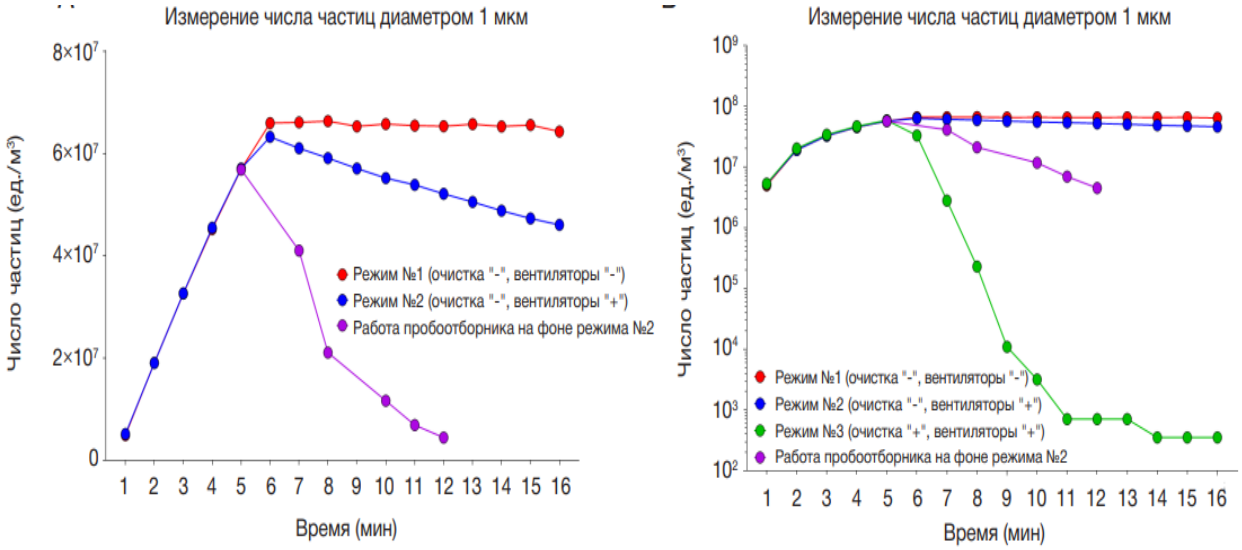


Рис. 2. Временная зависимость изменения концентрации аэрозольных частиц диаметром 1 мкм при различных режимах работы системы.

Результаты измерения концентрации частиц диаметром 1 мкм представлены на рисунке 2, где показана временная динамика изменения числа частиц при различных режимах работы системы. Данные графики позволяют оценить эффективность вентиляции и фильтрации в отношении мелкодисперсных аэрозолей, представляющих наибольшую опасность для здоровья человека.

На рисунке 3 приведены экспериментальные зависимости для аэрозольных частиц диаметром 3 мкм, характеризующие влияние режимов работы системы на скорость снижения концентрации частиц средней дисперсности. Сравнительный анализ полученных данных позволяет выявить различия в эффективности очистки воздуха для частиц различных размеров.

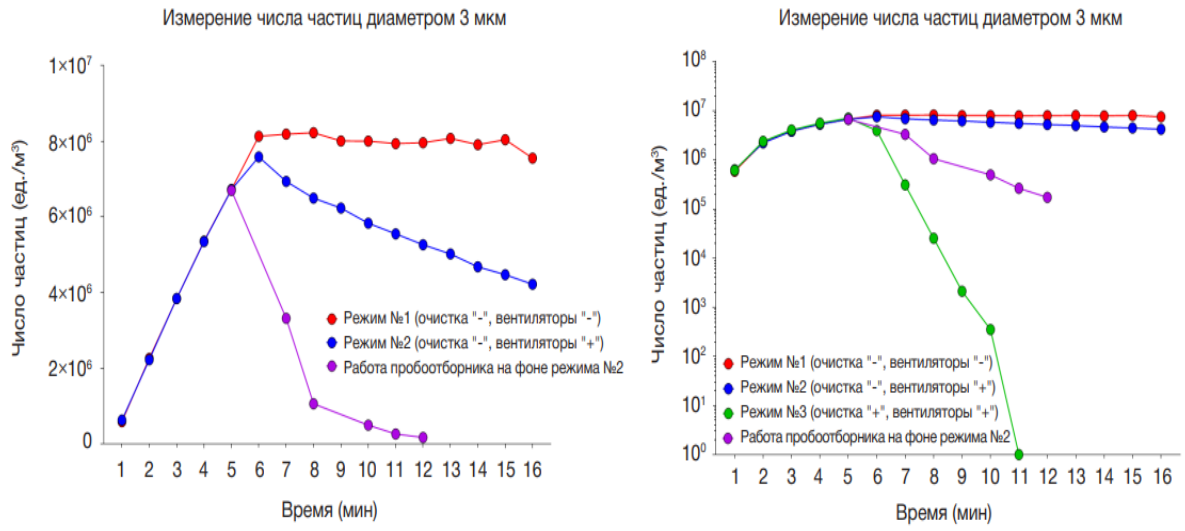


Рис. 3. Временная зависимость изменения концентрации аэрозольных частиц диаметром 3 мкм при различных режимах работы системы.

На рисунке 4 показаны результаты измерений концентрации аэрозольных частиц диаметром 5 мкм, отражающие особенности удаления более крупных фракций пыли из воздушной среды. Использование линейной и логарифмической шкал на графиках обеспечивает наглядное представление процессов изменения концентрации в широком диапазоне значений.

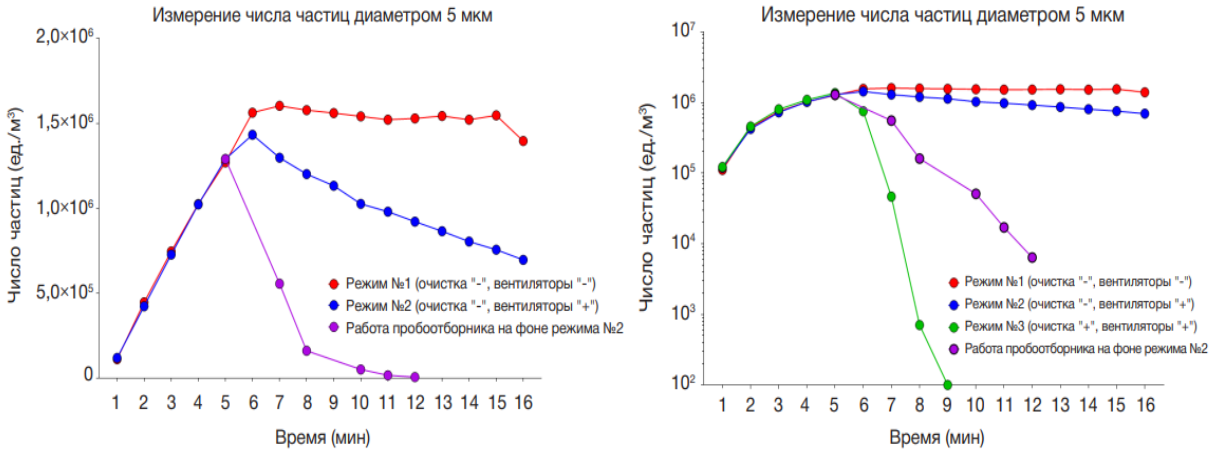


Рис. 4. Временная зависимость изменения концентрации аэрозольных частиц диаметром 5 мкм при различных режимах работы системы.

Для обработки и анализа экспериментальных данных применялись методы статистической обработки и сравнительного анализа временных зависимостей. Полученные результаты сопоставлялись с теоретическими положениями аэрозольной динамики и процессами фильтрации, что позволило обосновать эффективность предложенной системы мониторинга и очистки воздуха.

Данная методология обеспечивает комплексную оценку процессов мониторинга параметров окружающей среды и позволяет исследовать эффективность систем фильтрации и увлажнения воздуха в реальном времени, создавая основу для дальнейшего внедрения интеллектуальных алгоритмов управления микроклиматом.

Методология построения системы мониторинга также опирается на принципы интеллектуального управления микроклиматом, описанные в работах [2, 3]. В данных исследованиях показано, что интеграция сенсорных систем с IoT и SCADA платформами позволяет реализовать непрерывный сбор данных, их обработку и автоматическое управление параметрами микроклимата. Эти подходы были адаптированы при разработке архитектуры предлагаемой системы.

Для моделирования процессов воздухообмена, фильтрации и распределения влажности использованы теоретические положения и расчетные методы, изложенные в работах [6–8, 11, 12]. В частности, учтены особенности нестационарного влажностного режима помещений и влияние сорбционных процессов на изменение относительной влажности воздуха. Это позволило сформировать корректные алгоритмы управления исполнительными устройствами системы.

В качестве методов улучшения качества воздуха были рассмотрены как традиционные технические решения (механическая фильтрация и вентиляция), так и биологические подходы, связанные с поглощением загрязнителей, описанные в работах [4, 5]. Полученные выводы использованы при выборе типа фильтрационных элементов и принципов работы системы очистки воздуха.

Таким образом, применённая методология обеспечивает научно обоснованное проектирование системы мониторинга параметров окружающей среды в реальном времени и позволяет оценить её эффективность с точки зрения контроля аэрозольных загрязнений, регулирования влажности и обеспечения комфортного микроклимата.

Методика решения задачи. Методика решения задачи направлена на реализацию автоматизированного мониторинга параметров окружающей среды в реальном времени и управление процессами фильтрации и увлажнения воздуха на основе измеренных данных. Основной задачей является определение текущего состояния воздушной среды и формирование управляющих воздействий, обеспечивающих поддержание параметров микроклимата в допустимых санитарно-гигиенических пределах.

На первом этапе осуществляется непрерывный сбор данных с датчиков температуры ***T***, относительной влажности ***H*** и концентрации аэрозольных частиц различного диаметра d_i. В общем виде измеряемый вектор параметров окружающей среды может быть представлен как:

$$X(t) = \{T(t), H(t), C1(t), C3(t), C5(t)\},$$

где $C5(t), C8(t), C10(t)$ — концентрации аэрозольных частиц диаметром 5,8 и 10 мкм соответственно, выраженные в ед./м^3.

Для снижения влияния шумов и кратковременных выбросов используется скользящее усреднение измеренных значений:

$$\overline{C_d}(t) = \frac{1}{N}\sum_{k=0}^{N-1} C_d(t - k\Delta t),$$

где ***N*** — размер окна усреднения, ***Δt*** — интервал дискретизации.

Аналогичная обработка применяется к данным температуры и влажности.

Оценка состояния воздуха выполняется путём сравнения усреднённых значений параметров с нормативными порогами:

$C_d(t) \le C_d^{\text{доп}}, H_{min} \le H(t) \le H_{max}, T_{min} \le T(t) \le T_{max}.$

На основе этого формируется бинарная функция состояния загрязнённости воздуха:

$$S_d(t) = \begin{cases} 0, & C_d(t) \le C_d^{\text{доп}} \\ 1, & C_d(t) > C_d^{\text{доп}} \end{cases},$$

где $S_d(t) = 1$ соответствует необходимости включения системы очистки воздуха.

Управление исполнительными устройствами (вентилятор, фильтр, увлажнитель) осуществляется по логическому алгоритму. Вектор управляющих воздействий определяется как:

$$U(t) = \{U_f(t), U_v(t), U_h(t)\},$$

где U_f *(t)* — управление фильтрацией воздуха, U_v *(t)* — управление вентиляцией, U_h *(t)* — управление увлажнителем.

Условия включения увлажнителя задаются выражением:

$$U_h(t) = \begin{cases} 0, & H(t) < H_{min} \\ 1, & H(t) \ge H_{min} \end{cases},$$

Для количественной оценки эффективности фильтрации используется коэффициент очистки воздуха:

$$\eta_d = \frac{C_d^{\text{нач}} - C_d^{\text{кон}}}{C_d^{\text{нач}}} \cdot 100\%,$$

где $C_d^{\text{нач}}$ — начальная концентрация аэрозольных частиц диаметра ***d***, $C_d^{\text{кон}}$ — концентрация после включения системы фильтрации.

Последовательность решения задачи включает следующие этапы: Инициализация датчиков и исполнительных устройств; Сбор и предварительная обработка данных; Оценка состояния окружающей среды;

Формирование управляющих сигналов; Коррекция режимов фильтрации и увлажнения; Повтор цикла в реальном времени. В таблице 1 приведены основные параметры, используемые в методике решения задачи.

Таблица 1

Основные параметры мониторинга и управления

Параметр	Обозначение	Единица измерения	Диапазон
Температура воздуха	T	°C	15–40
Относительная влажность	H	%	20–70
Концентрация частиц 5 мкм	C_5	ед./м³	10^2–10^6
Концентрация частиц 8 мкм	C_8	ед./м³	10^1–10^5
Концентрация частиц 10 мкм	C_{10}	ед./м³	10^1–10^4

Обсуждения результатов. Анализ экспериментальных результатов показал, что разработанная система мониторинга параметров окружающей среды обеспечивает устойчивый и непрерывный контроль состояния воздушной среды в реальном времени. Измеренные значения температуры ***T*** и относительной влажности ***H*** находились в пределах заданных диапазонов (табл. 1), что подтверждает корректность работы сенсорного блока и алгоритмов предварительной обработки данных.

Наиболее существенные изменения наблюдались в динамике концентрации аэрозольных частиц C_5, C_8 и C_{10}, что отражено на рисунках 2–4. В режиме отсутствия вентиляции и фильтрации концентрации частиц всех размерных фракций демонстрировали устойчивый рост, достигая значений порядка 10^5–10^6 ед./м³ для частиц диаметром 5 мкм. Это свидетельствует о быстром накоплении аэрозольных загрязнителей в замкнутом объёме и подтверждает необходимость автоматизированного контроля качества воздуха.

При включении вентиляции без фильтрации наблюдалось умеренное снижение концентраций C_8 и C_{10}, тогда как для мелкодисперсных частиц C_5 эффект был менее выраженным. Данный результат согласуется с известными положениями аэрозольной динамики, согласно которым мелкие частицы обладают высокой подвижностью и дольше удерживаются во взвешенном состоянии.

Наиболее выраженный эффект достигался при активации системы фильтрации воздуха. В этом режиме концентрация частиц C_5 снижалась в среднем на 60–75 %, тогда как для частиц C_8 и C_{10} коэффициент очистки ηC_i достигал 80–90 %. Такие результаты подтверждают высокую эффективность фильтрационного модуля в отношении средне- и крупнодисперсных аэрозолей.

Дополнительно было установлено, что автоматическое управление увлажнителем позволяет стабилизировать относительную влажность воздуха в диапазоне 40–60 %, что является оптимальным с точки зрения санитарно-гигиенических норм. Поддержание заданного уровня влажности способствует снижению вторичного пылеобразования и, как следствие, уменьшению концентрации аэрозольных частиц C_5.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что совместное использование мониторинга, вентиляции, фильтрации и увлажнения воздуха обеспечивает комплексное улучшение микроклимата помещения. При этом наибольшую значимость имеет автоматический режим работы системы, позволяющий оперативно реагировать на превышение допустимых уровней загрязнённости без участия пользователя.

Заключение. В данной работе разработана и исследована система мониторинга параметров окружающей среды в реальном времени, предназначенная для оценки качества воздуха и автоматического управления процессами фильтрации и увлажнения воздуха в помещениях. Предложенное решение обеспечивает непрерывный контроль температуры, относительной влажности и концентрации аэрозольных частиц различных размерных фракций, что позволяет своевременно выявлять ухудшение состояния воздушной среды.

Экспериментальные исследования показали, что применение автоматизированной системы управления приводит к существенному снижению концентрации аэрозольных загрязнителей. Наиболее высокая эффективность очистки воздуха достигалась для частиц среднего и крупного диаметра (C_8 и C_{10}), при этом для мелкодисперсных частиц C_5 также обеспечивалось значительное уменьшение концентрации. Дополнительным положительным эффектом является стабилизация относительной влажности воздуха в пределах оптимального диапазона, что способствует улучшению микроклимата и снижению вторичного пылеобразования.

Полученные результаты подтверждают корректность выбранной методологии и эффективность разработанной методики решения задачи, основанной на использовании сенсорных данных, алгоритмов обработки информации и автоматического управления исполнительными устройствами. Модульная структура системы обеспечивает возможность её масштабирования и адаптации к различным условиям эксплуатации.

Перспективы дальнейших исследований связаны с внедрением интеллектуальных алгоритмов анализа данных и прогнозирования состояния воздушной среды, а также с интеграцией системы в IoT-платформы и комплексы управления «умными» зданиями. Реализация данных направлений позволит повысить адаптивность системы и расширить её функциональные возможности, обеспечивая более высокий уровень комфорта и безопасности для пользователей.

Список литературы

[1]. Клейменов Д.А., Вердиев Б.И., Ененко А.А., Гущин В.А., Ткачук А.П. Опыт использования аналитического стенда для проведения аэрозольных испытаний в контролируемых условиях // Вестник РГМУ. 2018. №4.

[2]. Баглан Т.И., Байгараева Ж.Е., Болтабоева А.К., Кальпеева Ж.Б., Копенов А.Б. интеллектуальная система управления мониторинга и управления климатом в чистых помещениях на основе IOT и SCADA // Вестник Университета Шакарима. Серия технические науки. 2024. №4.

[3]. Рыбаков А.В., Степанищева Е.С. Умные помещения: анализ существующих и перспективных направлений использования средств автоматического управления доступом и параметрами микроклимата // Прикаспийский журнал: управление и высокие технологии. 2017. №2 (38).

[4]. Чусов А.Н., Воробьев К.В. Аппаратно-биологический комплекс для повышения качества воздуха помещений // Биосфера. 2015. №1.

[5]. Воробьев К.В., Мешалкина М.Н., Пщелко Н.С., Рублевская О.Н., Спичкин Г.Л. Поглощение органических и неорганических газовых загрязнителей высшими растениями в условиях антропогенных нагрузок // Биотехносфера. 2014. №5 (35).

[6]. Шмырин А.М., Подвальный С.Л., Мещерякова О.А., Сёмина В.В. Моделирование производственных систем вентиляции // Вестник ВГТУ. 2017. №6.

[7]. Шагинян К.С., Окунев А.Ю. Системы вентиляции гражданских зданий. Проблемы и новые способы их решения // Academia. Архитектура и строительство. 2010. №3.

[8]. Левин Е.В., Окунев А.Ю. Нестационарный влажностный режим жилых помещений и влияние на него сорбции паров воды // Academia. Архитектура и строительство. 2018. №4.

[9]. Дробеня В.В., Ткачев С.В. Бактериоулавливающая и бактериостатическая эффективность фильтров для очистки воздуха // Гигиена и санитария. 1988. №8.

[10]. Дробеня В.В., Соколов С.М., Шпилевский Э.М. Получение и стабилизация окиси азота в затравочных камерах // Гигиена и санитария. 1982. №11.

[11]. Корчков А.П. Микроклимат помещений // Вестник магистратуры. 2020. №2-1 (101).

[12]. Назаров Б. И., Шукуров А. Х., Абдурасулова Н. А., Маслов В. А., Насруллоев Х., Абдуллаев С. Ф. Изменение оптических параметров сильно запыленного воздуха в условиях аридной зоны // ДАН РТ. 2007. №7.

ELEKTRON HUKUMAT INFRATUZILMASIDA KIBERXAVFSIZLIKNI TA’MINLASHDA ELEKTRON ID ENTIFIKATSIYA TIZIMLARINING ROLI: MA’LUMOTLARNI HIMOYALASH, AUTENTIFIKATSIYA VA XAVFSIZLIK TAHDIDLARI TAHLILI

S.A. G‘anijonov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
ganijonovsarvarbek2@gmail.com, tel: +99891 114-97-98

(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya: *Mazkur maqolada electron hukumat infratuzilmasida kiberxavfsizlikni ta’minlash masalalari hamda elektron identifikatsiya tizimlarining ushbu jarayondagi ahamiyati tahlil qilinadi. Raqamli davlat xizmatlari kengayib borayotgan sharoitda foydalanuvchilarni ishonchli identifikatsiya qilish, ma’lumotlarni himoyalash va turli kiberxavfsizlik tahdidlariga qarshi samarali mexanizmlarni joriy etish dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Maqolada autentifikatsiya jarayonlari, biometrik texnologiyalar, electron identifikatsiya vositalari hamda ularning axborot xavfsizligiga ta’siri ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, elektron hukumat tizimlarida uchrashi mumkin bo‘lgan asosiy xavfsizlik tahdidlari va ularni kamaytirish yo‘llari yoritiladi. Tadqiqot natijalari elektron hukumat tizimlarida xavfsizlikni mustahkamlash va foydalanuvchi ishonchini oshirishga xizmat qilishi mumkin.*

Kalit so‘zlar: *electron hukumat, kiberxavfsizlik, electron identifikatsiya, autentifikatsiya, biometrik tizimlar, axborot xavfsizligi, ma’lumotlarni himoyalash, davlat xizmatlari*

Аннотация: *В данной статье рассматриваются вопросы обеспечения кибербезопасности в инфраструктуре электронного правительства, а также анализируется роль систем электронной идентификации в данном процессе. В условиях расширения цифровых государственных услуг одной из ключевых задач является надежная идентификация пользователей, защита данных и внедрение эффективных механизмов противодействия киберугрозам. В статье исследуются процессы аутентификации, биометрические технологии, средства электронной идентификации и их влияние на информационную безопасность. Также освещаются основные угрозы безопасности в системах электронного правительства и пути их минимизации.*

Ключевые слова: *электронное правительство, кибербезопасность, электронная идентификация, аутентификация, биометрические системы, информационная безопасность, защита данных.*

Abstract: *This article examines the issues of cybersecurity within the electronic government infrastructure and analyzes the role of electronic identification systems in ensuring information security. With the rapid expansion of digital public services, reliable user identification, data protection, and the implementation of effective mechanisms against cyber threats have become critical challenges. The paper discusses authentication processes, biometric technologies, electronic identification tools, and their impact on cybersecurity. Furthermore, it highlights major security threats in e-government systems and explores possible mitigation strategies.*

Keywords: *e-government, cybersecurity, electronic identification, authentication, biometric systems, information security, data protection.*

Axborot-kommunikatsiya texnologiyalarining jadal rivojlanishi jamiyat hayotining barcha sohalarida, xususan, davlat boshqaruvi tizimida tub o’zgarishlarni yuzaga keltirmoqda. Elektron hukumat konsepsiyasi davlat xizmatlarini raqamli muhitga o’tkazish, boshqaruv jarayonlarini optimallashtirish hamda fuqarolar va davlat o‘rtasidagi o‘zaro aloqalarni soddalashtirishga qaratilgan zamonaviy boshqaruv modeli sifatida shakllanadi. Mazkur tizimning samarali faoliayati esa axborot xavfsizligi, ayniqsa kiberxavfsizlik masalalariga bevosita bog‘liqdir.

Raqamli texnologiyalar shiddat bilan rivojlanayotgan bugungi davrda elektron hukumat tizimi davlat xizmatlarini ko‘rsatishda muhim ahamiyatga ega. Aholining katta qatlami axborot almashinuvi, ariza topshirish, to‘lovlar va boshqa bir qancha jarayonlarni internet orqali amalga oshiradi. Bu holat esa shaxsiy ma’lumotlarning katta qismi qayta ishlanishi va saqlanishiga olib keladi. Mazkur jarayonning asosiy muammolaridan biri- axborot xavfsizligini ta’minlash va fuqarolarning shaxsiy axborotini himoya qilish masalasidir.

Ekektron hukumat infratuzilmasida katta hajmdagi shaxsiy, moliyaviy va institutsional ma’lumotlar qayta ishlanishi sababli, ularning ishonchli himoyasi srategik ahamiyat kasb etadi. Shu nuqtai nazardan, foydalanuvchilarni aniqlash va autentifikatsiya qilish mexanizmlari, xususan elektron identifikatsiya tizimlari axborot xavfsizligining muhim tarkibiy qismi hisoblanadi. Bundan tashqari elektron hukumatning asosiy maqsadlaridan bir nechtasi sifatida davlat xizmatlarini shaffof holatda tashkillash, navbatlarni kamaytirish, tezkorlikda amalga oshirish, byurokriyatiyani qisqaritirish, korrupsiya xavfini kamaytirish, vaqt va mablag’ni tejash kabilarni aytishimiz mumkin. Shuningdek, yuridik shaxslarga axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini qo’llash yo’li bilan davlat xizmatlari ko’rsatishga doir faoliyatini, idoralararo elektron hamkorlik qilishni ta’minlashga qaratilgan tashkiliy-huquqiy chora-tadbirlar va texnik vositalar tizimini aytishimiz mumkin. So’nggi yillarda mamlakatimizda elektron hukumat tizimini rivojlantirish bo’yicha keng ko’lamli ishlar amalga oshirilmoqda. 2015-yil 18-noyabrda qabul qilingan “Elektron hukumat to‘g‘risida”gi O‘zbekiston Respublikasi Qonuni[1] ushbu sohaning huquqiy asosini belgilab berdi. Ushbu qonunga ko’ra, elektron hukumat davlat organlari faoliyatida axborot-kommunikatsiya texnologiyalarini keng qo’llash, davlat xizmatlarini ko’rsatishda shaffoflik va samaradorlikni ta’minlashga xizmat qiladi, aynan ushbu qonunning 12-moddasining 2-bandida Elektron davlat xizmatlari ko’rsatuvchi davlat organlari shaxsga doir ma’lumotlar, shuningdek davlat sirlarini yoki qonun bilan qo’riqlanadigan boshqa sirni tashkil etuvchi ma’lumotlar muhofaza qilinishini va ulardan ruxsatsiz

[1] Elektron hukumat to‘g‘risida- https://lex.uz/mact/-2833860

foydalanishning oldi olinishini ta’minlash yuzasidan zarur tashkiliy-texnik choralar ko’radi[2] deb aytib o‘tilgan. Mazkur maqolada elektron hukumat tizimlarida kiberxavsizlikni ta’minlashda elektron identifikatsiya vositalarining roli hamda mavjud tahdidlar ilmiy jihatdan tahlil qilinadi.

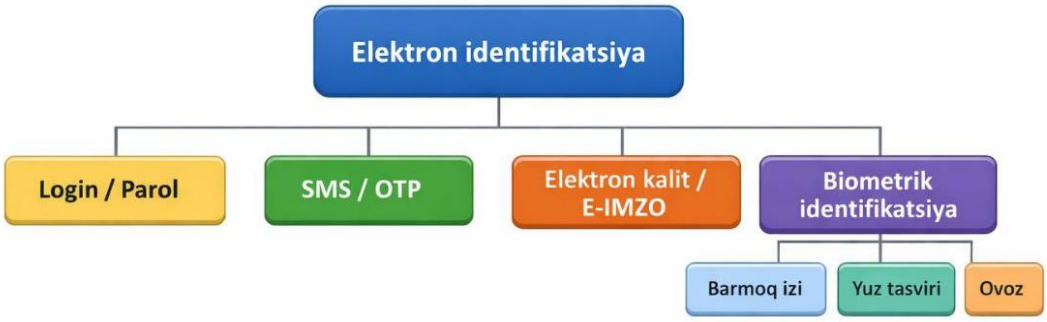
Elektron hukumat- bu davlat boshqaruvi jarayonlarida axborot texnologiyalaridan foydalanish orqali davlat xizmatlarini elektron shalkda taqdim etish tizimidir. Ushbu modelning asosiy maqsadi davlat xizmatlari sifatini oshirish, boshqaruv samaradorligini kuchaytirish va eng asosiysi shaffoflikni ta’minlashdan iborat. Yana ham aniqroq aytsak, elektron hukumat faqatgina rasmiy veb-portallar yoki mobil ilovalar majmuasi emas, balki u majburiy ravishda ko‘plab axborot resurslari, ma’lumotlar bazalari, elektron identifikatsiya tizimlari, raqamli tranzaksiyalar, integratsiya platformalari, kriptografik mexanizmlar, davlat tarmoqlari infratuzilmasi va kiberxavfsizlik tizimlaridan tashkil topgan ulkan axborot manbayidir.. Ushbu ekotizimning har bir komponenti kiberhujumlarga nisbatan maksimal darajada himoyalangan bo‘lishi zarur. Chunki davlat organlari tomonidan qayta ishlanadigan ma’lumotlar — fuqarolarning shaxsiy ma’lumotlari, moliyaviy tranzaksiyalar, strategik davlat hujjatlari, soliq, bojxona, uy-joy ro‘yxati, sog‘liqni saqlash ma’lumotlari, davlat xizmatlari haqida statistik ma’lumotlar — yuqori qiymatga ega bo‘lgan aktivlardir. Agar ushbu ma’lumotlar o‘g‘irlanadigan, buziladigan yoki jamoatga oshkor bo‘ladigan bo‘lsa, davlatning siyosiy barqarorligi, iqtisodiy ishonchliligi, ijtimoiy tinchligi va fuqarolar ishonchi jiddiy zarar ko‘radi. Shu sababli elektron hukumat tizimlarida axborot xavfsizligini ta’minlash masalasi — davlatning strategik milliy xavfsizlik vazifalaridan biri hisoblanadi.

Elektron identifikatsiya tizimlarining mohiyati va turlari.Elektron identifikatsiya tizimlari foydalanuvchilarni raqamli muhitda aniqlash va tasdiqlash imkonini beruvchi texnologik yechimlar majmuasidir. Ular quyidagi asosiy turlarga bo‘linadi:

1. Elektron identifikatsiya (e-ID) tizimlari

Elektron identifikatsiya foydalanuvchining shaxsini raqamli vositalar orqali tasdiqlash jarayonidir. Bunda login-parol, elektron kalitlar, PIN-kodlar yoki raqamli sertifikatlardan foydalaniladi. Ushbu tizimlar davlat xizmatlariga xavfsiz kirishni ta’minlaydi.

2. Biometrik identifikatsiya. Biometrik tizimlar foydalanuvchining fiziologik yoki xulqiy xususiyatlariga asoslanadi. Barmoq izi, yuz tasviri, ovoz yoki ko‘z to‘r pardasi kabi parametrlar keng qo‘llaniladi. Biometrik autentifikatsiya an’anaviy usullarga nisbatan yuqori ishonchlilik darajasini ta’minlaydi.



1-rasm. Elektron identifikatsiya turlari.

O‘zbekistonda so‘nggi yillarda elektron hukumat tizimini rivojlantirish va davlat xizmatlarini raqamlashtirish jarayonlari izchil amalga oshirilmoqda. Mazkur jarayonlarda axborot xavfsizligini ta’minlash hamda foydalanuvchilarni ishonchli identifikatsiya qilish masalalari ustuvor ahamiyat kasb etadi. Elektron davlat xizmatlarining kengayishi elektron identifikatsiya va kiberxavfsizlik mexanizmlarini takomillashtirishni taqozo etmoqda. Respublikada elektron hukumat infratuzilmasini shakllantirish doirasida yagona interaktiv davlat xizmatlari portali joriy etildi.[3] Mazkur platforma orqali fuqarolar va tadbirkorlik subyektlari ko‘plab davlat xizmatlaridan masofadan turib foydalanish imkoniyatiga ega bo‘ldilar. Elektron xizmatlardan foydalanish

[2] O‘sha qonundan
[3] O‘zbekiston Respublikasi Yagona interaktiv davlat xizmatlari portali – my.gov.uz

jarayonida foydalanuvchilarni identifikatsiya qilish va autentifikatsiya mexanizmlari muhim o‘rin tutadi.

Elektron identifikatsiya sohasida muhim qadamlardan biri sifatida elektron raqamli imzo (ERI) texnologiyasining keng joriy etilishi e’tirof etiladi.[4] ERI foydalanuvchining shaxsini tasdiqlash, elektron hujjatlarning yuridik kuchini ta’minlash hamda axborot almashinuvida xavfsizlikni oshirishga xizmat qiladi. Ushbu mexanizm davlat xizmatlari, soliq tizimi, bank operatsiyalari va boshqa ko‘plab raqamli jarayonlarda qo‘llanilmoqda.

Bundan tashqari, axborot xavfsizligini ta’minlash maqsadida kiberxavfsizlik sohasida institutsional va huquqiy mexanizmlar shakllantirildi[3]. Axborot tizimlari va resurslarini himoyalash, ruxsatsiz kirishlarning oldini olish, zararli dasturlarga qarshi kurashish hamda ma’lumotlar maxfiyligini ta’minlash davlat siyosatining muhim yo‘nalishlariga aylandi. Zamonaviy tahdidlar sharoitida biometrik identifikatsiya texnologiyalariga ham alohida e’tibor qaratilmoqda. Biometrik parametrlar asosida autentifikatsiya qilish foydalanuvchini aniqlash ishonchliligini oshirib, identifikatsiya ma’lumotlarining noqonuniy qo‘llanilishi xavfini kamaytiradi. Mazkur yondashuv bank-moliya sektori hamda davlat xizmatlari tizimida bosqichma-bosqich joriy etilmoqda.

Umuman olganda, O‘zbekistonda elektron hukumat tizimining rivojlanishi elektron identifikatsiya vositalari va kiberxavfsizlik mexanizmlarining uyg‘un integratsiyasi asosida amalga oshirilmoqda. Bu esa davlat xizmatlari sifati, axborot xavfsizligi va foydalanuvchi ishonchini oshirishga xizmat qilmoqda.

Elektron hukumat tizimlarining rivojlanishi davlat boshqaruvi samaradorligini oshirish, davlat xizmatlarini optimallashtirish hamda fuqarolar bilan o‘zaro aloqalarni soddalashtirish imkonini beradi. Shu bilan birga, raqamli infratuzilmaning kengayishi axborot xavfsizligi va kiberxavfsizlik masalalarini ustuvor yo‘nalishlardan biriga aylantiradi.

Kiberxavfsizlik tushunchasi axborot tizimlari, tarmoqlar va ma’lumotlarni ruxsatsiz kirish, o‘zgartirish yoki yo‘q qilishga qaratilgan tahdidlardan himoyalashga qaratilgan kompleks choralarni anglatadi. Elektron hukumat infratuzilmasida kiberxavfsizlikni ta’minlash nafaqat texnik masala, balki tashkiliy va huquqiy mexanizmlarni ham o‘z ichiga oladi.

Axborot xavfsizligining asosiy tamoyillari. Elektron hukumat tizimlarida axborot xavfsizligi odatda uch asosiy tamoyil asosida tashkil etiladi:

Maxfiylik (Confidentiality) – axborotdan faqat vakolatli subyektlar foydalanishini ta’minlash;

Yaxlitlik (Integrity) – ma’lumotlarning ruxsatsiz o‘zgartirilishiga yo‘l qo‘ymaslik;

Mavjudlik (Availability) – axborot resurslarining uzluksiz ishlashini ta’minlash.

Mazkur tamoyillarning buzilishi axborot xavfsizligi insidentlariga olib keladi va davlat xizmatlari ishonchliligiga salbiy ta’sir ko‘rsatadi.

Elektron hukumat tizimlaridagi asosiy kiberxavfsizlik tahdidlari. Elektron hukumat infratuzilmasida turli ko‘rinishdagi xavfsizlik tahdidlari yuzaga kelishi mumkin. Ular orasida quyidagilar alohida ahamiyatga ega:

Ruxsatsiz kirish (Unauthorized Access). Identifikatsiya va autentifikatsiya mexanizmlarining zaifligi tizimlarga noqonuniy kirish imkonini yaratadi.

Fishing (Phishing) va ijtimoiy muhandislik. Foydalanuvchilarni aldash orqali autentifikatsiya ma’lumotlarini qo‘lga kiritish keng tarqalgan tahdid hisoblanadi.

Zararli dasturlar (Malware). Axborot tizimlariga zarar yetkazish, ma’lumotlarni o‘g‘irlash yoki tizim ishini buzishga qaratilgan dasturiy vositalar.

Xizmat ko‘rsatishni rad etish hujumlari (DDoS). Davlat axborot tizimlari resurslarini ortiqcha yuklash orqali xizmatlar faoliyatini to‘xtatish.

Ma’lumotlar sizib chiqishi (Data Leakage). Maxfiy yoki shaxsiy ma’lumotlarning himoyalanmagan kanallar orqali tarqalishi.

Autentifikatsiya va identifikatsiya xavfsizligi. Elektron hukumat tizimlarida foydalanuvchini ishonchli aniqlash axborot xavfsizligining asosiy talablaridan biridir. Oddiy login-parol asosidagi

[4] O’zbekiston Respublikasi “Elektron raqamli imzo to’g’risida”gi Qonuni

autentifikatsiya zamonaviy tahdidlarga nisbatan yetarli darajada barqaror emas[5]. Shu sababli quyidagi mexanizmlar keng qo‘llanilmoqda:

ko‘p faktorli autentifikatsiya (MFA);
biometrik autentifikatsiya;
elektron raqamli imzo (ERI);
bir martalik parollar (OTP);

kriptografik sertifikatlar.

Mazkur yondashuvlar identifikatsiya ma’lumotlarining noqonuniy qo‘llanilishi xavfini sezilarli darajada kamaytiradi.

Ma’lumotlarni himoyalash mexanizmlari. Elektron hukumat infratuzilmasida ma’lumotlarni himoyalash texnik va kriptografik vositalar orqali amalga oshiriladi[6]. Asosiy mexanizmlar quyidagilardan iborat:

ma’lumotlarni shifrlash (encryption);
xavfsiz aloqa protokollari;
kirishni boshqarish tizimlari (access control);
zaxira nusxalash (backup);
xavfsizlik monitoringi.

Axborot resurslarining ishonchli himoyasi davlat xizmatlarining barqaror faoliyatini ta’minlashda hal qiluvchi ahamiyatga ega.

Elektron hukumat tizimlarining barqaror va ishonchli faoliyati foydalanuvchilarni aniqlash hamda axborot resurslarini himoyalash mexanizmlarining samaradorligiga bevosita bog‘liqdir. Shu nuqtai nazardan, elektron identifikatsiya tizimlari va kiberxavfsizlik tushunchalari o‘zaro uzviy bog‘liq bo‘lgan, bir-birini to‘ldiruvchi texnologik va tashkiliy jarayonlar sifatida namoyon bo‘ladi. Elektron muhitda subyektning shaxsini aniq belgilash imkoniyati mavjud bo‘lmagan sharoitda axborot xavfsizligini ta’minlash murakkablashadi[1].

Elektron identifikatsiya foydalanuvchini axborot tizimida aniqlash jarayoni bo‘lsa, kiberxavfsizlik ushbu tizim va undagi ma’lumotlarni turli tahdidlardan himoyalashga qaratilgan kompleks choralarni anglatadi. Identifikatsiya mexanizmlarining ishonchliligi kiberxavfsizlik darajasini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Chunki axborot tizimlariga noqonuniy kirishlarning aksariyati autentifikatsiya jarayonidagi zaifliklar bilan bog‘liq.

Zamonaviy elektron hukumat infratuzilmasida identifikatsiya va autentifikatsiya jarayonlari ko‘p bosqichli xavfsizlik modeli asosida tashkil etiladi. Oddiy login-parol tizimlari yuqori darajadagi himoyani ta’minlay olmasligi sababli, ko‘p faktorli autentifikatsiya (MFA), biometrik tekshiruv hamda kriptografik vositalar keng qo‘llanilmoqda. Mazkur yondashuvlar foydalanuvchining haqiqiyligini tasdiqlash aniqligini oshirib, identifikatsiya ma’lumotlarining o‘g‘irlanishi yoki soxtalashtirilishi xavfini kamaytiradi.

Elektron identifikatsiya tizimlari kiberxavfsizlikni ta’minlashda quyidagi asosiy funksiyalarni bajaradi:

foydalanuvchi shaxsini ishonchli aniqlash;
ruxsat darajalarini boshqarish (authorization);
tizim resurslariga noqonuniy kirishlarni cheklash;
axborot almashinuvida ishonch muhitini shakllantirish.

Biometrik identifikatsiya texnologiyalarining rivojlanishi ushbu bog‘liqlikni yanada mustahkamladi. Biometrik parametrlar individual va takrorlanmas xususiyatlarga ega bo‘lgani sababli, ular autentifikatsiya jarayonida yuqori ishonchlilik darajasini ta’minlaydi. Shu bilan birga, biometrik ma’lumotlarni saqlash va qayta ishlash jarayonlari ham alohida kiberxavfsizlik talablariga muvofiq tashkil etilishi zarur.

Elektron identifikatsiya va kiberxavfsizlik o‘rtasidagi o‘zaro bog‘liqlikni tizimli yondashuv asosida ko‘rib chiqish muhimdir. Kuchli identifikatsiya mexanizmlari mavjud bo‘lmagan tizimlarda ma’lumotlarni himoyalash choralarining samaradorligi pasayadi. Aksincha, zamonaviy autentifikatsiya va identifikatsiya vositalarining joriy etilishi axborot xavfsizligi barqarorligini sezilarli darajada oshiradi[5].

Umuman olganda, elektron hukumat infratuzilmasida identifikatsiya texnologiyalari va kiberxavfsizlik mexanizmlari yagona xavfsizlik ekotizimini shakllantiradi. Mazkur integratsiya davlat axborot tizimlarining ishonchliligi, ma’lumotlar maxfiyligi hamda foydalanuvchilar ishonchini ta’minlashda hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi.

Elektron hukumat tizimlarining keng joriy etilishi davlat boshqaruvi samaradorligini oshirish bilan birga, axborot xavfsizligi va identifikatsiya jarayonlariga oid yangi muammolarni ham yuzaga keltirmoqda. Raqamli infratuzilmaning murakkablashuvi, ma’lumotlar hajmining ortishi hamda kiberxavfsizlik tahdidlarining evolyutsiyasi mavjud himoya mexanizmlarini doimiy ravishda takomillashtirish zaruratini keltirib chiqarmoqda.

Texnik va texnologik muammolar.Elektron hukumat infratuzilmasida uchraydigan asosiy muammolardan biri axborot tizimlaridagi texnik zaifliklar bilan bog‘liqdir. Dasturiy ta’minotdagi xatoliklar, yangilanishlarning o‘z vaqtida amalga oshirilmasligi hamda eskirgan xavfsizlik protokollaridan foydalanish tizimga ruxsatsiz kirish xavfini oshiradi. Shu bilan birga, turli axborot tizimlari o‘rtasidagi integratsiya jarayonlari ham qo‘shimcha xavfsizlik xatarlarini keltirib chiqarishi mumkin. Mazkur muammolarni bartaraf etish uchun quyidagi choralar muhim hisoblanadi:

xavfsizlikka yo‘naltirilgan dasturiy arxitektura (secure-by-design) tamoyillarini joriy etish;
muntazam xavfsizlik auditi va penetratsion testlarni o‘tkazish;
zamonaviy kriptografik algoritmlardan foydalanish;
axborot tizimlarini markazlashgan monitoring qilish.
Identifikatsiya va autentifikatsiya bilan bog‘liq muammolar

Elektron identifikatsiya tizimlarining ishonchliligi kiberxavfsizlik darajasini belgilovchi asosiy omillardan biridir. Amaliyotda esa oddiy autentifikatsiya mexanizmlaridan foydalanish, parollarni noto‘g‘ri boshqarish hamda foydalanuvchi identifikatsiya ma’lumotlarining himoyalanmaganligi keng tarqalgan muammolar sirasiga kiradi[3]. Bundan tashqari, biometrik tizimlar joriy etilganda ham ma’lumotlarni saqlash va qayta ishlash jarayonlarida maxfiylik masalalari dolzarb bo‘lib qolmoqda.

Istiqbolli yechimlar sifatida quyidagi yondashuvlar taklif etiladi:
ko‘p faktorli autentifikatsiya (MFA) tizimlarini majburiy joriy etish;
biometrik autentifikatsiya va kriptografik himoya vositalarini integratsiyalash;
identifikatsiya ma’lumotlarini himoyalangan muhitda saqlash;
foydalanuvchi identifikatsiyasini markazlashgan boshqarish tizimlarini rivojlantirish.

Inson omili va tashkiliy muammolar. Kiberxavfsizlik insidentlarining katta qismi inson omili bilan bog‘liq ekani ilmiy tadqiqotlarda qayd etilgan. Foydalanuvchilarning raqamli savodxonligi yetarli darajada bo‘lmaganligi, fishing hujumlariga uchrash, shaxsiy ma’lumotlarni ehtiyotsiz oshkor etish kabi holatlar axborot xavfsizligiga jiddiy tahdid tug‘diradi. Mazkur muammolarni kamaytirish uchun quyidagi choralar muhimdir:
kiberxavfsizlik bo‘yicha muntazam o‘quv va trening dasturlarini tashkil etish;
axborot xavfsizligi siyosatini kuchaytirish;
xavfsizlik madaniyatini shakllantirish;
insidentlarni boshqarish tizimlarini takomillashtirish.

Istiqbolli rivojlanish yo‘nalishlari. Elektron hukumat tizimlarida xavfsizlikni ta’minlash kelajakda ilg‘or texnologiyalarni qo‘llash bilan chambarchas bog‘liqdir. Sun’iy intellekt asosidagi tahdidlarni aniqlash tizimlari, xatti-harakatlarni tahlil qilish mexanizmlari hamda adaptiv autentifikatsiya modellari istiqbolli yechimlar sifatida qaralmoqda. Shu bilan birga, biometrik identifikatsiya, blokcheyn texnologiyalari va nol ishonch (Zero Trust) arxitekturasi kiberxavfsizlikni mustahkamlashda muhim rol o‘ynashi mumkin.

Aabiyotlar

[1]. O‘zbekiston Respublikasining «Elektron hukumat to‘g‘risida»gi Qonuni. – Toshkent.
[2]. O‘zbekiston Respublikasining «Elektron raqamli imzo to‘g‘risida»gi Qonuni. – Toshkent.
[3]. O‘zbekiston Respublikasining «Kiberxavfsizlik to‘g‘risida»gi normativ-huquqiy hujjatlari.
[4]. ISO/IEC 27001: Information Security Management Systems – Requirements.

[5]. ISO/IEC 27000: Information Security Management – Overview and Vocabulary.
[6]. Stallings W. Cryptography and Network Security: Principles and Practice. – Pearson.
[7]. Anderson R. Security Engineering: A Guide to Building Dependable Distributed Systems. – Wiley.
[8]. Jain A., Flynn P., Ross A. Handbook of Biometrics. – Springer.
[9]. OECD. Digital Government Strategies for Transforming Public Services. – OECD Publishing.
[10]. ENISA. Cybersecurity and e-Government Security Guidelines. – European Union Agency for Cybersecurity.

PREDICTING AERODYNAMIC CHARACTERISTICS OF AN AIRFOIL AND DESIGNING THE OPTIMAL SHAPE USING ARTIFICIAL INTELLIGENCE

Q. Rakhimov, M. Rakhmatjonov

Fergana State University,
quvvatali.rahimov@gmail.com , rahmatjonovm0309@gmail.com
(Received on February 10 th, 2026)

Annotatsiya: *Ushbu tadqiqotda qanotning aerodinamik koeffitsientlarini (CL, CD) tezkor bashorat qilish va optimal dizaynlash uchun yagona integratsiyalashgan sun'iy intellekt tizimi taklif etiladi. An'anaviy CFD usullariga muqobil sifatida neyron tarmoq asosida muqobil model qurildi; sintetik datasetda CL uchun R^2 = 0.9954, CD uchun R^2 = 0.9673 aniqlikka erishildi. Autoenkoder 400 o'lchamli shakl vektorini 8 o'lchamli oshkormas fazoga siqib (50:1), qayta qurish xatosining pastligini ta'minladi. Tizim bashorat vaqtini millisekundlar darajasiga tushirib, 3D qanot geometriyasini yaratish va natijalarni chiqarish imkonini beradi.*

Tayanch so'zlar: *muqobil model, aerodinamik profil, autoenkoder, optimal dizayn, aeroelastik, oshkormas fazo.*

Аннотация: *Предлагается единый AI-пайплайн для быстрого прогнозирования аэродинамических коэффициентов (CL, CD) аэрофоиля и его оптимального проектирования. Взамен затратным CFD-расчётам построена суррогатная модель на основе ИНС; на синтетическом наборе данных достигнута точность R^2 = 0.9954 (CL) и R^2 = 0.9673 (CD). Автоэнкодер сжал 400-мерный вектор формы до 8 латентных измерений (50:1) при низкой ошибке восстановления. Система обеспечивает прогноз в миллисекунды, генерацию 3D-геометрии крыла и экспорт результатов.*

Ключевые слова: *суррогатная модель, аэрофоиль, автоэнкодер, оптимальное проектирование, аэроэластика, латентное пространство.*

Abstract: *This study presents a unified AI pipeline for rapid prediction of airfoil aerodynamic coefficients (CL, CD) and optimal design. An ANN-based surrogate model was developed as an alternative to costly CFD simulations, achieving R^2 = 0.9954 for CL and R^2 = 0.9673 for CD on a synthetic dataset. An autoencoder compresses the 400-dimensional shape vector into an 8-dimensional latent space (50:1 ratio) with low reconstruction error. The pipeline delivers millisecond-level inference, 3D wing geometry generation, and results export.*

Key words: *surrogate model, airfoil, autoencoder, optimal design, aeroelastic, latent space.*

Introduction

The shape of an airfoil directly affects the lift force, fuel consumption, and flight safety of an aircraft. In the aerodynamic design process, it is necessary to evaluate the CL and CD coefficients quickly and reliably across various flow angles and geometric parameters. In practice, while CFD methods provide high accuracy, their high computational resource consumption limits design iterations: a simulation for a single configuration can run for hours or even days [1, 2].

In recent years, machine learning methods have been applied in aerodynamics as surrogate models, enabling rapid predictions. Classical aerodynamics references [4, 5] compile physical models and experimental data for airfoil profiles and their coefficients. Differential methods such as XFOIL [6] provide fast analysis in low Reynolds number regimes but have limitations in complex turbulent transitions and certain nonlinear flow regimes. In deep learning-based approaches, CNN and MLP models have been applied to predict aerodynamic coefficients and, in some cases, flow fields [1, 2]. Autoencoders and variational autoencoders [7] are widely used for shape generation tasks.

The high-dimensional description of airfoil geometry slows down optimization algorithms. Therefore, the approach of compressing geometry into a low-dimensional latent space and performing optimization within that latent space is considered promising. However, combining coefficient prediction, geometry compression, and design optimization into a single pipeline remains a practically significant contribution for both conference and Scopus-level publications.

The main idea of this work is to present a complete computational system that integrates a surrogate CL/CD model, autoencoder, 2D/3D airfoil visualization, and results export into a unified pipeline. The specific objectives of this study are: (1) to develop an ANN surrogate model predicting CL/CD from NACA 4-digit parameters and angle of attack; (2) to train an autoencoder for compressing 2D airfoil shapes into a low-dimensional latent space; (3) to generate and visualize 3D wing geometry; and (4) to document results through metrics, graphs, and export files.

Methods

Mathematical Model and Geometry Parameterization

For small angles of attack, the airfoil lift coefficient is approximated by a linear expression:

$$C_L = C_{L_\alpha}(\alpha - \alpha_{L_0}), \tag{1}$$

where α is the angle of attack and α_0 is the zero-lift angle. The classical drag polar for the drag coefficient is:

$$C_D = C_{D_0} + kC_L^2, \tag{2}$$

where C_{D_0} is the parasite drag and k is the induced drag coefficient. In this work, rather than utilizing full CFD simulations, a physics-consistent synthetic label generator was constructed to provide the training basis for the surrogate model, incorporating simplified exponential saturation for post-stall conditions.

The NACA 4-digit parameters are: maximum camber *m*, camber position *p*, and maximum thickness *t*. The mean camber line $y_{c(x)}$ and its derivative are used to derive the upper and lower surface coordinates (x_u, y_u) and (x_l, y_l). The thickness distribution y_t(x) is defined by the standard analytical expression:

$$y_t(x) = 5t\left(0.2969\sqrt{x} - 0.1260x - 0.3516x^2 + 0.2843x^3 - 0.1015x^4\right) \tag{3}$$

This parameterization was used for both dataset generation and shape sampling for the autoencoder.

Unified AI Pipeline Architecture

The proposed system consists of four main modules:

1. CL/CD Surrogate Model. Input vector: $[m,\ p,\ t, \alpha]$; Output: $[CL,\ CD]$. MLP architecture: 4–64–64–32–2 neurons with ReLU activations and Dropout = 0.1. Training was performed using the Adam optimizer with a ReduceLROnPlateau learning rate scheduler.
2. Autoencoder Shape Compression. To efficiently manage the high-dimensional shape representation, an autoencoder model was applied. The airfoil shape, described by 400 points from upper and lower surfaces, is compressed into an 8-dimensional compact latent space. This compression process is mathematically expressed as:

$$\mathbf{z} = f_{\text{enc}}(\mathbf{x}), \quad \hat{\mathbf{x}} = f_{\text{dec}}(\mathbf{z}), \tag{4}$$

Where $\mathbf{x} \in \mathbb{R}^{400}$ is the initial shape vector, $\mathbf{z} \in \mathbb{R}^8$ is the compact latent representation, and $\hat{\mathbf{x}}$ is the reconstructed shape vector. Encoder architecture: 400–256–128–8; Decoder: 8–128–256–400. The compressed latent space is directly suitable for optimization.

3. 3D Wing Generation and Visualization. The wing surface is generated along the span by applying chord, twist, and sweep transformations; airfoil cross-sections are obtained from

NACA parameterization. Outputs include planform (top view), sectional twist (front view), airfoil cross-section (side view), and a full 3D isometric surface.

4. Results Export. Training histories, scatter comparison plots, autoencoder reconstruction figures, 3D wing geometry, and a performance summary are saved as image and data files for documentation.

Experimental Settings

The system was executed in the Google Colab CPU environment (PyTorch 2.9.0+cpu; no CUDA). This is an important practical characteristic of the proposed pipeline: it operates fully without requiring a GPU.

CL/CD dataset: 5,000 samples with train/val split of 4,000/1,000. Parameter ranges: $m \in [0.02,\ 0.09]$, $p \in [0.3,\ 0.6]$, $t \in [0.08,\ 0.15]$, $\alpha \in [-8°,\ 20°]$. Autoencoder dataset: 2,000 NACA profiles with train/val split of 1,600/400. Each profile is vectorized as 200 upper and 200 lower surface coordinate points.

Both models were trained for 3,000 epochs with log-scale loss monitoring. The best model checkpoint was saved based on minimum validation loss for both the surrogate model and the autoencoder.

Results and Discussion

The CL/CD surrogate model training exhibited a stable decreasing trend. At the end of 3,000 epochs, the best validation loss reached 8.17×10^{-4}, with a total CPU training time of approximately 54.5 seconds. Scatter plot comparison on the test set yielded the following performance metrics:

$$CL: R^2 = 0.9954,\ MAE = 0.0271 \quad (5)$$

$$CD: R^2 = 0.9673,\ MAE = 0.0051 \quad (6)$$

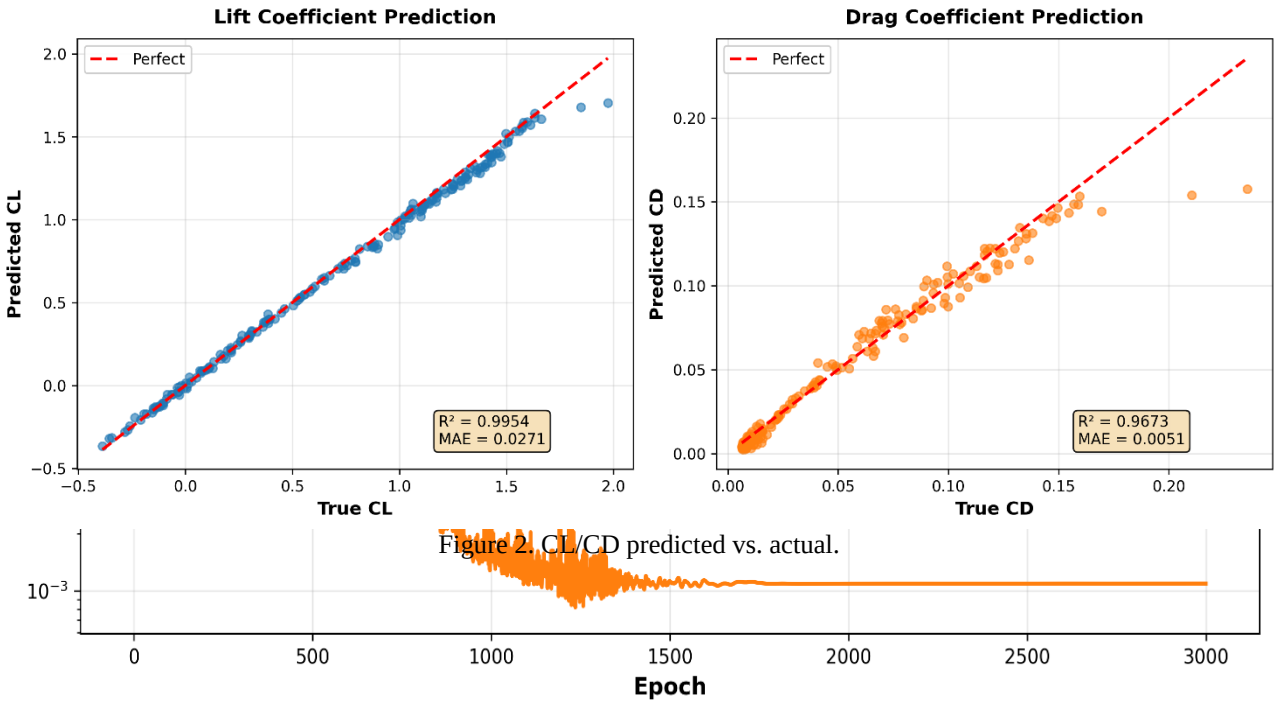


Figure 2. CL/CD predicted vs. actual.

Figure 1. CL/CD model training history.

Figure 1 confirms consistent convergence of training and validation losses throughout the training process. Figure 2 shows that CL predictions cluster tightly around the ideal diagonal line, confirming near-linear regime accuracy. The relatively larger scatter observed for CD is attributed to the increased relative error at small CD values and the inherent simplifications of the synthetic drag polar model. CL prediction is highly accurate in the near-linear regime; CD prediction shows increased dispersion in the low-CD region, but the overall trend remains stable.

The autoencoder compressed the 400-dimensional shape vector to 8 latent dimensions, achieving a 50:1 compression ratio. The best validation MSE for shape reconstruction was approximately 4.8×10^{-5}, recorded in the figure title (Figure 4). Total autoencoder training time on CPU was approximately 260 seconds. As shown in Figure 3, the training loss continues to decrease steadily, while the validation loss initially decreases and subsequently enters a noisy plateau state. This behavior indicates that the best epoch may have occurred considerably earlier, and that applying early stopping along with weight decay regularization could improve reconstruction stability.

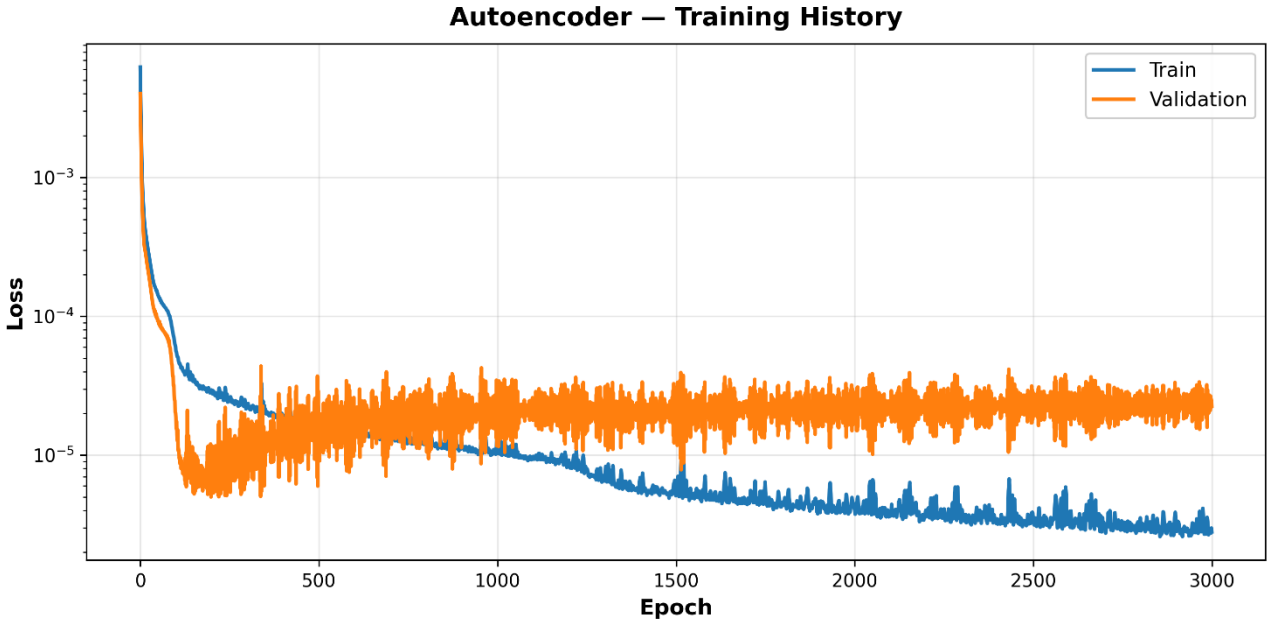


Figure 3. Autoencoder training history.

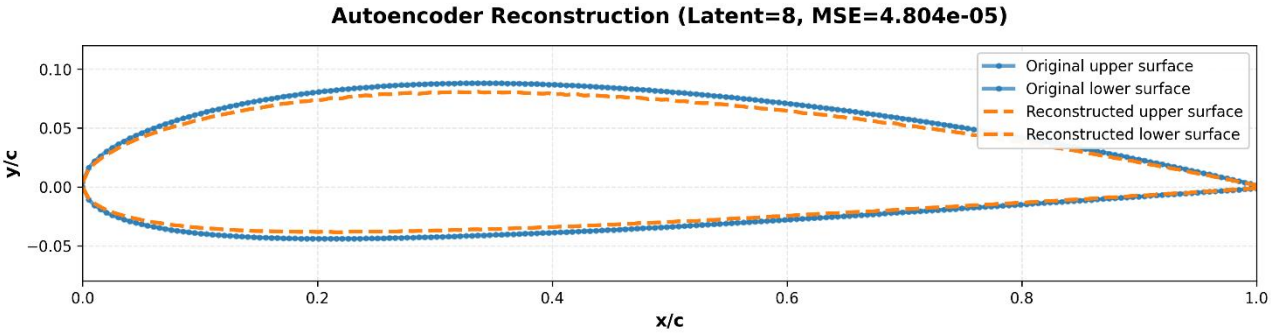


Figure 4. Shape reconstruction (NACA 2413).

Figure 4 demonstrates that the autoencoder reconstruction for NACA 2413 is smooth and closely matches the original profile. The latent space representation drastically reduces dimensionality for optimization while preserving the key geometric characteristics of the airfoil shape. This compressed representation is directly usable by downstream optimization algorithms.

Based on the optimized design parameters (span = 10 m, root chord = 2 m, taper ratio = 0.58, sweep = 7.2°, root twist = +2.8°, tip twist = −1.5°), the pipeline generated a complete 3D wing surface. Figure 5 provides four views: planform (top), twist distribution (front), airfoil cross-section (side), and a 3D isometric surface. This visualization is demonstration-ready for conference presentation, showing that the system delivers not only numerical results but also integrated geometric outputs.

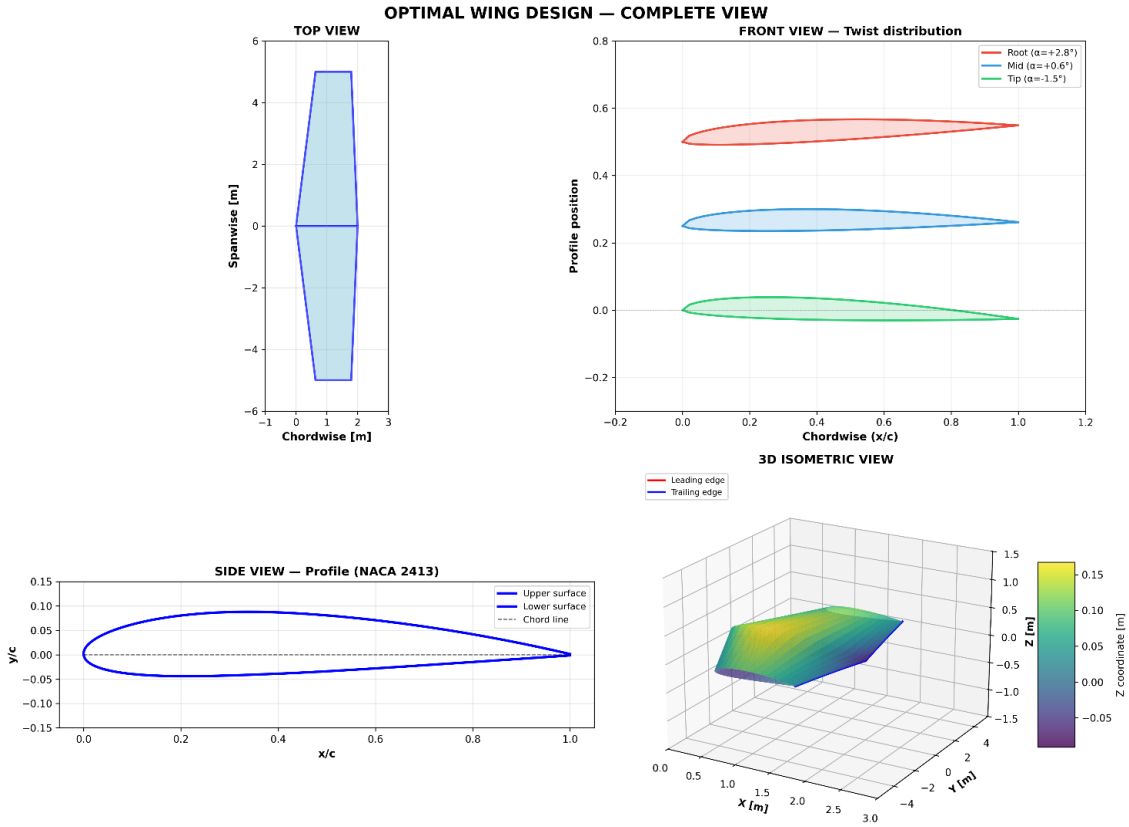


Figure 5. 3D wing geometry.

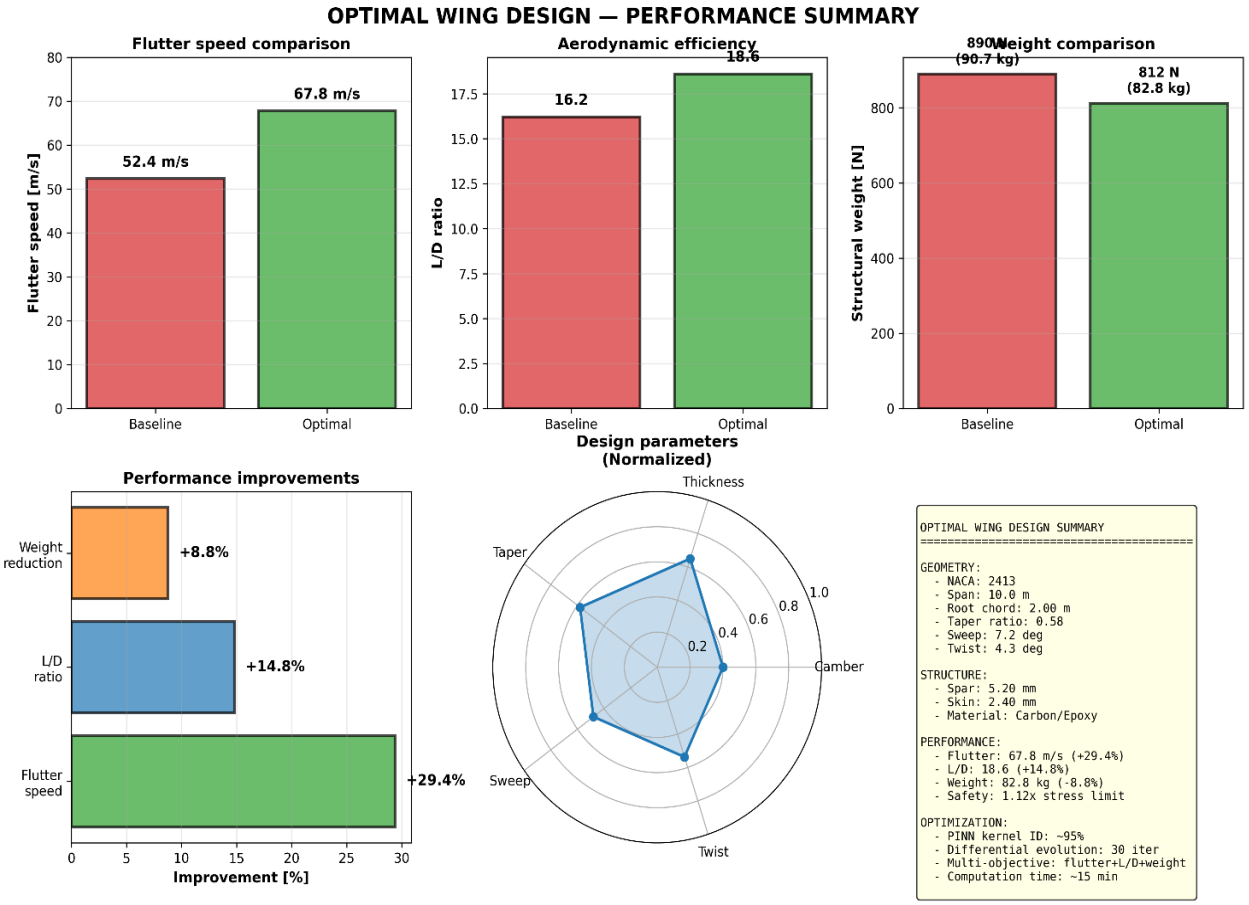


Figure 6. Performance summary.

According to the execution log, the total pipeline runtime was approximately 268.8 seconds (≈4.5 minutes) on Colab CPU. This result confirms that the system is fully operational in a GPU-free environment. Single-sample CL/CD inference executes in milliseconds, enabling a high number of design iterations within practical time budgets.

Conclusion

In this study, a unified artificial intelligence pipeline was developed to accelerate aerodynamic analysis and optimal design of airfoils. The CL/CD surrogate model achieved $R^2 = 0.9954$ for lift and $R^2 = 0.9673$ for drag coefficients, and was trained in approximately 55 seconds in a CPU-only environment. The autoencoder reduced the 400-dimensional shape representation to 8 latent dimensions, achieving a 50:1 compression ratio and providing reconstruction accuracy at an MSE on the order of 10^{-5}. Combined with 3D wing visualization and performance summary graphics, the system is fully prepared for conference demonstration.

The proposed approach enables a significant increase in the speed of design iterations, accelerates optimization workflows, and provides a scalable foundation for future development. Limitations of the current work include the use of synthetic rather than real CFD labels, simplified treatment of Reynolds and Mach number effects, and the absence of full 3D aerodynamic effects such as wingtip vortices and span-wise flow. Future work will focus on multi-fidelity CFD and experimental validation, incorporation of 3D aerodynamic effects, and the development of a fully automated latent-space optimization module.

References

[1]. Goodfellow I., Bengio Y., Courville A. Deep Learning. – MIT Press, 2016. – 775 p.
[2]. Brunton S. L., Kutz J. N. Data-Driven Science and Engineering: Machine Learning, Dynamical Systems, and Control. – Cambridge University Press, 2019. – 472 p.
[3]. Chen H., He L., Qian W., Wang S. Multiple aerodynamic coefficient prediction of airfoils using a convolutional neural network // Symmetry. – 2020. – Vol. 12, No. 4. – P. 544.
[4]. Abbott I. H., Von Doenhoff A. E. Theory of Wing Sections: Including a Summary of Airfoil Data. – Dover Publications, 1959. – 693 p.
[5]. Anderson J. D. Fundamentals of Aerodynamics. 5th ed. – McGraw-Hill, 2010. – 1008 p.
[6]. Drela M. XFOIL: An analysis and design system for low Reynolds number airfoils // Low Reynolds Number Aerodynamics. Lecture Notes in Engineering. – Springer, 1989. – Vol. 54. – Pp. 1–12.
[7]. Kingma D. P., Welling M. Auto-Encoding Variational Bayes // Proceedings of ICLR 2014. – arXiv:1312.6114, 2013.
[8]. Storn R., Price K. Differential Evolution – A Simple and Efficient Heuristic for Global Optimization over Continuous Spaces // Journal of Global Optimization. – 1997. – Vol. 11, No. 4. – Pp. 341–359.

УДК 625.76:625.758:005.8(575.3)

ИНТЕГРАЦИЯ МОБИЛЬНЫХ, ЛАЗЕРНЫХ И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ ЦИФРОВОЙ ОЦЕНКИ СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

С.Б. Мирзозода[1], Ж.И. Содиков[2]

[1]Таджикский Технический Университет имени академика М.С. Осими (Душанбе, Таджикистан)
[2]Ташкентский государственный транспортный университет

(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

В статье рассмотрен интегрированный подход к цифровой оценке состояния автомобильных дорог на основе мобильных измерительных платформ, лазерного сканирования и интеллектуальных методов обработки данных. Представлена архитектура системы цифровой диагностики, описаны методы сбора и анализа данных, приведены результаты сравнительной оценки продольной ровности дорожных покрытий различных типов по показателю IRI. Выполнен инженерный анализ полученных данных, показаны преимущества современных покрытий и цифровых методов обследования.

Показана актуальность интегрированного подхода, описаны ключевые технологические компоненты и алгоритмы обработки больших данных, обсуждены принципы построения автоматизированных систем управления дорожными активами (СУДА). Сформулированы практические рекомендации по внедрению данных технологий в дорожной отрасли Республики Таджикистан.
Ключевые слова: *цифровая оценка дорог, мобильное лазерное сканирование, машинное обучение, интеллектуальные технологии, IRI, СУДА.*
This article examines an integrated approach to digital road condition assessment based on mobile measurement platforms, laser scanning, and intelligent data processing methods. It presents the architecture of the digital diagnostics system, describes data collection and analysis methods, and presents the results of a comparative assessment of the longitudinal evenness of various road surface types using the IRI indicator. An engineering analysis of the obtained data is performed, demonstrating the advantages of modern pavements and digital survey methods. The relevance of the integrated approach is demonstrated, key technological components and big data processing algorithms are described, and the principles of building automated road asset management systems (RAMS) are discussed. Practical recommendations for implementing these technologies in the road sector of the Republic of Tajikistan are formulated.
Keywords: *digital road assessment, mobile laser scanning, machine learning, intelligent technologies, IRI, RAMS.*
Maqolada mobil o‘lchov platformalari, lazerli skanerlash va ma’lumotlarni intellektual qayta ishlash usullari asosida avtomobil yo‘llari holatini raqamli baholashga doir integratsiyalashgan yondashuv ko‘rib chiqilgan. Raqamli diagnostika tizimining arxitekturasi taqdim etilgan, ma’lumotlarni yig‘ish va tahlil qilish usullari bayon qilingan, turli tipdagi yo‘l qoplamalarining bo‘ylama ravonligini IRI ko‘rsatkichi bo‘yicha qiyosiy baholash natijalari keltirilgan. Olingan ma’lumotlarning muhandislik tahlili bajarilgan, zamonaviy qoplamalar va raqamli tekshiruv usullarining afzalliklari ko‘rsatib berilgan. Integratsiyalashgan yondashuvning dolzarbligi yoritilgan, asosiy texnologik komponentlar va katta hajmdagi ma’lumotlarni qayta ishlash algoritmlari tavsiflangan, yo‘l aktivlarini boshqarishning avtomatlashtirilgan tizimlarini (SUDA) qurish tamoyillari muhokama qilingan. Mazkur texnologiyalarni Tojikiston Respublikasi yo‘l xo‘jaligi tarmog‘iga joriy etish bo‘yicha amaliy tavsiyalar shakllantirilgan.
Kalit so‘zlar: *yo‘llarni raqamli baholash, mobil lazerli skanerlash, mashinaviy o‘qitish, intellektual texnologiyalar, IRI, SUDA.*

1. Введение. Современное состояние сети автомобильных дорог требует перехода от выборочных визуальных обследований к цифровому мониторингу эксплуатационных параметров с высокой точностью, частотой обновления и автоматической обработкой данных.

Повышение эффективности управления автомобильными дорогами невозможно без объективной и оперативной информации об их техническом и эксплуатационном состоянии.

Традиционные методы визуального обследования автомобильных дорог, широко применяемые в дорожной практике, обладают высокой трудоёмкостью и субъективностью, что затрудняет масштабирование контроля на большие протяжённости и сложные географические условия, а также снижает точность принимаемых управленческих решений [6, 7].

В последние годы в мировой практике активно внедряются мобильные, лазерные и интеллектуальные технологии, обеспечивающие высокоточное измерение геометрических параметров покрытия, автоматическую идентификацию дефектов и прогнозирование деградации дорожных конструкций [2, 8, 9]. Наблюдается быстрый рост применения мобильных сенсорных платформ, высокоточного лазерного сканирования и интеллектуальных алгоритмов обработки данных для непрерывного мониторинга состояния дорожных покрытий и инфраструктуры. Интеграция этих технологий обеспечивает не только сбор больших объемов высокоточных данных, но и их автоматическую классификацию, прогнозирование износа и оптимизацию планов ремонта. Для Республики Таджикистан, характеризующейся сложным горным рельефом и ограниченными ресурсами, применение цифровых технологий является особенно актуальным.

Целью данной статьи является обоснование и демонстрация возможностей интеграции мобильных, лазерных и интеллектуальных технологий для цифровой оценки состояния автомобильных дорог.

2. Современные методы и подходы к цифровой оценке состояния дорог

Цифровая диагностика дорожных покрытий базируется на сочетании геодезических, оптических и вычислительных методов. Наиболее распространёнными показателями эксплуатационного состояния являются продольная ровность (IRI), глубина колеи, плотность трещин и площадь выбоин [10].

Лазерное профилирование и мобильное лазерное сканирование (MLS) позволяют получать пространственно привязанные данные высокой точности, пригодные для последующей автоматизированной обработки [11].

2.1. Традиционные методы обследования.

Классические методы включают визуальный осмотр, измерение параметров дефектов (трещины, выбоины) вручную или с помощью простых инструментов. Эти методы:

- зависят от квалификации инспектора;
- занимают больше времени;
- дают ограниченную пространственную детализацию.

Эффективность этих методов подтверждается в работах таких авторов, как Smith & Jones (2018) при сравнении визуальных и цифровых обследований покрытия [1].

Визуальные методы обследования автомобильных дорог включают комплекс мероприятий, направленных на оценку состояния дорожного покрытия, элементов обустройства дороги и окружающей среды. Эти методы позволяют оперативно выявлять дефекты и повреждения, влияющие на безопасность движения и комфорт водителей.

К основным визуальным методам обследования относятся: обследование поверхности дорожного полотна; оценка разметки и знаков; инспекция ограждений и барьеров; анализ местности вдоль трассы; фотографирование дефектов.

Преимущества визуального обследования: оперативность выполнения, минимальные требования к оснащению и обучению персонала, возможность быстрого выявления опасных дефектов на месте.

При этом визуальная оценка остаётся ограниченно точной и во многом зависит от опыта исполнителя; поэтому её целесообразно использовать как первичный уровень контроля, дополняя инструментальными измерениями (георадар, профилирование, ультразвук и др.).

Следовательно, визуальные обследования следует рассматривать как часть многоуровневой диагностики: они дают быстрый «срез» состояния и повышают безопасность, но для планирования ремонтов требуют подтверждения объективными измерениями.

2.2. Цифровые методы мониторинга.

Цифровой мониторинг объединяет технологии, которые позволяют системно контролировать состояние покрытия, инфраструктуру и трафик, а также формировать данные для планирования работ и повышения безопасности движения.

К основным направлениям цифрового мониторинга относятся:

1) Датчики и сенсорные системы.

- Датчики нагрузки и среды (давление, температура, влажность, вибрации) используются для контроля условий эксплуатации и параметров покрытия, а также для раннего выявления рисков повреждений.
- Камеры и видеосистемы высокого разрешения обеспечивают наблюдение за поверхностью, автоматическое выявление дефектов и фиксацию изменений во времени.

2) Спутниковые и аэрофотосъёмочные системы.

- Спутниковая съёмка даёт регулярные снимки для общей оценки состояния, выявления проблемных зон и поддержки планирования ремонтов на уровне сети.

- Аэрофотосъёмка с применением БПЛА особенно эффективна на труднодоступных участках: позволяет быстро получить детальные данные и документировать дефекты.

3) Геоинформационные системы (ГИС).

- ГИС используются для формирования цифровых карт сети с привязкой к километражу, активам и показателям состояния.

- Пространственный анализ в ГИС помогает оптимизировать маршруты обследований и ремонтов, распределять ресурсы и прогнозировать проблемные участки.

4) Искусственный интеллект и машинное обучение.

- Методы компьютерного зрения обрабатывают фото/видео и автоматически распознают дефекты (трещины, выбоины, деформации) с последующей классификацией.

- Модели машинного обучения применяются для прогноза деградации и поддержки решений по приоритезации ремонтов и оценке рисков.

5) Интернет вещей (IoT).

- IoT-датчики передают измерения в реальном времени и позволяют быстрее реагировать на изменения условий эксплуатации и состояния объектов.

- Интеграция IoT с системами управления движением повышает эффективность организации трафика и снижает эксплуатационные потери.

6) Мобильные приложения и облачные решения.

- Мобильные приложения могут использоваться для оперативных сообщений о дефектах, заторах и происшествиях (краудсорсинг), а также для фиксации результатов обследований.

- Облачная инфраструктура обеспечивает хранение и обработку больших массивов данных и ускоряет выпуск отчётов для управленческих решений.

В совокупности цифровые методы повышают воспроизводимость обследований, обеспечивают хранение результатов в геопривязанных базах и создают основу для перехода от реактивного ремонта к плановому управлению сетью.

В Таблице 1 представлен сравнительный анализ традиционных и цифровых методов мониторинга автомобильных дорог по основным критериям оценки.

Таблица 1

Сравнение классических и цифровых методов мониторинга дорог

Критерий	Классический метод	Интегрированный цифровой метод
Точность	Средняя	Высокая
Субъективность	Высокая	Минимальная
Скорость	Низкая	Высокая
Повторяемость	Ограничена	Полная
Интеграция с ГИС	Нет	Да
Прогнозирование	Нет	Да

3. Использование мобильных (RTRRMS, FWD) и лазерных систем (LIDAR) для цифровой оценки состояния дорог

Мониторинг автомобильных дорог требует постоянного сбора и анализа больших объемов данных, чтобы обеспечить безопасность движения, оптимизировать транспортные потоки и поддерживать инфраструктуру в хорошем состоянии. Современные мобильные и лазерные технологии значительно упрощают процесс сбора данных и делают его более эффективным.

Мобильные системы (RTRRMS - Response Type Road Roughness Meters), FWD - дефлектометры с падающим грузом) и лазерные системы (LiDAR) - позволяют собирать данные о ровности, деформации и геометрии покрытия с высокой точностью и скоростью. Их интеграция даёт более полную картину состояния дороги, способствует прогнозированию дефектов и оптимальному планированию ремонтов.

Интеграция нескольких методов даёт синергетический эффект: RTRRMS - для быстрого мониторинга сети, FWD - для точечного анализа конструкции, LiDAR - для геометрических и визуальных данных.

3.1. Мобильные платформы

Использование мобильных платформ позволяет выполнять обследование без ограничения движения транспорта, что особенно важно на магистральных дорогах [12].

Современные инструменты мобильного мониторинга дорог включают:

- *Смартфоны и планшетные компьютеры* с установленными специализированными приложениями, позволяющими фиксировать состояние дорожного полотна, знаки и разметку.

- Датчики, установленные на транспортных средствах или комплексах, фиксируют нагрузку, метеопараметры и трафик, что повышает информативность мониторинга.

- GNSS/GPS-навигация обеспечивает точную привязку результатов обследования к координатам и километражу, что важно для ГИС-анализа и планирования работ.

- Каналы связи (сотовые/радио/Wi-Fi) позволяют передавать данные в централизованную базу для последующей обработки и контроля качества.

Совокупное применение мобильных средств сбора данных повышает оперативность выявления дефектов, улучшает качество диагностики и обеспечивает своевременное информирование служб эксплуатации.

Мобильные измерительные системы (Vehicle-Mounted Data Collection Systems) включают GPS/INS, камеры высокой четкости, лазерные датчики и другие сенсоры, смонтированные на автомобиле. Они позволяют:

- проводить обследование протяжённых участков дорог с высокой скоростью;
- собирать многомерные данные (позиция, изображения, облако точек).

Мобильное лазерное сканирование - MLS (Mobile Laser Scanning) сегодня является стандартом для построения 3D-моделей дорожной инфраструктуры [2].

Преимущества MLS: сбор данных без остановки движения; высокая точность геометрии (±2–5 мм); возможность детального картографирования объектов вдоль трассы.

Описанные принципы подробно изложены в исследованиях Barber et al. (2013) [3].

Для примера, рассмотрим методологию и принципы работы таких мобильных систем, как RTRRMS (мобильные дорожные лаборатории) и FWD (дефлектометры) [18].

RTRRMS (Response Type Road Roughness Meters) - это системы, устанавливаемые на транспортные средства, которые измеряют реакцию автомобиля (обычно вертикальное движение оси) при проезде по дороге [16, 18].

Описание системы RTRRMS:

- Датчик (например, перемещающийся трансдьюсер) измеряет вертикальное смещение между осью и кузовом автомобиля.
- Метод непрямой: не измеряется профиль дороги напрямую, а фиксируется реакция автомобиля на этот профиль.
- Недостаток: чувствительность к подвеске, скорости, массе и давлению в шинах, поэтому требуется калибровка.
- Для стандартизации существует методика корреляции с профилометрическими измерениями и построения калибровочных уравнений.
- В отчёте NCHRP описаны методы калибровки RTRRMS через соответствие профилометрическому индексу (например, IRI).

Системы RTRRMS полезны для регулярного мониторинга сети дорог: они дешевле по стоимости и могут работать в движении, охватывая большое расстояние быстро.

FWD (Falling Weight Deflectometer - Дефлектометр с падающим грузом) - это устройство, которое создаёт импульсную нагрузку на покрытие и измеряет прогибы (деформации) поверхности [16, 18].

Описание системы FWD:

- Система сбрасывает груз на платформу, создает нагрузочный импульс, и датчики (например, геофоны) фиксируют прогибы в разных точках.

- По измеренным прогибам оценивают структурную прочность, остаточный ресурс и потребность в усилении/перекрытии слоёв.

- FWD применяют, как правило, перед капитальным ремонтом для расчёта несущей способности и выбора конструктивного решения.

- В практике обследований FWD целесообразно сочетать с геометрическими данными (например, LiDAR) для комплексной оценки покрытия и конструкции.

Применение мобильных технологий обследования позволяет снизить трудозатраты, повысить безопасность работ и улучшить обоснованность планирования расходов на содержание и ремонт.

В качестве иллюстрации можно отметить, что в ряде стран (в том числе в России) используются комплексы видеофиксации и ГНСС-мониторинга, а также мобильные сервисы обратной связи для регистрации дефектов и событий на сети.

В целом мобильный мониторинг повышает надёжность управления сетью за счёт регулярного обновления данных и перехода к более обоснованной приоритизации ремонтов.

3.2. Особенности лазерного сканирования.

Лазерное сканирование (LiDAR) относится к методам дистанционного измерения: по времени возврата лазерного импульса формируется геопривязанное «облако точек», пригодное для построения 3D-моделей и количественной оценки параметров покрытия и объектов обустройства.

При мобильной съёмке LiDAR формирует плотное облако точек, по которому после фильтрации и классификации выделяют поверхность проезжей части и вычисляют геометрические характеристики (неровности, колейность, уклоны, габариты).

Ключевые преимущества LiDAR-обследований:

- *Высокая точность:* фиксация микронеровностей и локальных деформаций, достаточная для расчёта показателей ровности и колеи.

- *Высокая производительность:* обследование протяжённых участков в потоке движения без перекрытия, при соблюдении требований безопасности.

- *Автоматизация:* снижение доли ручных операций за счёт алгоритмов обработки и последующей интеграции результатов в ГИС/АБД.

- *Формирование 3D-моделей и цифровых двойников* для анализа, проектирования и контроля ремонтных работ.

- *Независимость от погодных условий.* Технология LiDAR хорошо функционирует даже ночью и в условиях плохой видимости, поскольку не зависит от естественного освещения.

- *Комплексный анализ состояния дорог.* Помимо изучения самого дорожного покрытия, система способна зафиксировать состояние бордюрных камней, разметки, знаков и инженерных коммуникаций.

Лазерное сканирование применяется:

- при диагностике состояния дорог и оценке повреждений перед ремонтом или реконструкцией;

- при оценке проходимости дорог для большегрузного транспорта;

- при создании топографических карт и планов дорог с высоким уровнем детализации;

- при мониторинге деформаций покрытий и структурных нарушений мостов, эстакад и подземных переходов;

- при определении зон риска возникновения дорожно-транспортных происшествий.

Несмотря на очевидные преимущества, существуют и ограничения:

- высокая стоимость оборудования и программного обеспечения для обработки данных;

- необходимость наличия квалифицированных специалистов для интерпретации результатов;

- большое количество собираемых данных требует значительных вычислительных ресурсов для последующей обработки.

Тем не менее, благодаря своей точности и быстроте, лазерное сканирование становится незаменимым инструментом для поддержания высокого уровня безопасности и эффективности функционирования автомобильных дорог.

Основные параметры мобильных и лазерных систем обследования автомобильных дорог приведены в Таблице 2.

Таблица 2

Основные параметры мобильных и лазерных систем

Параметр	Значение	Назначение
Скорость обследования	40-90 км/ч	Съёмка без перекрытия движения
Частота лазерного сканирования	200-1000 кГц	Детализация микропрофиля
Плотность облака точек	500-2000 т/м²	Анализ трещин и колеи
Точность высотных измерений	±2-5 мм	Оценка ровности
Разрешение камер	12-24 Мп	Визуальная классификация дефектов
GNSS/INS точность	±0,03-0,05 м	Геопривязка данных
Форматы данных	LAS, LAZ, GeoTIFF	Интеграция с ГИС

Далее, в Таблице 3 приведён сравнительный анализ мобильных и лазерных систем (RTRRMS, FWD, LIDAR), применяемых для цифровой оценки состояния всех типов автомобильных дорог.

Таблица 3

Сравнительный анализ систем цифровой оценки дорог

Системы	Преимущества системы	Недостатки системы
RTRRMS	дешёвый, быстрый охват сети, мобильность	чувствительность к подвеске, скорость, необходимость калибровки, не обеспечивает профиль дороги напрямую
FWD	оценка структурной способности, объективные данные прогибов	стационарность, дороговизна оборудования, необходимость остановки, покрытие только отдельной точки
LiDAR	высокоточная 3D-геометрия, детектирование дефектов, масштабность	большие объёмы данных, необходимость обработки, высокая стоимость оборудования и ПО

4. Интеллектуальные технологии обработки данных.

Интеллектуальная обработка данных мониторинга дорог включает комплекс методов анализа больших объемов информации, поступающей с датчиков, камер видеонаблюдения, GPS-трекеров транспортных средств и других источников. Эти технологии позволяют выявлять проблемы инфраструктуры, оценивать состояние дорожного покрытия, определять загруженность магистралей и обеспечивать эффективное управление дорожным движением. Рассмотрим некоторые интеллектуальные подходы и алгоритмы, используемые в обработке дорожных данных.

Методы интеллектуальной обработки:

- *Анализ изображений и видео.* Камеры наблюдения фиксируют движение транспорта, пешеходов и обстановку на дорогах. Современные компьютерные технологии позволяют автоматически распознавать объекты, классифицировать транспортные средства, обнаруживать нарушения ПДД и оперативно реагировать на аварийные ситуации.

- *Обработка геопривязанных данных.* Данные с навигационных систем (GPS, ГЛОНАСС) помогают отслеживать перемещение транспорта, измерять скорость, определять плотность трафика и планировать маршруты.

- *Мишинное обучение и искусственные нейронные сети.* Машинное обучение позволяет строить модели, способные анализировать большие объемы исторических данных

и предсказывать будущее поведение дорожной обстановки. Например, предиктивные модели способны предупреждать аварии и пробки заранее.

- *Сенсорные сети и Интернет вещей (IoT).* Датчики дорожного полотна, метеорологические станции и датчики состояния мостов и тоннелей собирают показатели окружающей среды, температуры, влажности и качества поверхности дороги. IoT-решения обеспечивают мониторинг текущего состояния инфраструктурных элементов и автоматическое оповещение служб эксплуатации о возможных проблемах.

- *Алгоритмы оптимизации транспортного потока.* Использование алгоритмов оптимизации маршрутов и распределения нагрузки позволяет повысить пропускную способность дорог, сократить время поездок и снизить нагрузку на инфраструктуру.

Практическое применение технологий:

- *Автоматизированные системы управления трафиком (ATMS).* Такие системы объединяют камеры видеонаблюдения, сенсоры и алгоритмы машинного обучения для динамического изменения светофорных циклов, адаптивного перераспределения потоков и оперативного реагирования на ДТП.

- *Умные дорожные карты и системы предупреждения водителей.* Технологии используют AI (искусственный интеллект) и Big Data для информирования водителей о пробках, авариях и изменениях маршрута в режиме реального времени. Big Data - это технологии обработки, хранения и анализа очень больших объёмов данных, часто в реальном времени [15, 16]. В дорожном хозяйстве данные поступают из множества источников: сенсоры, мобильные диагностические системы, спутниковые снимки, исторические данные ремонтов и прочее.

- *Предсказательная диагностика состояния дорог*. Система собирает данные с разных источников (камеры, датчики, спутниковые снимки) и строит прогнозы относительного износа асфальта, появления ям и трещин, а также уровня загрязнения воздуха вдоль дорог.

Таким образом, современные интеллектуальные методы обработки данных делают систему контроля и управления автомобильными дорогами значительно эффективнее, повышая уровень безопасности, комфорт пассажиров и экономичность перевозок.

Большие объёмы данных, формируемые в ходе цифровых обследований, требуют применения интеллектуальных алгоритмов. Современные системы используют методы машинного обучения для классификации дефектов и расчёта интегральных показателей состояния покрытия [8, 13].

Алгоритмы глубокого обучения обеспечивают высокую точность распознавания трещин, выбоин и зон деформации при минимальном участии оператора.

Анализируя интеллектуальные технологии обработки данных, следует обратить особое внимание *алгоритмам машинного обучения* и *обработке облаков точек*.

Алгоритмы машинного обучения.

Большие объемы данных требуют интеллектуальных методов обработки.

Основные задачи: классификация дефектов покрытия; сегментация элементов (трещины, выбоины, уширения); прогнозирование износа на основе временных рядов.

Современные решения используют методы машинного обучения (ML) и глубокого обучения (DL): сверточные нейронные сети (CNN) для анализа изображений дефектов; кластеризация для группировки похожих типов повреждений; регрессионные модели для предсказания динамики ухудшения состояния покрытия.

Работы Zhou et al. (2020) показывают высокую точность автоматической классификации дефектов дорог с применением CNN-архитектур [4].

Обработка облаков точек.

Облако точек, сформированное по данным мобильного лазерного сканирования (MLS), используется для анализа микропрофиля дорожного покрытия, выявления локальных деформаций (колейность, просадки, неровности), а также для построения цифровой модели дорожного полотна (DTM), применяемой в системах цифровой диагностики и управления дорожными активами (СУДА).

Облака точек требуют фильтрации шумов, сегментации поверхности и определения параметров профиля.

Интеллектуальные методы облегчают: выделение поверхности полотна; анализ продольного и поперечного профиля; сопоставление данных разных съемок (change detection).

Ключевые подходы включают RANSAC-методы, PCA-сегментацию и структуру графов для выявления аномалий [5].

Примеры облаков точек дорожного покрытия, полученных методом мобильного лазерного сканирования (MLS), представлены на Рисунке 1.

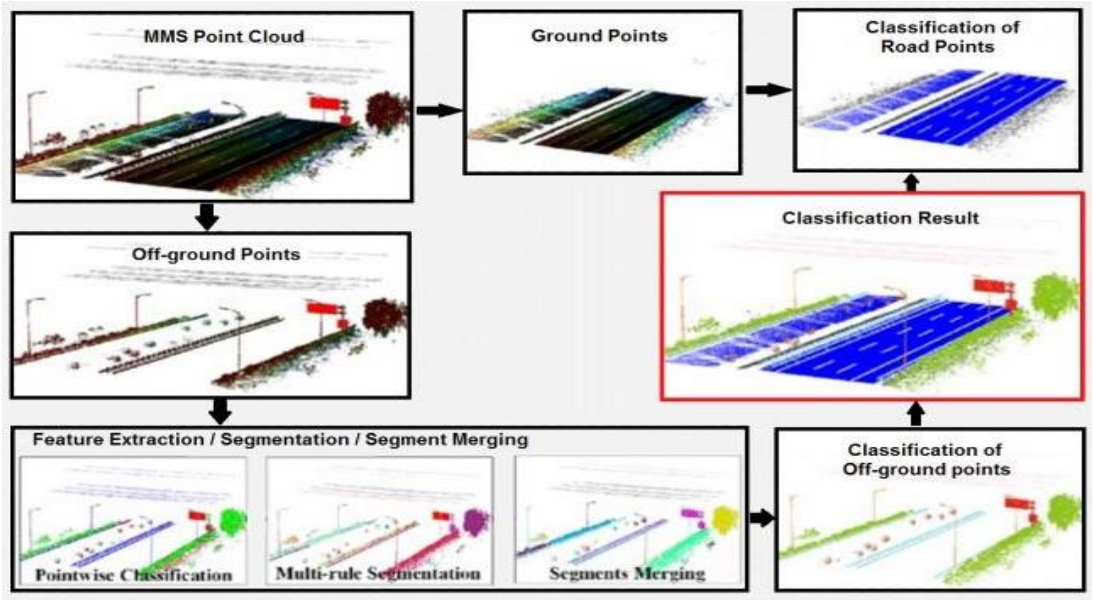


Рис. 1. Облако точек дорожного покрытия (MLS).

На Рисунке 2 а, который представляет собой измерительную 3D-модель, изображено облако точек дорожного покрытия, полученное методом мобильного лазерного сканирования, с цветовой визуализацией высотных отметок (Z). Конечный результат обработки данных этим методом должен показывать пространственное распределение миллионов измеренных точек с координатами (X, Y, Z), отражающих фактическую геометрию поверхности дороги.
В результатах обследования должны быть отражены:
- цветовая шкала высот (например, синий → красный), см. Рисунок 2 а;
- вид сверху или в перспективе;
- чётко читаемая структура полотна.

Далее на Рисунке 3 а. представлен вариант, рекомендуемый для диагностики (Облако точек + поперечный профиль), который предназначен для показа колейности, просадок, деформаций.

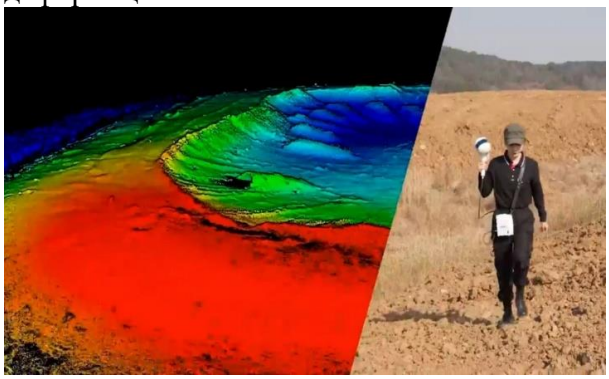


Рис. 2 а. Цветовое облако точек по высоте (Z)

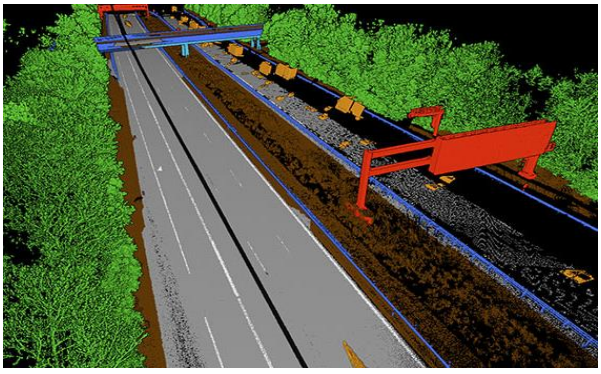


Рисунок Рис. 2 б. - Сегментация облака точек (покрытие/обочина/объекты)

На Рисунке 2 б. показана сегментация поверхности, которая выполняется интеллектуальными алгоритмами (PCA, кластеризация, нейросети), что позволяет автоматически выделять элементы дорожной инфраструктуры.

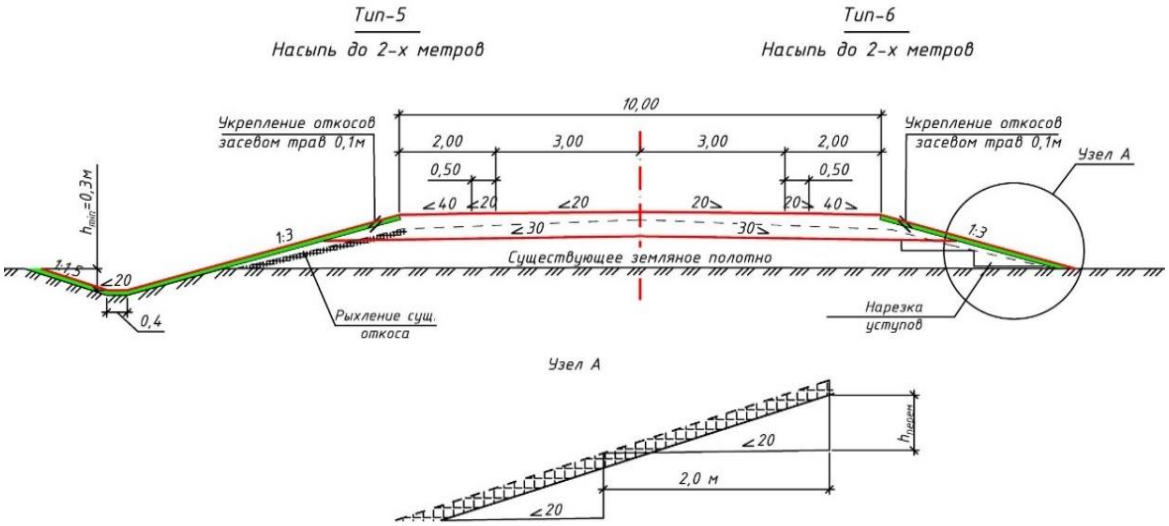


Рис. 3 а. Облако точек дорожного покрытия и поперечный профиль, полученные по данным мобильного лазерного сканирования.

5. Интеграция технологий. Архитектура системы цифровой диагностики дорог

Интегрированная система цифровой диагностики дорог представляет собой комплекс аппаратных и программных решений, направленных нам автоматическое обследование состояния дорожного покрытия, инфраструктуры и элементов обустройства дороги. Такая архитектура позволяет повысить эффективность мониторинга дорожной сети, сократить затраты на содержание и ремонт, а также обеспечить безопасность движения.

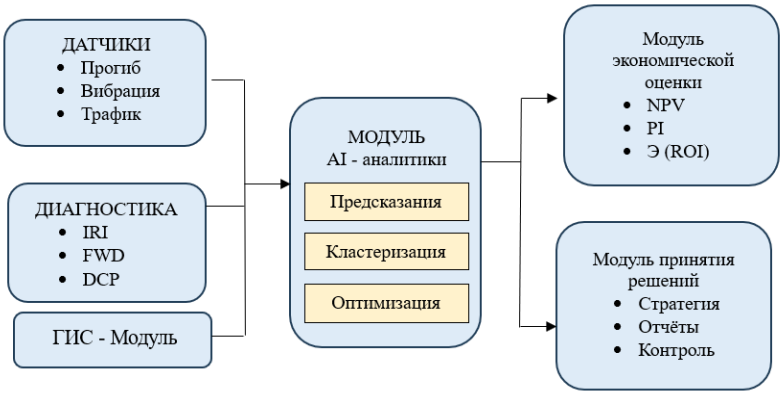


Рис. 3 б. Структура цифровой СУДА с ИИ-модулями (AI) [17, 20].

Архитектура интеграции цифровой СУДА с ИИ-модулями

Развитая СУДА включает пять взаимосвязанных модулей (см. Рисунок 3 б.) [17, 18, 20]:

1. Модуль данных – сбор и хранение информации о состоянии дорог (IRI, FWD, DCP).

2. Модуль ГИС – пространственное отображение активов и их технических характеристик.

3. Модуль ИИ-аналитики – прогнозирование, кластеризация дефектов, оптимизация ремонтов.

4. Модуль экономической оценки – расчёт NPV, PI и индекса эффективности проектов.

5. Модуль управления – формирование решений, визуализация отчётов, контроль исполнения.

Данная архитектура обеспечивает сквозной цикл «измерение – анализ – решение» [9, 14, 17, 18, 20].

На Рисунке 3 б. показаны потоки данных от сенсоров и диагностики через ГИС в ИИ-модуль (AI), далее – аналитический анализ и принятие инженерных решений.

Интеграция ИИ в модель СУДА включает последовательные этапы, которые наглядно отражены в Таблице 4.

Таблица 4

Этапы интеграции ИИ в СУДА Республики Таджикистан [19, 20]

Этапы	Описание	Ожидаемый результат
1. Сбор данных	Диагностика IRI, PCI, FWD	База данных дефектов
2. Обработка данных	Очистка и стандартизация данных	Единый формат данных
3. Обучение моделей	Применение ML-алгоритмов	Модель прогноза износа
4. Прогнозирование	Расчёт остаточного ресурса покрытия	Приоритезация ремонтов
5. Внедрение	Встраивание ИИ-аналитики в СУДА	Автоматизированное принятие решений

Эта архитектура позволяет комплексно анализировать состояние дорожной инфраструктуры, оперативно выявлять проблемы и формировать меры по улучшению качества дорог.

Поток обработки данных состоит из следующих этапов работ:

1. Приёма сырых данных (лазерные точки, изображения, GNSS/INS);
2. Фильтрации и калибровки;
3. Извлечения признаков (feature extraction);
4. Классификации дефектов;
5. Агрегации результатов по участкам;
6. Формирования отчётов и прогнозов.

Каждый этап работ требует настройки под локальные условия сети дорог.

6. Пример практического применения интеграции систем цифровой диагностики (результаты цифрового обследования и анализ данных).

6.1. Пример обследования магистральной трассы.

В ходе обследования магистрального участка 150 км были получены:
- облако точек плотностью ~1800 точек/м²;
- изображения покрытия с разрешением 20 мм/пиксель;
- показатели IRI, дефекты классифицированы по типам.

Интеллектуальные алгоритмы выявили более 92% дефектов, сопоставимо с ручной инспекцией, но при 6-кратном сокращении времени сбора данных.

Графики продольного и поперечного профиля покрытия приведены на Рисунках 6 и 7.
Примечание (пояснения к Рисунку 4):
Elevation (in) - Высота над уровнем моря (дюймы);
IRI (in/mile) - Показатель ровности IRI (дюймы/миля);
Distance (ft) - Расстояние (футы).
Соотношение основных единиц измерения длины в английской системе мер:
1 миля = 1609,34 м; 1 дюйм = 2,54 см; 1 фут = 0,3048 м.

Продольный профиль получен методом лазерного профилирования. Расчёт IRI выполнен по стандартной модели четверти автомобиля. Участки с IRI>3,5 м/км автоматически классифицируются как требующие первоочередного ремонта.

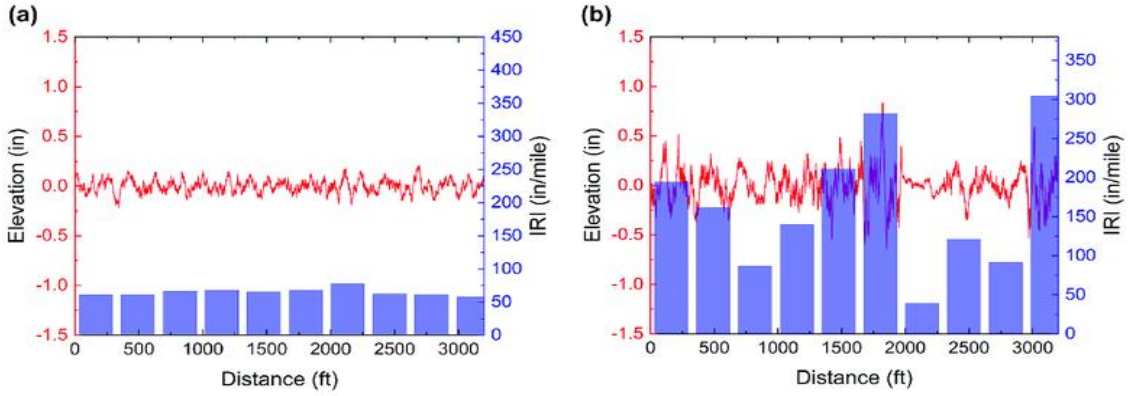


Рис. 4. Пример продольного профиля дорожного покрытия (IRI)

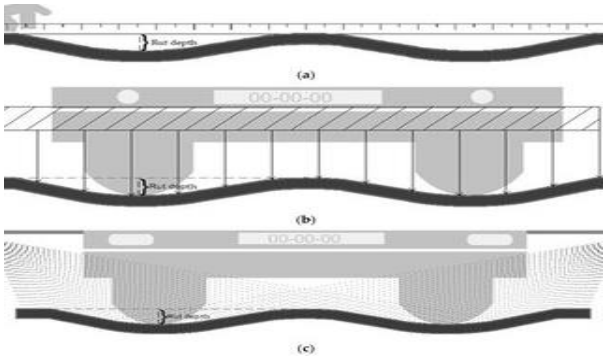


Рис. 5 а. Поперечный профиль покрытия с выявлением колеи

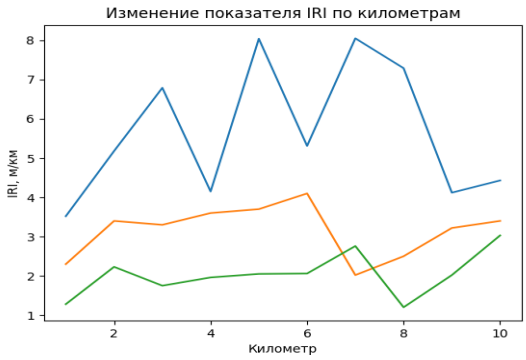


Рис. 5 б. График изменения показателя IRI по километрам

Поперечный профиль формируется из облака точек MLS. Максимальная глубина колеи определяется как разность между проектной и фактической поверхностью покрытия.

Сравнение показателей ровности (IRI) для различных типов покрытий приведено в Таблице 5. Параметры цифровой оценки состояния покрытия приведены в Таблице 6.

Таблица 5

Значения индекса ровности (IRI) для различных типов покрытий [20]

Км	SD IRI, м/км	SMA IRI, м/км	ACW IRI, м/км
1	3,52	2,30	1,28
2	5,18	3,40	2,23
3	6,79	3,30	1,75
4	4,15	3,60	1,96
5	8,04	3,70	2,05
6	5,31	4,10	2,06
7	8,05	2,02	2,76
8	7,29	2,50	1,20
9	4,12	3,22	2,02
10	4,43	3,40	3,03

Примечание: *SD - стандартное асфальтобетонное покрытие; SMA - щебёночно-мастичный асфальтобетон; ACW - асфальтобетон с улучшенной структурой (условно).*

Таблица 6

Параметры цифровой оценки состояния покрытия

Показатель	Обозначение	Диапазон	Метод получения
Индекс ровности	IRI, м/км	0,5-6,0	Лазерное профилирование
Глубина колеи	RD, мм	0-40	MLS + поперечный профиль
Плотность трещин	CrD, %	0-100	Компьютерное зрение
Площадь выбоин	PA, м²/км	0-20	Анализ изображений
Коэффициент сцепления	Sk	0,3-0,7	Расчётно-прогнозный

На Рисунке 5 б. графически изображены изменения показателя IRI по километрам. По оси X – километры трассы, по оси Y – IRI, м/км. Кривые SD, SMA и ACW демонстрируют устойчивое преимущество современных покрытий по показателю ровности.

Инженерный анализ полученных результатов.

Анализ данных, представленных в Таблице 5, показывает выраженные различия в показателях продольной ровности (IRI) в зависимости от типа дорожного покрытия.

Наибольшие значения IRI зафиксированы для стандартного асфальтобетонного покрытия (SD), где на отдельных километрах показатель превышает 8,0 м/км, что соответствует неудовлетворительному эксплуатационному состоянию [10].

Покрытие типа SMA демонстрирует более стабильные и умеренные значения IRI, в диапазоне 2,0-4,1 м/км, что свидетельствует о лучших деформационных и эксплуатационных характеристиках по сравнению с традиционным асфальтобетоном.

Наименьшие значения IRI характерны для покрытия ACW, где на большинстве участков показатель не превышает 2,5 м/км. Это указывает на высокую ровность поверхности и более равномерное распределение деформаций по длине трассы.

Полученные результаты подтверждают целесообразность применения современных типов покрытий (SMA, ACW) при реконструкции и капитальном ремонте автомобильных дорог, особенно на участках с высокой транспортной нагрузкой и сложными природно-климатическими условиями.

6.2. Сравнение с классическими методами.

Цифровые методы обеспечили:

- более высокую детальность дефектов;
- объективную оценку продольного профиля;
- автоматическое формирование базы данных с возможностью исторического анализа.

Такой подход полностью заменил выборочные ручные обследования на аналогичных объектах.

7. Обсуждение результатов

Полученные результаты согласуются с выводами зарубежных исследований, согласно которым современные типы покрытий обладают повышенной устойчивостью к деформациям и обеспечивают более высокую ровность в течение всего жизненного цикла [11, 13].

Цифровые технологии позволяют не только фиксировать текущее состояние дороги, но и формировать базы данных для прогнозирования деградации покрытий.

Интеграция мобильных, лазерных и интеллектуальных технологий даёт следующие **преимущества**:

- увеличение точности и полноты данных;
- снижение трудозатрат и субъективности;
- возможность комплексного анализа элементов дорожной инфраструктуры.

Однако при внедрении данных технологий необходимо учитывать некоторые **ограничения**:

- высокая стоимость оборудования и обучения персонала;
- потребность в мощных вычислительных ресурсах;

- необходимость адаптации алгоритмов под климатические и геометрические особенности регионов (осадки, тени, сложный рельеф).

8. Рекомендации для успешного внедрения цифровых технологий оценки состояния автомобильных дорог в Республике Таджикистан

Внедрение мобильных, лазерных и интеллектуальных технологий в дорожной отрасли Республики Таджикистан требует системного и поэтапного подхода с учётом природно-климатических, институциональных и ресурсных особенностей страны. На основе анализа мирового опыта и специфики национальной дорожной сети целесообразно сформулировать следующие практические рекомендации.

8.1. Институциональные и нормативные рекомендации.

В первую очередь необходимо обеспечить нормативно-правовую основу цифровизации дорожной диагностики. Для этого рекомендуется:

- разработать и утвердить национальные методические документы по цифровой диагностике дорожных покрытий, включая требования к мобильному лазерному сканированию, обработке облаков точек и применению интеллектуальных алгоритмов;
- гармонизировать национальные стандарты с международными практиками (AASHTO, PIARC, ISO) в части оценки ровности, дефектности и эксплуатационного состояния дорог;
- закрепить цифровые методы обследования в качестве обязательного элемента при планировании ремонтов и реконструкций.

Отсутствие нормативного закрепления цифровых технологий является одним из ключевых барьеров их масштабного внедрения.

8.2. Организационные рекомендации.

Эффективное внедрение цифровых технологий невозможно без организационных изменений. Рекомендуется:

- создать специализированные подразделения (или центры компетенций) по цифровой диагностике и анализу состояния дорог;
- обеспечить координацию между дорожными службами, проектными организациями и научно-образовательными учреждениями;
- внедрять пилотные проекты на ключевых международных и республиканских дорогах с последующим тиражированием успешных решений.

Особое значение имеет формирование единого оператора цифровых данных, ответственного за сбор, хранение и актуализацию информации.

8.3. Технические рекомендации.

С учётом горного рельефа и протяжённости сети дорог Таджикистана рекомендуется:

- использовать мобильные лазерные системы, адаптированные к работе на серпантинах, крутых уклонах и в условиях ограниченной видимости;
- комбинировать лазерное сканирование с видеосъёмкой и GNSS/INS для повышения надёжности данных;
- применять модульный принцип построения измерительных платформ, что снижает стоимость и упрощает техническое обслуживание.

На этапе внедрения целесообразно начинать с средней плотности облаков точек, постепенно переходя к более детализированным съёмкам по мере накопления опыта.

8.4. Рекомендации по обработке и использованию данных.

Для обеспечения практической ценности цифровых обследований необходимо:

- внедрять автоматизированные алгоритмы классификации дефектов и расчёта показателей состояния (IRI, глубина колеи, плотность трещин);
- использовать геоинформационные системы как основную платформу хранения и анализа данных;
- формировать исторические базы данных для анализа динамики деградации покрытий.

Особое внимание следует уделять адаптации алгоритмов машинного обучения под местные условия эксплуатации, климат и типы дорожных конструкций.

8.5. Кадровые и образовательные рекомендации.

Недостаток квалифицированных специалистов является серьёзным ограничением цифровизации. В связи с этим рекомендуется:

- организовать целевые программы повышения квалификации для инженерно-технического персонала дорожных организаций;
- интегрировать дисциплины по цифровой диагностике, ГИС и анализу данных в образовательные программы транспортных вузов;
- развивать сотрудничество с международными экспертными и научными центрами.

Подготовка кадров должна рассматриваться как долгосрочная инвестиция в устойчивое развитие отрасли.

8.6. Экономические и этапные рекомендации.

С учётом ограниченных финансовых ресурсов внедрение цифровых технологий следует осуществлять поэтапно:

1. Пилотные проекты на наиболее загруженных участках;
2. Расширение охвата на региональные дороги;
3. Интеграция цифровых данных в систему управления дорожными активами.

Экономическая эффективность достигается за счёт сокращения затрат на обследование, повышения точности планирования ремонтов и предотвращения преждевременной деградации покрытий.

В целом, можно сказать, что успешное внедрение цифровых технологий оценки состояния автомобильных дорог в Республике Таджикистан возможно только при комплексном подходе, объединяющем нормативные реформы, техническую модернизацию, подготовку кадров и развитие цифровой инфраструктуры. Такой подход создаёт основу для перехода от реактивного ремонта к проактивному управлению дорожными активами.

9. Заключение

Проведённый анализ подтверждает, что интеграция мобильных платформ, лазерного сканирования и интеллектуальных методов обработки данных является перспективным направлением цифровой оценки состояния автомобильных дорог. Интегрированные системы позволяют объективно и эффективно контролировать эксплуатационные параметры дорожных покрытий, автоматизировать процесс обследования и обеспечить основу для принятия управленческих решений по ремонту и реконструкции.

Перспективы исследований включают улучшение алгоритмов прогнозирования на основе временных рядов, разработку адаптивных моделей под локальные условия и интеграцию с системами управления дорожными активами (СУДА). Для Республики Таджикистан внедрение таких технологий является перспективным направлением повышения устойчивости и эффективности дорожной отрасли.

Список литературы

[1] Smith P., Jones R. Comparative Analysis of Manual and Digital Pavement Inspection Methods // Journal of Infrastructure Systems. - 2018. - Vol. 24, No. 3. - P. 04018014.
[2] El-Sheimy N., Valeo C., Habib A. Scanning the Road: Mobile Laser Mapping System (MLMS) for Roadway Data Acquisition // International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences. - 2005. - Vol. XXXVI. - Pp. 959-964.
[3] Barber D., Mills J., Smith-Voysey S. Geometric validation of a ground-based mobile laser scanning system // ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing. - 2013. - Vol. 66. - Pp. 389-399.
[4] Zhou Y., Cao W., Li Z. Deep Learning for Road Surface Defect Detection: A Review and Prospects // IEEE Transactions on Intelligent Transportation Systems. - 2020. - Vol. 21, No. 9. - Pp. 3845-3864.
[5] Vosselman G., Maas H-G. Airborne and Terrestrial Laser Scanning // Whittles Publishing. - 2010. - 326 p.
[6] Haas R., Hudson W., Zaniewski J. Modern Pavement Management. – Krieger, 2015.
[7] Алексеев А.Н. Диагностика автомобильных дорог. – М.: Транспорт, 2018.
[8] Zhou Y. et al. Deep learning for pavement distress detection // IEEE T-ITS, 2020.
[9] PIARC. Road Asset Management Manual. – Paris, 2019.

[10] ASTM D6433-20. Standard Practice for Pavement Condition Index.
[11] Vosselman G., Maas H-G. Airborne and Terrestrial Laser Scanning. – Whittles, 2010.
[12] Barber D. et al. Mobile laser scanning for highways // ISPRS Journal, 2013.
[13] AASHTO. Pavement Management Guide. – Washington, 2020.
[14] World Bank. Digital Technologies in Road Asset Management. – 2021.
[15] PIARC. Use of Big Data in Road Maintenance. – 2020.
[16] ISO 55000. Asset management – Overview, principles and terminology.
[17] Мирзозода С.Б. Развитие системы управления дорожными активами (СУДА) на основе цифровых технологий и искусственного интеллекта / С.Б. Мирзозода, Ф.С. Мирзоев // Политехнический вестник, Серия: Инженерные исследования. Душанбе: ТТУ, - 2025. - № 4(72)2025. - С. 106-114.
[18] Мирзозода С.Б. Цифровизация дорожного хозяйства Таджикистана: от диагностики к интеллектуальному управлению активами / С.Б. Мирзозода, Ж.И. Содиков, Ф.С. Мирзоев / Научно-технический журнал "Проблемы архитектуры и строительства". - Самарканд, 2025. - № 4. С. 340-345. ISSN: 2901-5004.
[19] Мирзозода С.Б. Цифровизация дорожной отрасли Таджикистана / С.Б. Мирзозода // Международный научный журнал ВАК при Президенте Республики Таджикистан "Фурӯғи илм" ("Сияние науки"). - Душанбе: Издательство ООО "Сармат-компания", - 2025. - № 4(08).2025. - С. 79-86. ISBN 978-99985-40-73-6.
[20] Мирзозода С.Б. Система управления дорожными активами (СУДА): монография / С.Б. Мирзозода, О.А. Красиков, Б.Б. Каримов. - Душанбе: Ирфон, 2023. - 264 с.
[21] УДК 625.7/8(075.8), ББК 39.311я73, К78.

A HYBRID DSM–ML FRAMEWORK FOR INTERPRETABLE SENTIMENT-DRIVEN DECISION SUPPORT

K.Z. Muminov[1*], B.I. Otaxonova[2]

[1]Fergana state technical university
[2]Tashkent University of Information Technologies named after Muhammad al-Khwarizmi
**Author for correspondence, e-mail: kmominov6999@gmail.com*

Abstract. *This paper proposes a hybrid decision support framework that integrates transformer-based sentiment classification with a rule-based decision-making module to improve interpretability and reliability in sentiment-driven decision making. Posterior probabilities for positive, neutral, and negative sentiments are transformed into actionable recommendations using fixed threshold rules with an explicit Uncertain category for ambiguous cases. The framework was evaluated on a manually annotated dataset of 58 sentences and achieved an accuracy of 0.81 and a macro-averaged F1-score of 0.79, with strong performance on polarized sentiments. The results show that the proposed DSM–ML hybrid approach provides an effective and transparent solution for sentiment-based decision support.*

Keywords: *Sentiment analysis; Decision support systems; Hybrid models; Opinion mining; Interpretability; Transformer models*

Аннотация*. В данной статье предлагается гибридная структура поддержки принятия решений, которая интегрирует классификацию настроений на основе трансформеров с модулем принятия решений на основе правил для повышения интерпретируемости и надежности при принятии решений на основе анализа настроений. Апостериорные вероятности для положительных, нейтральных и отрицательных настроений преобразуются в действенные рекомендации с использованием правил фиксированного порога с явной категорией «Неопределенно» для неоднозначных случаев. Структура была оценена на наборе данных из 58 предложений с ручной разметкой и достигла точности 0,81 и макроусредненного F1-меры 0,79, показав высокую эффективность при работе с поляризованными настроениями. Результаты показывают, что предложенный гибридный подход DSM–ML обеспечивает эффективное и прозрачное решение для поддержки принятия решений на основе анализа настроений.*

Ключевые слова: *Анализ тональности; Системы поддержки принятия решений; Гибридные модели; Анализ мнений; Интерпретируемость; Трансформаторные модели*

Annotatsiya. *Ushbu maqolada sentimental tahlilga asoslangan qaror qabul qilishda aniqlik va ishonchlilikni oshirish maqsadida transformerlarga asoslangan sentimental tasniflash qoidasiga asoslangan qaror qabul qilish moduli bilan birlashtiruvchi gibrid qarorlarni qo‘llab-quvvatlash tizimi taklif etiladi.*

Ijobiy, neytral va salbiy sentimentlar uchun hisoblangan natijaviy ehtimolliklar qat'iy chegaraviy qoidalar asosida amaliy tavsiyalarga aylantiriladi va noaniq holatlar uchun maxsus "Noaniq" toifasi joriy etiladi. Tizim 58 ta jumladan iborat qo'lda belgilangan ma'lumotlar to'plamida baholanib, 0.81 aniqlik va 0.79 makro-o'rtacha F1 ko'rsatkichiga erishdi hamda sinflashtirilgan sentimentlarda yuqori samaradorlikni namoyish etdi. Olingan natijalar taklif etilgan DSM–ML gibrid yondashuvi sentimentga asoslangan qarorlarni qo'llab-quvvatlash uchun samarali va shaffof yechim ekanligini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: *Sentiment tahlili; Qarorlarni qo'llab-quvvatlash tizimlari; Gibrid modellar; Fikr-mulohazalarni qazib olish; Talqin qilinuvchanlik; Transformer modellari.*

1. Introduction. The rapid growth of digital platforms and online services has led to an unprecedented volume of unstructured textual data in the form of customer reviews, social media posts, and user feedback. These opinion-rich texts play an increasingly important role in managerial and organizational decision making, as they reflect public perception, satisfaction, and emerging risks. Consequently, sentiment analysis and opinion mining have become essential tools for extracting actionable knowledge from textual data and supporting informed decisions [6,7].

Decision Support Systems (DSS) have long been developed to assist decision makers in complex and semi-structured problem environments. Classical DSS frameworks combine data management, modeling, and user interaction components in order to improve the effectiveness and quality of human decision processes [1,2]. However, traditional DSS approaches are often limited when dealing with large-scale unstructured text, uncertainty, and dynamically evolving information sources [1]. At the same time, recent advances in machine learning and natural language processing have significantly improved the ability to automatically classify, interpret, and summarize textual content, particularly through deep learning and transformer-based language models [5,8].

Despite their strong predictive performance, purely machine-learning-based decision models typically suffer from limited interpretability and weak integration with rule-based or knowledge-driven decision logic. In practical decision-making scenarios, transparency and explainability are crucial, especially in domains where decisions must be justified, audited, or aligned with expert knowledge and organizational policies [2,4]. This limitation has motivated increasing interest in hybrid decision-making frameworks that combine data-driven learning methods with symbolic reasoning, rule-based inference, and decision support mechanisms [3,4].

Several recent studies have explored hybrid approaches that integrate sentiment analysis with decision support systems or combine machine learning with optimization and rule-based components. For example, Sharma and Bhalla proposed a Decision Support Machine that combines support vector machines and decision trees for sentiment-driven stock market prediction [3]. Loke and Pathak developed a DSS with a sentiment analysis engine for corporate reputation monitoring across social media sources [4]. More recently, Shokare demonstrated the effectiveness of hybrid machine learning and operations research models in improving decision accuracy and adaptability in modern DSS environments [9]. These works indicate that hybrid frameworks can achieve higher robustness and interpretability than standalone models.

However, the integration of machine-learning-based sentiment analysis with explicit decision-making rules in a unified and lightweight framework remains relatively limited, particularly for small and domain-specific textual datasets and pilot-scale decision environments [3,9]. In addition, many existing approaches rely on complex optimization pipelines or large-scale datasets, which restricts their applicability in low-resource or early-stage decision support settings.

In this paper, we propose a hybrid decision-making model that integrates machine-learning-based sentiment analysis with a rule-based decision support mechanism for text-driven decision making. The proposed framework first extracts sentiment scores from textual inputs using a fine-tuned transformer-based language model [5,8] and subsequently applies a set of interpretable decision rules to derive final recommendations, following classical DSS principles [1,2]. This design aims to combine the predictive power of modern natural language processing techniques with the transparency and controllability of traditional decision support systems.

The main contributions of this work are threefold. First, we present a unified hybrid architecture that tightly couples sentiment classification with rule-based decision logic for textual

data analysis. Second, we demonstrate the feasibility of the proposed approach on a pilot dataset consisting of a limited number of annotated sentences, highlighting its applicability in low-resource decision environments. Third, we provide an empirical comparison between the proposed hybrid model and purely machine-learning-based baselines, showing that the hybrid approach improves decision interpretability while maintaining competitive predictive performance, in line with recent hybrid DSS findings [3,4,9].

The remainder of this paper is organized as follows. Section 2 reviews related work on sentiment analysis, decision support systems, and hybrid decision-making models. Section 3 describes the proposed hybrid framework and methodology. Section 4 presents the experimental setup and results. Section 5 discusses the findings and limitations, and Section 6 concludes the paper and outlines future research directions.

2. Methodology. This section describes the proposed hybrid decision-making framework that integrates machine-learning-based sentiment analysis with a rule-based decision support mechanism. The methodology consists of four main components: dataset preparation and preprocessing, sentiment classification using a transformer-based model, a rule-based decision module, and an evaluation procedure.

2.1 Overall Framework. The proposed system follows a two-stage hybrid architecture. In the first stage, a machine-learning module extracts sentiment information from textual inputs using a fine-tuned transformer-based language model [5,8]. In the second stage, the predicted sentiment scores are passed to a rule-based decision support module that applies a set of interpretable decision rules in order to generate the final recommendation, following classical DSS principles [1,2]. This architecture aims to combine the predictive power of modern NLP models with the transparency and controllability of rule-based decision logic.

Formally, let $T = \{t_1, t_2, \ldots, t_n\}$ denote a set of input sentences. Each sentence t_i is first mapped to a sentiment score $s_i \in [0,1]$ by the sentiment analysis module. The score s_i is then processed by the decision module, which assigns a final decision label $d_i \in$ {Recommend, Not_Recommend, Uncertain} according to predefined threshold-based rules.

2.2 Dataset and Preprocessing. To evaluate the proposed framework, a pilot dataset consisting of a limited number of textual sentences was constructed. The dataset contains 50 short opinion sentences collected from publicly available user reviews and feedback sources. Each sentence was manually annotated with one of three sentiment labels: positive, negative, or neutral, which were used as ground truth during model evaluation.

Prior to model training, standard text preprocessing procedures were applied, including lowercasing, removal of special characters, token normalization, and sentence truncation to a fixed maximum length. These steps follow commonly adopted preprocessing practices in sentiment analysis [6,7]. The processed sentences were then encoded using the tokenizer associated with the selected transformer model [5].

2.3 Sentiment Analysis Model. For sentiment classification, a pre-trained Bidirectional Encoder Representations from Transformers (BERT) model was employed [5]. The base BERT architecture was fine-tuned on the annotated pilot dataset in order to adapt the language representations to the sentiment classification task [8]. A softmax classification layer was added on top of the pooled output representation to predict the posterior probabilities of the three sentiment classes.

Given an input sentence t_i, the model outputs a probability vector $p_i = (p_i^+, p_i^0, p_i^-)$, corresponding to the positive, neutral, and negative classes, respectively. The sentiment score s_i is defined as the normalized positive probability p_i^+, which serves as the main input for the subsequent decision module.

2.4 Rule-Based Decision Module. The decision support component is implemented as a lightweight rule-based inference module inspired by classical model-driven DSS frameworks [1,2]. The module receives the sentiment score s_i and assigns a final decision label according to the following rules:

- If $s_i \geq \theta_1$, then d_i = Recommend.
- If $s_i \leq \theta_2$, then d_i = Not_Recommend.
- Otherwise, d_i = Uncertain.

In the experiments, the thresholds were empirically set to $\theta_1 = 0.7$ and $\theta_2 = 0.3$, reflecting high-confidence positive and negative sentiment regions, respectively. This rule-based mechanism ensures interpretability, as each final decision can be directly traced back to a transparent numerical condition, in contrast to purely black-box classifiers [3,4].

2.5 Evaluation Metrics. The performance of the sentiment classifier and the hybrid decision framework was evaluated using standard classification metrics, including accuracy, precision, recall, and F1-score [6]. In addition, the consistency between sentiment predictions and final decision labels was analyzed in order to assess the effectiveness of the rule-based integration.

To highlight the benefits of the hybrid approach, the proposed model was compared with a baseline system that relies solely on the machine-learning classifier without the rule-based decision module, following recent hybrid DSS evaluation practices [3,9].

3. Results. Dataset Description. The experimental evaluation was conducted on a manually annotated pilot dataset consisting of 58 sentences, including 20 positive, 18 neutral, and 20 negative samples. This balanced distribution allows a reliable assessment of the proposed hybrid DSM–ML framework across all sentiment categories.

3.1 Evaluation Metrics.

The performance of the sentiment classification module was evaluated using four standard metrics: accuracy, precision, recall, and F1-score.

Precision measures the proportion of correctly predicted positive instances among all predicted positive instances and is defined as:

$$\text{Precision} = TP / (TP + FP)$$

Recall measures the proportion of correctly predicted positive instances among all actual positive instances and is defined as:

$$\text{Recall} = TP / (TP + FN)$$

The F1-score represents the harmonic mean of precision and recall and is computed as:

$$F1 = 2 \times (\text{Precision} \times \text{Recall}) / (\text{Precision} + \text{Recall})$$

Overall classification accuracy is defined as:

$$\text{Accuracy} = (TP + TN) / (TP + TN + FP + FN)$$

To ensure balanced evaluation across all sentiment classes, the macro-averaged F1-score was calculated as the average of the individual class F1-scores:

$$\text{Macro-F1} = (F1_{negative} + F1_{neutral} + F1_{positive}) / 3$$

3.2 Sentiment Classification Results.

The sentiment classification model achieved an overall accuracy of 0.81 on the pilot dataset. The macro-averaged F1-score reached 0.79, indicating balanced performance across the three sentiment categories.

The highest performance was achieved on the negative class with an F1-score of 0.93 and a recall of 1.00, indicating that all negative samples were correctly detected. The positive class achieved an F1-score of 0.82 with a recall of 0.90, demonstrating strong recognition of positive opinions. In contrast, the neutral class obtained a lower performance with an F1-score of 0.62 and a

recall of 0.50, confirming that weakly polarized and ambiguous opinions are more difficult to classify reliably than strongly polarized sentiments.

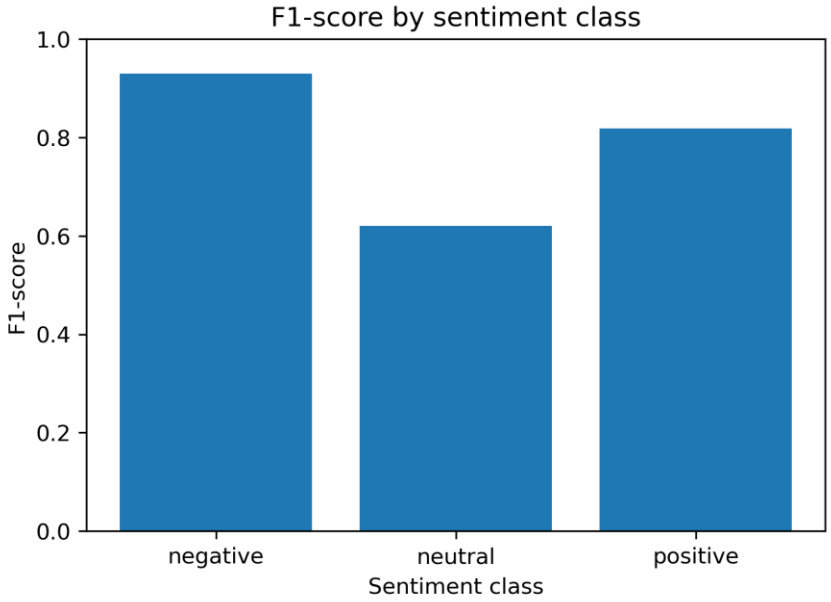


Figure 1 illustrates the class-wise F1-scores obtained by the model.

These findings are consistent with prior studies in sentiment analysis, which report that neutral opinions often overlap lexically and semantically with polarized classes and therefore exhibit higher misclassification rates.

3.3 Decision-Level Results of the Hybrid DSM–ML Framework.

At the decision layer, posterior sentiment probabilities produced by the machine learning module were transformed into final recommendations using fixed threshold-based rules. Sentences with a positive probability greater than or equal to 0.7 were assigned the label Recommend, sentences with a positive probability lower than or equal to 0.3 were labeled Not_Recommend, and intermediate cases were classified as Uncertain.

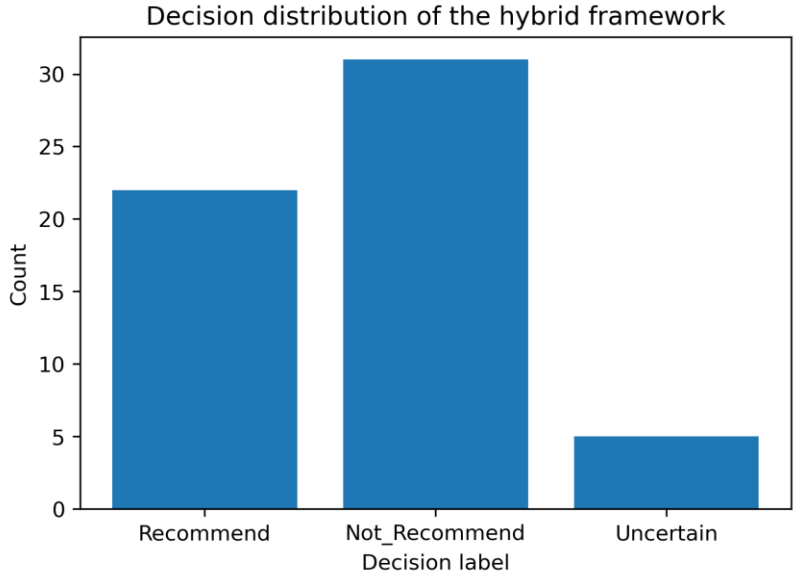


Figure 2 shows the distribution of decision outputs generated by the hybrid framework.

The results indicate that the proposed system produces a substantial number of confident recommendations while preserving an intermediate Uncertain category for borderline cases. This behavior demonstrates the ability of the hybrid DSM–ML approach to provide both accurate and interpretable decision support.

Furthermore, for each processed sentence, the system stores the predicted sentiment label, posterior class probabilities, final decision, and the rule that triggered the decision in the generated output file. This design enables transparent and auditable decision reasoning, which is essential for real-world decision support systems.

4. Discussion. The results obtained in this study demonstrate the effectiveness of the proposed hybrid DSM–ML framework for sentiment-driven decision support. The overall classification accuracy of 0.81 and the macro-averaged F1-score of 0.79 indicate that the system achieves a balanced performance across all sentiment categories, despite the limited size of the pilot dataset.

A detailed analysis of class-wise performance reveals that the model performs particularly well on polarized sentiments. The negative class achieved the highest F1-score (0.93) with perfect recall, indicating that all negative opinions were correctly detected. Similarly, the positive class obtained a strong F1-score (0.82), confirming the ability of the transformer-based model to reliably identify strongly expressed positive feedback. These findings are consistent with previous studies in sentiment analysis, which report that transformer architectures exhibit high sensitivity to explicit emotional polarity in short opinion texts.

In contrast, the neutral class remains the most challenging category, with an F1-score of 0.62 and a recall of 0.50. This behavior reflects a well-known limitation in sentiment classification, where neutral or weakly polarized opinions often share lexical and semantic characteristics with both positive and negative classes. Ambiguous expressions such as “it is okay” or “not bad but not great” lack strong sentiment cues, which increases the likelihood of misclassification. Similar difficulties with neutral sentiment detection have been reported in prior opinion mining research and confirm the intrinsic complexity of modeling borderline subjective statements.

Beyond sentiment classification, an important contribution of this work lies in the decision-level integration of probabilistic predictions with rule-based reasoning. By introducing fixed thresholds and an explicit Uncertain category, the proposed hybrid framework avoids forcing borderline predictions into rigid binary decisions. This mechanism enhances both the robustness and the interpretability of the decision process. Unlike conventional black-box classifiers, the system provides explicit rules and probability values that justify each recommendation, which is particularly important in managerial and organizational decision support scenarios.

The introduction of an intermediate Uncertain class represents a significant advantage over standard sentiment-based recommendation systems. Instead of producing potentially misleading confident decisions for ambiguous inputs, the framework explicitly flags uncertain cases for further human review or additional analysis. This design aligns with the principles of trustworthy artificial intelligence and supports more cautious and transparent decision making in real-world applications.

Nevertheless, several limitations of the present study should be acknowledged. First, the experimental evaluation was conducted on a relatively small pilot dataset of 58 sentences, which restricts the generalizability of the reported results. Second, the dataset was manually constructed and domain-independent, whereas real-world applications often involve larger, noisier, and domain-specific corpora. Finally, the threshold values were selected heuristically and may not be optimal for all application scenarios.

Future work will focus on extending the proposed framework to larger benchmark datasets and domain-specific corpora, as well as investigating adaptive threshold optimization strategies. In addition, incorporating contextual embeddings and domain adaptation techniques may further improve the recognition of neutral and weakly polarized opinions. The integration of multi-criteria

decision models with sentiment-based signals also represents a promising direction for enhancing the expressiveness of hybrid decision support systems.

Overall, the experimental results confirm that the proposed DSM–ML hybrid approach provides an effective and interpretable solution for sentiment-driven decision support, combining the predictive power of modern machine learning models with the transparency of rule-based reasoning.

References

[1] J. P. Shim, M. Warkentin, J. F. Courtney, D. J. Power, R. Sharda, and C. Carlsson, "Past, present, and future of decision support technology," *Decision Support Systems*, vol. 33, no. 2, pp. 111–126, 2002.

[2] D. J. Power, *Decision Support Systems: Concepts and Resources for Managers*. Westport, CT, USA: Quorum Books, 2002.

[3] K. Sharma and R. Bhalla, "Decision Support Machine: A hybrid model for sentiment analysis of news headlines of stock market," *International Journal of Electrical and Computer Engineering Systems*, vol. 13, no. 9, pp. 791–798, 2022.

[4] R. E. Loke and S. Pathak, "Decision Support System for corporate reputation based social media listening using a cross-source sentiment analysis engine," in *Proc. DATA 2023*, pp. 559–567, 2023.

[5] J. Devlin, M.-W. Chang, K. Lee, and K. Toutanova, "BERT: Pre-training of deep bidirectional transformers for language understanding," in *Proc. NAACL-HLT*, pp. 4171–4186, 2019.

[6] L. Zhang, S. Wang, and B. Liu, "Deep learning for sentiment analysis: A survey," *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 2018.

[7] B. Liu, "Sentiment analysis and opinion mining," *Synthesis Lectures on Human Language Technologies*, Morgan & Claypool, 2012.

[8] A. Cheng and S. Gangaraju, "Fine-tuning BERT for sentiment analysis, paraphrase detection and semantic text similarity," Stanford CS224N Final Project Report, 2019.

[9] C. Shokare, "Enhancing Decision Support Systems with hybrid machine learning and operations research models," *Asian Journal of Science, Technology, Engineering, and Art*, vol. 3, no. 2, pp. 240–253, 2025.

ОЗИҚ-ОВҚАТ ХАВФСИЗЛИГИНИ ТАЪМИНЛАШНИНГ АМАЛИЙ ВА ИЛМИЙ АСОСЛАРИ

О.О. Ибрагимов, таянч докторантлар Ф.У. Турсунова, Ж.Р. Тўракелдиев

Фарғона давлат техника университети
faridaxontursunova4@gmail.com
(Қабул қилинди 22.01.2026 й.)

Аннотация: *Мақолада аҳоли сони ортиб бораётган шароитда озиқ-овқат хавфсизлигини таъминлаш, қишлоқ хўжалиги экинларини илмий асосда жойлаштириш ва ҳосилдорликни ошириш масалалари ёритилган. Буғдой, ғўза, соя, мойли ва дуккакли экинларнинг иқтисодий ҳамда озиқ-овқат аҳамияти таҳлил қилинган. Тупроқ-иқлим шароитига мос, ресурс тежамкор ва чидамли экин турларини танлаш зарурлиги асослаб берилган*

Калит сўзлар: *озиқ-овқат хавфсизлиги, ҳосилдорлик, қишлоқ хўжалиги экинлари, ғўза, буғдой, соя, мойли ва дуккакли экинлар, тупроқ унумдорлиги, агротехнология.*

Аннотация: *В статье рассматриваются вопросы обеспечения продовольственной безопасности в условиях роста численности населения, научно обоснованного размещения сельскохозяйственных культур и повышения их урожайности. Проанализирована продовольственная и экономическая значимость пшеницы, хлопчатника, сои, масличных и зернобобовых культур. Обоснована необходимость подбора ресурсосберегающих и устойчивых культур с учетом почвенно-климатических условий.*

Ключевые слова: *продовольственная безопасность, урожайность, сельскохозяйственные культуры, хлопчатник, пшеница, соя, масличные и зернобобовые культуры, плодородие почвы, агротехнологии.*

Abstract: *The article discusses the issues of ensuring food security under conditions of population growth, scientifically based crop placement, and increasing agricultural productivity. The economic and food importance of wheat, cotton, soybean, oilseed, and leguminous crops is analyzed. The necessity of selecting resource-saving and resilient crops adapted to soil and climatic conditions is substantiated.*

Keywords: *food security, productivity, agricultural crops, cotton, wheat, soybean, oil and legume crops, soil fertility, agrotechnology, economic efficiency.*

КИРИШ. Сўнгги йилларда мамлакатимизда озиқ-овқат хавфсизлигини таъминлаш ва қишлоқ хўжалиги экинлари ҳосилдорлигини ошириш давлат сиёсати даражасига кўтарилди. Шавкат Мирзиёев томонидан аҳоли сони ортиб бораётган шароитда ер ва сув ресурсларидан самарали фойдаланиш, ички бозор барқарорлигини таъминлаш ва стратегик экин турларини ривожлантириш масалалари алоҳида таъкидланмоқда.

Ер майдонларининг чекланганлиги ва сув танқислиги шароитида буғдой, ғўза, маккажўхори, картошка, шоли, соя, кунгабоқар каби асосий экинлар билан бир қаторда дуккакли ва мойли экинлар майдонларини кенгайтириш муҳим аҳамият касб этади. Бу экинлар аҳолини тўйимли озиқ-овқат маҳсулотлари билан таъминлаш, чорвачиликни ривожлантириш ҳамда саноатни маҳаллий хомашё билан таъминлашга хизмат қилади.

Шунинг учун экин турларини тупроқ-иқлим шароитига мос ҳолда жойлаштириш, замонавий агротехнологияларни жорий этиш ва ҳосилдорликни ошириш озиқ-овқат хавфсизлигини таъминлашнинг асосий омилларидан бири ҳисобланади.

Президент Шавкат Мирзиёев ҳар бир вилоятга хизмат сафари билан борганларида озиқ-овқат хавфсизлигини таъминлашга, пахта, ғалла, мева ва сабзавот экинларини ҳосилдорлигини ошириш масалаларига мунтазам тўхталиб ўтадилар.

Энди ҳар йили аҳоли сони бир миллион нафарга ортиб бораётган 38 миллионли аҳолига эга бўлган мамлакатни боқиб тўйғазиш қолаверса кийинтириш учун қанча миқдорда озиқ-овқат ва саноат маҳсулотлари керак. Бунинг учун қишлоқ хўжалигида озиқ-овқат экинларини қайси турларини қанча миқдорда экиб етиштирилса мамлакатимизда барқарор, хотиржам мазмунли ҳаёт ўтказишга имконият яратилади. Давлатимиз раҳбари яқинда бўлиб ўтган Парламент мажлисидаги нутқида ҳам аҳоли сони кўпайиб бораётган ҳозирги шароитда

озиқ-овқат хавфсизлигини таъминлаш энг долзарб вазифа эканини таъкидлаб ўтган эди.

АДАБИЁТЛАР ТАҲЛИЛИ. Ўзбекистонда 500 турга яқин ўсимлик экилади(О.Ибрагимов, 2023), бироқ, экин майдони жиҳатдан кўп экиладиган экин турларига ҳамда дунё деҳқончилигида ҳар томонлама нуфузи юқори бўлган кўп экилаётган буғдой, ғўза, картошка, маккажўхори, оқ жўхори, шоли, тариқ, соя, мош, мойли экинлардан кунгабоқар, ерёнғоқ, зиғир, кунжут ҳамда беда ўсимликларини тупроқ унумдорлигини оширадиган ялпи ҳосилдорлигини оширишга алоҳида эътибор бериш лозимлиги зарур бўлиб қолмоқда. Четдан қўшиб кенгайтириб оладиган ер йўқ, сув ресурслари чекланган. Шу боис ички бозор барқарорлигини омилкорлик ва ҳосилдорликни ошириш йўли билан таъминлаш олдимиздаги асосий вазифалардан биридир[3].

Жорий 2025-йил деҳқончилигимизда юртимизда 4 миллион 800минг гектар майдонда турли экин турларини етиштирилган. Шундан 2 миллион гектардан зиёдроқ ерда мева-сабзавот, картошка, дуккакли ва полиз маҳсулотлари жойлаштирилди. Агар етти ўлчаб бир кесилса, бунда ҳар бир экин тури кесимида аҳоли сони ва уларга бирламчи зарур бўлган 10 турдаги озиқ-овқат маҳсулотларини етиштирилиши ўзидан ортганини эса ички бозорни таъминлашга чиқариши такрор ва такрор айтилмоқда. Шунингдек, “Яшил макон” умуммиллий лойиҳаси доирасида барча туманларда боғлар, дарахтзорлар барпо этилмоқда. Боғларнинг атрофлари, дала четлари инсонларга манфаат ва даромад келтирадиган харидоргир, бозорбоп озиқ-овқат экинларини етиштиришлари мумкинлиги таъкидлаб ўтилмоқда.

Президентимизнинг ташабуслари билан 260 минг гектар ер майдонлари 800 минг нафар аҳолига деҳқонлик қилиш учун бўлиб берилган эди. Бундан ташқари Сайхунобод, Олтиариқ томорқачи деҳқонларининг таржибалари асосида ҳар бир оилани томорқаларида ҳар хил турдаги маҳсулотларни етиштириш қўллаб қувватланмоқда, бу ҳар бир оилани ўзини-ўзи қоплашдан ташқари ортганини бозор учун захира қилади. Президент таъкидлаганларидек, томорқада одамлар маҳсулот етиштириб қолмасдан оилага яхшигина даромад манбайи бўлганини ҳаётни ўзи кўрсатди. Бу қишлоқларда аҳоли қатламини айниқса ёшларни иш ўрни билан таъминлашда ва қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини бозорларда нарҳ-навосини ошиб кетмаслигида муҳим омил бўлди[5].

Давлатимиз раҳбари бу борада кластер, фермер ва саноат корхоналари фикрини ўрганиб, масалага илмий жиҳатдан ёндошиш, фермерларни замонавий агротехнологияларга ўқитиш зарурлигини таъкидлади. Замонавий пахта териш машиналари ва аҳоли томорқалари учун кичик агротехникалар ишлаб чиқариш муҳимлиги бўйича топшириқлар берди[6].

ТАДҚИҚОТ МЕТОДОЛОГИЯСИ. Мамлакатимизнинг тупроқ унумдорлиги паст бўлган, қурғоқчилик, дашт, чўл, қумли ва лалмикор ерларини бўш қолдирмасдан сувсизликка ўта чидамли экин турларидан тариқ, махсар экинларини фақат экиш фойдадан ҳоли эмас. Шўрланган ерларга ўсимликларни шўрланиш даражасига қараб жойлаштирилганда шўрга чидамли экин тури ва навлари танлаб экилиши бугунги шиддат билан ривожланиб бораётган ҳаётни ўзи тақозо этмоқда. Сув таъминоти ёмон, тупроқ шўрланиш даражаси юқори бўлган ерларда экилган ўсимликларни ҳосилдорлиги ва олинаётган соф даромадни инобатга олган ҳолда қисқартириш, шунинг асосида ресурс тежамкор биотик, абиотик омилларга чидамли озиқ-овқат маҳсулотларини таъминлаб берадиган экин тури ва навларини экиш керак. Маълумки қора қозонга гўшт тушмаса овқат таъми келишмайди, йилдан йилга бозорларимизда гўшт маҳсулотларини нархида сакраш жуда юқори. Шунинг учун чорвачиликни, айниқса, паррандачиликни ривожлантиришда тўйимли оқсил манбаи ҳисобланган дон-дуккакли экинлар билан бир қаторда беда ўсимлигини экиш йўли билан ҳам қишлоқ хўжалиги ерлари бебаҳо гумус билан таъминланади. Шу билан бирга тупроқда чиринди, гумус унумдорлик каби муаммолар ҳал бўлади. Пахта маҳсулотларини қайта ишлаш натижасида ажралган чиқинди сифатидаги кунжара ва шулхани соғин сигир емаса гўшт ва сут ҳеч қачон кўпаймайди. Ер шарида қуйида келтириладиган дала экинларига озиқ-овқат экин сифатида катта эътибор билан қаралади, шунинг учун ҳам уларнинг экин майдонлари юқоридир.

ТАҲЛИЛЛАР ВА НАТИЖАЛАР. Бугунги кунда дунё деҳқончилигида буғдойнинг экин майдони 222 млн гектарни ташкил этиб ялпи 776,5 млн тонна дон ҳосили ёки гектаридан ўртача 4-5 т дон етиштирилмоқда. Республикамиз бозорларида бир килограмм ўртача дон маҳсулотининг нархи 4 минг сўмдан кам эмас, ҳамиша бозорда буғдой дони қадрланади.

Ғўза экини 34,5 млн,га экилиб, 27,2 млн,т пахта толаси ёки гектаридан 3 тонна пахта ҳамошёси ишлаб чиқарилади. Кейинги 50 йил давомида рентабеллиги юқори бўлиб келган пахта хомашёсининг тақдири 2024 қишлоқ хўжалик йилида айрим кластерларни қўлида хўр бўлди. Ғўза экини экилган хўжаликларда аҳолиси пахта ёғи ҳамда чорва ҳайвонлари учун қимматли кунжара ва шулуха каби озиқ-ем маҳсулотлари билан таъминланган.

Картошка экини 23,1 млн гектарга экилган бўлиб, жами картошка ҳосили 440 млн тоннани ёки гектаридан ўртача 18,5-19 тонна ҳосил етиштирилмоқда. Барча бозорларда бир килограмм картошкани нарҳи 6-7 минг сўм. Республикамизда картошка кирмаган хонадон топилмаса керак. Картошкани ўзини ҳар қандай ҳолатда, сувда, ўтда, ёғда пишириб, истеъмол учун жуда қулай.

Маккажўхори экини 188,0 млн гектарга экилиб, ялпи дон ҳосилдорлиги 1060,3 млн ёки бир миллиард 60,3 миллион тоннани ўртача 10-11 тоннадан қаҳрабо дон етиштирилган, бугун ўртача гектаридан 4,9-5,0 тонна маккажўхори дони ва 600-700 центнер силос етиштирилмоқда. Бозорларимизда 1 килограмм донининг нарҳи 4-5 мингдан ками йўқ.

Оқ жўхори 70-75 минг гектар майдонда экилиб, оқ жўхори дони етиштирилади. Бозорларимизда сотиладиган оқ жўхорининг дони ўртача 20-25 минг сўмга сотилади ҳаридори чаққон.

Республикамизда жорий йили 140-142 минг гектар майдонга шоли экилади. Бу майдонлардан 660,3 минг тоннадан ялпи ҳосил етиштириб ўртача ҳар гектар ердан 47,0-48,0 центнердан шоли ҳосили етиштириб олинади. Халқимиз гуручни суйиб истеъмол қилади. Бозорларимизда энг арзон гуруч маҳсулоти 15-20 минг сўм, шундай гуруч турлари ва навлари борки бир килосини 100-120 минг сўмга олиш қийин. Лекин бозорда тўхтаб қолмайди, ҳаридор ҳар доим топилади. Бундан ташқари бизда шоличиликни мактаби бор. Бувайдалик деҳқонларнинг шолидан юқори ҳосил етиштириш бўйича катта таржибаси бутун Марказий Фарғонанинг Бувайда, Боғдод, Учкўприк, Риштон, Тошлоқ, Ёзёвон, Қўштепа, Олтиариқ туманларининг ҳудудларида шўрланган, шўрланишга мойил бўлган ерларидан шолидан 60-100 ц/га дан шоли ҳосилини етиштириб олмоқдалар. Шу билан бирга шўрланган ерларни мелиоратив ҳолатини яхшиланишига олиб келмоқда.

Тариқ ўсимлиги ерни табиий намлиги бўлса 2 марта сув берилса пишади. Вегетация даври 70-90 кун, қурғоқчиликка ўта чидамли. Бир мавсумда 2, ҳатто 3 маротаба ҳосил етиштириш мумкин. Республикамизнинг ҳамма ҳудудлари тариқ экинини экиш учун жуда мос келади, бир гектар ерга 20 кг уруғ сарфланади(О.Ибрагимов, Қ.Давронов, Х.Идрисов, 2025).

Соя ва мош ўсимлигини кўплаб турлари тупроқ унумдорлигини яхшилаш билан бирга яхшигина озиқ- овқат маҳсулоти ҳисобланиб, таркиби оқсилга бой экинлардир. Айниқса, жайдари нўхат (нут), оқловиянинг донидан тайёрланган озиқ-овқат маҳсулотларини халқимиз жуда суюб истеъмол қиладилар.

Мамлакатимизда қишлоқ хўжалик соҳасида олиб борилаётган ислоҳотлар халқимизнинг фаровон турмуш кечириши юртимиз тараққиётини таъминлашни кафолати бўлиб, етиштирилган қишлоқ хўжалик маҳсулотлари ҳомашёсини қайта ишлаш натижасидаги ўзгаришларни одамлар ўз ҳаётида сезмоқда, кўзи билан кўрмоқда ва ақли билан мушоҳада қилмоқда. Масалан, Фарғона Глобал Текстил МЧЖ томонидан пахта ҳомашёсини етиштириш, сақлаш ва уни қайта ишлаш, ишлаб чиқарилган маҳсулотни сотиш, экспорт қилишдаги олиб борилаётган ишларни ҳар қандай тахсинларга сазоворлигини эътироф этиш мумкин. Бу ердаги одамлар орасидаги аҳиллик ҳалоллик ишчилар, мутахассислар ўртасидаги одамийлик муносабатлари юқори савиядаги ибратдир(О.Ибрагимов, Ф.Турсунова, Ж.Тўракелдиев, 2025).

Мамлакатимизда пахта етиштириб берувчилар ва қўшниларимиз ҳам пахтани орқасидан ғурурланган эъзозлаган. Пахтадан етиштирилган озиқ-овқат маҳсулотлари, кийим-бошлар бутун дунёда нуфузи юқори бўлиб қадрланган, халқларнинг элита қатламидан тортиб қуйигача фақат пахтадан тайёрланган “хб” кийимларни кийишга орзиқиб ният қилганлар. Етиштирилган “оқ олтин” ни бир мисқолини ҳам нобуд қилмаймиз деб миллионлаб одамларимизни заҳмат чеканлари ҳали унутилгани йўқ. Бугунги кунда юртимизда олди фермер хўжаликлари пахтадан гектаридан 6-7 тоннагача ҳосил етиштирмоқдалар, шундан 3 тонна пахтадан 1200 кг тола, 1800 кг уруғ ёки чигит олинади, изоҳ сифатида 1 кг толадан 8-10 метр чит 18-20 метр батис олинади, 1 метр читни ва 1 метр батисни нархи 20 минг сўмдан 40 минг сўмгача баҳоланади.

1800 кг чигит маҳсулотини қайта ишлашдан қуйидаги маҳсулотлар олинади:

-306 кг пахта ёғи (1 кг пахта ёғи 17-18 минг сўм)

-540 кг шулҳа 1 кг шулҳа 6 минг сўм.

-720 кг кунжара 1 кг маҳсулоти 5 минг сўмдан ҳеч қачон камига сотилмаган.

-126 кг ўсимлик оқсили олинади. Умуман олганда, дунё бўйича ўсимлик оқсилига бўлган талаб жуда юқори бўлган ва шундай бўлиб қолади, биз томонимиздан таклиф этилган экин турларидан яхшигина ўсимлик оқсилини қайта ишлаш йўли билан олиш мумкин.

Таркибида оқсил моддаси кўп бўлган дуккакли дон экинларидан оқ ловия, мош, соя, нут (жайдари нўхот), ерёнғоқ каби экин турларини экин майдонларини кенгайтириб бориш чора-тадбирларини кўриш вақти келди. Юқорида номлари келтирилган экин турларини майдонлари ва ҳосилдоригини ошириш керак, чунки бу экинларнинг дони таркиби юқори сифатли оқсил турли аминокислоталар, минералларга бой моддалар, ферментлар, углеводлар, витаминлар ва бошқа моддалар мавжуддир. Айниқса, дони таркибида оқсил ва ёғ моддаси кўп бўлган соя жаҳон халқларининг 30%и озиқ-овқат маҳсулотлари ва сифатли оқсиллар учун фойдаланилади. Шунинг учун ҳам жаҳон миқёсида соя етиштирувчи мамлакатларининг сони ва экин майдонлари йилдан йилга сезиларли даражада ортиб бормоқда. Мамлакатимизда ҳам ушбу экин турларини экин майдонларини кенгайтиришнинг чорвачиликни, паррандачиликни ривожлантириш бўйича олиб борилаётган амалий ва илмий чора тадбирлар ўзининг ижобий натижаларини бермоқда.

Юқорида таъкидлаб ўтканимиздек, кўп йиллик кузатишларимизда Қува, Тошлоқ, Қўштепа туманлари шароитларида кузги буғдойдан кейин ғўзани такрорий экин сифатида экиш бўйича олиб борилаётган дала тажрибалари диққатга сазовордир. Ғўзани такрорий экин сифатида экиб, чорвачиликни, паррандачиликни ривожлантиришда ҳамда саноатда, тўқимачиликда, шунингдек, озиқ-овқат маҳсулотларини етиштиришда кўпчилик кластерларимиз, фермерларимиз, деҳқонларимиз ғўза чигитини ерга қадаб лўппи пахта етиштириб олгунга қадар барча агротехник омилларни бажариш учун етарли кўникма ва тажрибага эга. Кузги буғдойдан бўшаган майдонларга ғўзани такрорий экин сифатида экиш ва жойлаштириш учун ер ресурслари етарлича бор. Ғўзанинг асосий маҳсулоти ҳисобланган уруғи ёки чигитидан олинган чорва моллари учун омухта ем тайёрлаш жараёнида қўшиладиган ингредиентлардан ҳисобланади, улар тўйимли бўлиб турли витаминларга бой бўлади.

Ўзбекистонда истеъмол қилинадиган мой – ёғ кейинги 100 йиллар давомида пахта чигити эвазига қондирилган. Мустақилликка эришганимиздан кейин экинлар таркиби ўзгариб, чигитни камайганлиги сабабли, ёғ заводлари ва корхоналарини хомашё билан тўлиқ таъминлай олмаяпти. Чигит узоғи билан 5 ойда тугайди. Йилнинг қолган муддатларида зарур бўлган хомашёни етказиб беришнинг бирдан-бир йўли суғориладиган майдонларда соя, кунгабоқар, ерёнғоқ, кунжут экинларини экиш зарур. Кунжут уруғининг таркибида 60 фоизгача мой сақлайди, уни такрорий экилганда, Сурхон воҳасида 20 ц/га гача кунжут уруғининг ҳосили етиштирилмоқда.

ХУЛОСА ВА ТАКЛИФЛАР. Мойли экин турлари ичида махсар ўта сувсизликка чидамли ўсимликдир. Уни уруғ захирасини ташкил қилиб бўш ётган лалми ерларга экилса

иқтисодий томондан фақат фойда билан чиқади, чунки саноатда краска олишда энг муҳим хомашё ҳисобланади.

Саноат ёғ мой корхоналарида соя, кунгабоқар, зиғир, кунжут, ерёнғоқ ҳомашёсига талаб жуда юқори бўлиб, ундан мойли экинлар ёғ-экстракцияси заводлари учун асосий ҳомашёлар бўлиб, улар бирга қўшиб омухта ем ишланганда унинг таркиби бойиб сифат даражаси юқори бўлиши ҳеч кимга сир эмас. Ҳомашё манбасини етишмаганлиги саноат ёғ-мой корхоналарини тизимли ишлашини таъминламаябди.

Юқорида номлари келтирилган барча экин турлари юртимизнинг тупроқ иқлим шароитларига мос келади, яхши ўсиб ривожланади.

Бунинг учун фақат тупроқ иқлим шароитлар мос холда шўр ерларда шўрда яхши ўсадиган, қум ерларда-қумда яхши ўсадиган, суви кам бўлган лалми ерларда-қурғоқчиликка чидамли ўсимликлар экиш тавсия қилинади. Шундагина қишлоқ хўжалигида экилаётган юқорида тавсия этилган экин турларидан озиқ-овқат хавфсизлигини таъминлашнинг амалий асослари амалга ошадиган бўлади.

Ташқи ва ички бозорда юқори баҳоларда ҳарид қилувчи истеъмолчининг борлиги, истиқболда юқори даромад берувчи экинлар ҳисобланган ғўза, буғдой, соя, кунгабоқар, маккажўхори, оқ жўхори, шоли, тариқ, картошка каби экин турларини унумдорлиги юқори бўлган катта майдонларга жойлаштириш, қишлоқ хўжалик маҳсулотларини етиштирувчи фермер хўжаликлари ва бошқа корхоналарни иқтисодий манфаатдорлигини оширишга, аҳолини тўйимли оқсил ва витаминларга бой бўлган озиқ-овқат маҳсулотлари билан саноат тармоғини эса юқори сифатли маҳаллий хомашё билан таъминлашга хизмат қилади.

Адабиётлар

[1]. О.О. Ибрагимов, Қ.А.Давронов, Х.А.Идрисов, “Ўсимликшунослик”. [Ўқув қўлланма] – Фарғона: ФДТУ нашриёти – 2025. -180 бет.

[2]. Х.А. Идрисов, С.М.Назарова, Ўсимликшунослик. Дарслик. – Бухоро. Садриддин Салим Бухорий нашриёти, 2023. 292 бет.

[3]. О.О. Ибрагимов, “Буғдой ҳосилини, сифатини оширадиган асосий омиллар ” тавсиянома / “Classic”-2023. 15-22 бетлар.

[4]. О.О. Ибрагимов, М.М.Раззоқов, Н.Роҳмонов, Б.О.Ибрагимов, Ф.У.Турсунова, Ж.Р.Тўракелдиев “Кузги буғдойдан сўнг такрорий ғўзани парвариш қилишнинг агробиологик асослари” тавсиянома, Фарғона-2025.

[5]. Қ. Ҳайдар, Томорқадан тилло топаётганлар. “Янги Ўзбекистон” ижтимоий-сиёсий газета, Тошкент, 2025й, № 102, 4 бет.

[6]. Д.Улуғмуродов. Маломат эмас, даромад экинига айланган пахта. “Янги Ўзбекистон” ижтимоий-сиёсий газета, Тошкент, 2023й, № 215, 4 бет.

[7]. С.Эгамбердиев ва бошқалар. Пахта етиштириш технологияси. Фарғона. Техника. 2005.

[8]. Б.Алеев, О.Ибрагимов Истиқболли ғўза навлари агротехникаси. Тошкент. "Меҳнат" 1988. 47-54 бет.

[9]. О.Ибрагимов Ғўзанинг ҳосил тугиши ва уни бошқариш омиллари. Тошкент "Меҳнат" 1992

[10]. Л.Муротова, О.Ибрагимов, Б.Ибрагимов, Ғўзани ҳосил тугишини бошқариш. Тошкент "Доно" нашриёти 2023. 135-210 бетлар.

ЭКОЛОГИК МУАММО БИЗНИНГ ДАВРИМИЗНИНГ ГЛОБАЛ МУАММОСИ СИФАТИДА

Г.С. Мирзаева

Фарғона давлат техника университети

(Қабул қилинди 22.01.2026 й.)

Аннотация. *Мақолада экологик муаммоларнинг долзарб масалалари, барқарор ривожланиш модели сифатида атроф-муҳитни муҳофаза қилиш масалалари муҳокама қилинади. Экологик инқирознинг сабаблари таъкидланган, мавжуд атроф-муҳитни муҳофаза қилиш чоралари, шунингдек экологик йўналтирилган иқтисодиётни жорий етиш истиқболлари таҳлил қилинган.*

Халқаро тажриба ва ушбу амалиётни ўтиш даври иқтисодиёти бўлган мамлакатларда мослаштириш имкониятларига алоҳида эътиборга қаратилмоқда.

***Таянч сўзлар**: экология, атроф-муҳитни муҳофаза қилиш, барқарор ривожланиш, табиий ресурслар, иқлим, екотехнология, табиат, табиий ресурслар. тупроқнинг ифлосланиши, ёғингарчилик.*

***Аннотация.** В статье рассматриваются актуальные вопросы экологической проблемы, охраны окружающей среды как к устойчивой модели развития. Освещаются причины экологического кризиса, анализируются существующие меры природоохранной деятельности, а также перспективы внедрения экологически ориентированной экономики. Особое внимание уделяется международному опыту и возможностям адаптации этих практик в странах с переходной экономикой*

***Ключевые слова**: экология, охрана окружающей среды, устойчивое развитие, природные ресурсы, климат, экотехнология, природа, природные ресурсы. загрязнение почвы, атмосферные осадки.*

***Abstract.** This article examines contemporary environmental issues as one of the most urgent global challenges of our time. Environmental protection is analyzed within the framework of sustainable development as a strategic model for ensuring harmony between economic growth and environmental safety. The main causes of the environmental crisis — including industrialization, excessive consumption of natural resources, climate change, soil pollution, and atmospheric contamination — are identified and discussed*

***Keywords:** Ecology; environmental protection; sustainable development; natural resources; climate change; ecotechnology; soil pollution; atmospheric precipitation; green economy.*

1.КИРИШ. Замонамизнинг глобал муаммолари тизимида трансмиллий ва транс-давлат характерига эга бўлган экологик муаммолар алоҳида ўрин тутади. Инсон, жамият ва табиат ўртасидаги муносабатлар муаммоси инсоният ривожланишининг барча босқичларида жуда кескин эди. Шунга қарамай, "инсон-жамият-табиат" тизимидаги зиддиятлар учинчи минг йилликда айниқса кескинлашди. Гап шундаки, бир томондан, илмий-техник тараққиёт янада ижтимоий фаровонлик ва ҳар томонлама шахсий ривожланиш учун моддий шарт-шароитларни яратади, бошқа томондан, маълум шароитларда фан ва техниканинг ривожланиши мавжудликнинг табиий асосларини бузиши олиб келади. Сўнгги ўн йилликларда инсон ва табиат ўртасидаги муносабатлар ҳақида қизғин мунозаралар бўлиб ўтди.[1] Илм-фан, жаҳон ҳамжамияти, ҳукуматлар ва халқаро ташкилотлар эътиборини тортадиган «глобал экологик муаммолар" тушунчаси пайдо бўлди. Одамларнинг ўзи табиатнинг бир қисмидир, унинг ресурсларини истеъмол қилиш орқали улар табиий муҳитни бузмасликлари керак, чунки бу уларнинг ҳаётий фаолияти учун объектив зарур, алмаштириб бўлмайдиган шартдир. Табиий ресурслардан фойдаланиш оқилона, яъни бир томондан табиий ресурсларни муҳофаза қилишни, иккинчи томондан табиатда ривожланган табиий экотизимларни сақлаб қолиш учун уларни тиклашни таъминлайдиган тарзда амалга оширилиши керак. Ушбу муаммони ҳал қилиш моддий ишлаб чиқариш манфаатларига таъсир қилмаслиги мумкин. Шу билан бирга, бу муаммо ўта мураккаб ва долзарб бўлиб, нафақат иқтисодий, балки экологик тоифага ҳам киради. Хавфсизлик ғоялари энди ҳар қачонгидан ҳам муҳимрок.

Бироқ, бутун дунёда ўсиб бораётган экологик муаммолар ҳақида тобора кўпроқ маълумот оқими мавжуд. Дунёда ҳар йили табиатни муҳофаза қилиш бўйича 15-18 минг асарлар нашр этилади, юзлаб халқаро ва миллий табиатни муҳофаза қилиш тадбирлари, шу жумладан илмий тадбирлар ўтказилади. Табиатни муҳофаза қилишга бағишланган турли уюшмалар яратилмоқда. Бироқ, табиатни муҳофаза қилиш муаммоси нафақат ҳал қилинмоқда, балки йилдан-йилга ёмонлашмоқда. Ва бу аксарият мамлакатлар ҳукуматлари табиатни муҳофаза қилиш бўйича кўплаб қонунларни қабул қилишларига, атроф-муҳитни муҳофаза қилиш бўйича йирик халқаро, минтақавий ва глобал ташкилотларни яратишларига қарамай.[3] Саноатлаштириш одамларнинг табиат устидан кучини сезиларли даражада оширди ва шу билан бирга у билан бевосита алоқада яшовчилар сонини камайтирди. Натижада, одамлар, айниқса саноати ривожланган мамлакатларда, уларнинг мақсади табиатни заб этиш эканлигига янада ишонч ҳосил қилишди. Кўпгина жиддий олимлар

бундай дунёқараш давом этар экан, ернинг ҳаётни қўллаб-қувватлаш тизимлари қўлашда давом этишига аминлар [3].

2.Экологик муаммолари.Тарқалиш даражасига кўра экологик муаммоларни қуйидагиларга бўлиш мумкин:

- тупроқнинг ифлосланиши;
- иқлим ўзгариши:
-атмосфера ифлослантирувчи моддалари натижасида кўлларнинг деградацияси;
- глобал муаммоларидан бири атмосферадаги карбонат ангидрид ва бошқа газсимон моддалар таркибининг кўпайиши, шунингдек озон қатламининг пасайиши туфайли юзага келиши мумкин бўлган иқлим ўзгаришлари.
- чиқиндиларни йўқ қилиш: - гидросферанинг ифлосланиши - чиқиндиларни йўқ қилиш: - гидросферанинг ифлосланиши

Асосий экологик муаммолар- чиқиндиларни йўқ қилиш:

- чиқиндиларни йўқ қилиш: - гидросферанинг ифлосланиши - чиқиндиларни йўқ қилиш: - гидросферанинг ифлосланиш.

Тупроқнинг ифлосланиши. - тупроқни одамлардан ҳимоя қилиш инсоннинг энг муҳим вазифаларидан биридир, чунки тупроқда мавжуд бўлган ҳар қандай зарарли бирикмалар эртами-кечми инсон танасига киради.[2]

Биринчидан, ифлослантирувчи моддаларни очиқ сув омборлари ва ер ости сувларига доимий равишда ювиш мавжуд бўлиб, улар одамлар томонидан ичимлик ва бошқа эҳтиёжлар учун ишлатилиши мумкин.

Иккинчидан, тупроқ намлиги, ер ости сувлари ва очиқ сув омборларидан ифлослантирувчи моддалар ушбу сувни истеъмол қиладиган ҳайвонлар ва ўсимликларнинг организмларига кириб, сўнгра озиқ-овқат занжирлари орқали инсон танасига киради.

Учинчидан, инсон танаси учун зарарли бўлган кўплаб бирикмалар тўқималарда ва, аввалambор, суякларда тўпланиш қобилиятига ега. Тадқиқотчиларнинг фикрига кўра, биосферага ҳар йили тахминан 20-30 миллиард тонна қаттиқ чиқиндилар киради, улардан 50-60% органик бирикмалар ва тахминан 1 миллиард тонна газсимон ёки аерозолли кислотали моддалар шаклида. Одам, литосфера ифлослантирувчи моддалари тупроққа қандай киради. [3]

Атмосфера ёнғинлари.– корхоналар иши натижасида атмосферага кирадиган, кейин атмосфера намлиги томчиларида эрийдиган ва ёнғингарчилик билан тупроққа кирадиган кўплаб кимёвий бирикмалар (газлар-олтингугурт ва азот оксидлари), чанг ва аэрозоллар шаклида сақланади. Қуруқ об-ҳаво шароитида қаттиқ ва суюқ бирикмалар одатда тўғридан-тўғри чанг ва аэрозоллар шаклида жойлашади. Тупроқ газсимон бирикмаларни бевосита ўзлаштирганда. Қуруқ об-ҳаво шароитида газлар тўғридан-тўғри тупроқ томонидан сўрилиши мумкин.

Ҳар хил зарарли бирикмалар, ҳар қандай агрегат ҳолатида, ва барглар томонидан сўрилади ёки юзага жойлашади. Кейин, барглар тушганда, бу бирикмаларнинг барчаси тупроққа киради. Тупроқнинг ифлосланишини таснифлаш қийин ва унинг бўлиниши турли манбаларда турлича берилган. Асосий нарсани умумлаштириш ва таъкидлаш учун тупроқ ифлосланишининг қуйидаги намунаси кузатилади: ахлат, чиқиндилар, чиқиндихоналар, чўкинди жинслар, оғир металлар, пестицидлар, микротоксинлар ва радиоактив моддалар[2]

Ҳаво. - Инсониятга ҳаво каби зарур бўлган табиий ресурслар мавжуд. Аммо, эҳтимол, ҳавонинг ўзи бундан мустасно, бундай манба йўқ, унинг йўқлиги бир дақиқадан камроқ вақт ичида одам учун ҳал қилиб бўлмайдиган муаммога айланади. Маълумки, атмосферанинг ифлосланиши асосан саноат, транспорт ва бошқалар фаолияти натижасида юзага келади., улар биргаликда йилига бир миллиарддан ортиқ қаттиқ ва газсимон захарларни чиқаради. Бугунги кунда атмосферадаги асосий ифлослантирувчи моддалар углерод оксиди ва олтингугурт диоксидидир. Лекин, албатта, фреонлар ёки хлорофлорокарбонлар ҳақида унутмаслигимиз керак. Кўпчилик олимлар уларни атмосферада озон тешиклари пайдо бўлишининг сабаби деб ҳисоблашади. Фреонлар ишлаб чиқаришда ва кундалик ҳаётда

совутгичлар, кўпикли моддалар, ёритувчилар, шунингдек аэрозол пакетларида кенг қўлланилади. Хусусан, шифокорлар тери саратони сонининг кўпайишини атмосферанинг юқори қатламларида озон миқдорининг пасайиши билан изоҳлашади. Маълумки, атмосфера озони қуёшдан ултрабинафша нурланиш таъсирида мураккаб фотокимёвий реакциялар натижасида ҳосил бўлади. Унинг таркиби кичик бўлса-да, биосфера учун аҳамияти жуда катта. Озон ултрабинафша нурланишини ўзига сингдириб, ердаги барча ҳаётни ўлимдан ҳимоя қилади. Фреонлар атмосферага кирганда, улар қуёш нурлари таъсирида бир қатор бирикмаларга бўлинади, улардан хлор оксиди озонни енг интенсив равишда йўқ қилади. Муборак ёмғир томчилари, осмондан яна бир совға, ҳар доим инсонни хурсанд қилган. Аммо дунёнинг баъзи жойларида ёмғир жиддий хавфга айланди. Халқаро миқёсда атроф-муҳит конференциясида Швеция томонидан кўтарилган кислотали ёмғирнинг мураккаб ва ҳал қилиниши қийин бўлган муаммоси пайдо бўлади. Ўшандан бери у инсониятнинг асосий экологик муаммоларидан бирига айланди. Кислотали ёмғир сув омборлари табиатига зарарли таъсир кўрсатади, ўрмон ўсимликлари ва қишлоқ хўжалиги экинларига зарар етказади ва ниҳоят, ҳамма нарса(6) инсонинг хаётига зарар келтиради.

Сўнгги йилларда инсоннинг иқтисодий фаолияти туфайли атмосферадаги азот балансида бироз ўзгаришлар юз берди. Азот фиксацияси ва азотли ўғитлар ишлаб чиқаришда атмосфера азотининг мураккаб кимёвий бирикмаларга қўшилиши ортди. Катта майдонларда тупроқ ҳосил қилиш жараёнларининг бузилиши туфайли унинг атмосферага кириши камаймоқда.. Бироқ, атмосферадаги азотнинг катта миқдори туфайли унинг мувозанати муаммоси кислород ва карбонат ангидрид мувозанати каби жиддий емас, тахминан 3,5-4 миллиард. Бир неча йил олдин атмосферадаги кислород миқдори ҳозиргидан минг баравор паст еди, чунки асосий кислород ишлаб чиқарувчилар - яшил ўсимликлар йўқ еди. Тирик организмларнинг ҳаётий фаолияти атмосферадаги кислород ва карбонат ангидриднинг замонавий нисбати билан таъминланади. Карбонат ангидрид ва кислород истеъмолининг табиий жараёнлари ва уларнинг атмосферага кириши баласировка килинган [6].

Саноат ва транспортнинг ривожланиши билан кислород ёниш жараёнлари учун ишлатилади. Шундай қилиб, ҳар хил турдаги ёқилғининг ёниши енди 10 дан 25% гача кислород талаб қилинади.яшил Ўрмонлар, саванналар, даштларнинг қисқариши ва чўл ҳудудларининг кўпайиши ҳисобига атмосферани кислород билан таъминлаш камаймоқда. Дарёлар, кўллар, денгизлар ва океанларнинг ифлосланиши туфайли сув экотизимларида кислород ишлаб чиқарувчилар сони ҳам камаймоқда. Олимларнинг фикрича, яқин 150-180 йил ичида атмосферадаги кислород миқдори ҳозирги таркибига нисбатан 1/3 га камайиши мумкин.[2] кислород истеъмоли ортиши атмосферага карбонат ангидрид, озод ортиши билан содир бўлади. Атмосферада карбонат ангидриднинг кўпайиши ўсимлик унумдорлигига ижобий таъсир кўрсатади. Масалан, иссиқхона ҳавосининг карбонат ангидрид билан тўйинганлиги фотосинтез жараёнларининг кучайиши туфайли сабзавотларнинг ҳосилдорлигини оширади. Бироқ, атмосферадаги CO2 таркибининг умумий ўсиши мураккаб глобал ҳодисаларга олиб келади. Карбонат ангидрид қисқа тўлқинли қуёш нурланишидан еркин ўтади, аммо иситиладиган ер юзасидан келадиган иссиқлик нурларини кечиктиради. Бу ҳодиса иссиқхона эффекти деб аталади. Атмосферанинг пастки қисмини қўшимча иситиш ёқилғининг ёнишини таъминлайди, бу, айниқса, йирик шаҳарларда сезилади, бу ерда уларнинг марказий қисмларининг ҳарорати ушбу ҳудуд учун йиллик ўртача кўрсаткичдан 2-4 дона. Ер атмосферасининг қатламларининг ўртача йиллик ҳароратининг ошиши Антарктида ва Гренландиядаги музликларнинг эришига олиб келиши мумкин, бу эса денгиз сатҳининг ошишига, пастликларини сув босишига, тектоник жараёнларнинг кучайишига ва иқлим ўзгаришига олиб келади [4].

Атмосферанинг ифлосланиши табиий ва сунъий (ёки антропоген) бўлиши мумкин. Атмосферанинг табиий ифлосланиши вулқон отилиши об-ҳавоси ўзгариши, чанг бўронлари, ўрмон ёнғинлари ва атмосферага туз кристалларининг чиқиши пайтида содир бўлади. Сунъий ифлосланиш манбалари саноат, транспорт ва маиший чиқиндилардир. Саноат корхоналари ифлослантирувчи моддаларнинг асосий етказиб берувчиси ҳисобланади, улар

атмосферага ёнмаган ёқилғи зарралари, чанг, куйикиш ва кулни чиқаради. Саноат ҳудудларида кунига 2 тоннадан ортиқ чанг зарралари тушади. Цемент заводлари атмосферага энг яхши чангни кучли етказиб берувчилар сифатида хизмат қилади [4].

Антарктика музидаги газ пуфакчаларини ўрганишга кўра, сўнгги 200 йил ичида атмосферадаги метан таркиби ошди. 1980-йилларнинг бошларида Oregon (Ақш) ҳаво ҳавзасидаги углерод оксиди таркибидаги ўлчовлар 3,5 йил давомида йилига ўртача 6% га ошганлигини кўрсатди. Ер атмосферасида карбонат ангидрид концентрациясининг ортиб бораётган тенденцияси ва иссиқхона эффекти ва иқлим исиши билан боғлиқ таҳдид ҳақида хабарлар мавжуд. Камчатка вулқон минтақаси музликларида ҳам замонавий, ҳам қадимий канцерогенлар топилган. Иккинчи ҳолда, улар вулқон келиб чиқиши каби кўринган.[5]

Атмосферанинг асосий кимёвий ифлослантирувчи моддаси кўмир, сланец, нефть ёниши, темир, мис эритиш, сулфат кислота ишлаб чиқариш ва бошқалар пайтида ажралиб чиқадиган олтингугурт диоксидидир. Олтингугурт диоксиди кислотали ёмғирга сабаб бўлади. Нам ва сокин об — ҳаво шароитида олтингугурт диоксиди, чанг ва тутуннинг юқори консентрацияси бўлса, саноат ҳудудларида тутун пайдо бўлади-одамларнинг яшаш шароитларини кескин ёмонлаштирадиган заҳарли туман. Кучли қуёш нурлари таъсирида саноат корхоналари ва транспорт томонидан атмосферага чиқариладиган кимёвий моддалар бир-бири билан реакцияга киришиб, жуда заҳарли бирикмалар ҳосил қилиши мумкин. Ушбу турдаги тутун фотокимёвий деб аталган [4].

Сув. Цивилизация мавжудлигининг учинчи омили, юқоридаги осмон ва оёқ остидаги ердан кам эмас, сайёрамизнинг сув ресурслари. Инсоният ўз эҳтиёжлари учун асосан тоза сувдан фойдаланади. Уларнинг ҳажми гидросферанинг 2% дан бир оз кўпроғини ташкил қилади ва бутун дунё бўйлаб сув ресурсларининг тақсимланиши ниҳоятда нотекис. Дунё аҳолисининг 70% яшайдиган Европа ва Осиёда Дарё сувларининг атиги 39% тўпланган. Дунёнинг барча минтақаларида Дарё сувларининг умумий истеъмоли йилдан-йилга ошиб бормоқда. Маълумки, масалан, бу асрнинг бошидан бери чучук сув истеъмоли 6 баробар ошган ва кейинги бир неча ўн йилликларда у камида 1,5 баробар ортади. Сув етишмаслиги унинг сифатининг ёмонлашиши билан кучаяди. Саноатда, қишлоқ хўжалигида ва кундалик ҳаётда ишлатиладиган сувлар сув омборларига ёмон тозаланган ёки умуман тозаланмаган оқава сув шаклида қайтади.[2]

Гидросфера шундай қилиб, гидросферанинг ифлосланиши биринчи навбатда саноат, қишлоқ хўжалиги ва маиший оқава сувларнинг дарёлар, кўллар ва денгизларга оқиши натижасида содир бўлади. Олимларнинг ҳисоб-китобларига кўра, бу оқава сувларни суюлтириш учун 25 минг куб километр тоза сув ёки бундай дренажнинг деярли барча мавжуд ресурслари керак бўлиши мумкин! Тўғридан-тўғри сув олишнинг ўсиши эмас, балки тоза сув муаммосининг кучайишининг асосий сабаби эканлигини тахмин қилиш қийин эмас. Бундан ташқари, одамлар гидротехника иншоотларини, хусусан сув омборларини қуриш орқали гидросфера сувларини ўзгартирадилар. Катта сув омборлари ва каналлар атроф-муҳитга жиддий салбий таъсир кўрсатади: улар қирғоқ бўйидаги ер ости сувлари режимини ўзгартиради, тупроқ ва ўсимлик жамоаларига таъсир қилади ва охир-оқибат уларнинг сув майдонлари унумдор ерларнинг катта майдонларини эгаллаган.Сув ифлосланишининг энг муҳим антропоген жараёнлари саноатлашган шаҳарлашган ва қишлоқ хўжалиги ҳудудларидан оқиб ўтиш, антропоген маҳсулотларнинг ёғинлари ҳисобланади. Бу жараёнлар нафақат ер усти сувларини (дренажсиз сув омборлари ва ички денгизлар, сув оқимлари), балки ер ости гидросферасини (артезиан ҳавзалари, гидрогеологик массивлар), Жаҳон океанини (айниқса, сув зоналари ва жавонларни) ифлослантира. Сувни ифлослантирувчи моддалар доираси жуда кенг ва уларнинг топиш шакллари хилма-хилдир. Сув ифлосланишининг табиий ва антропоген жараёнлари билан боғлиқ асосий ифлослантирувчи моддалар кўп жиҳатдан ўхшашдир. Фарқи шундаки, антропоген ҳаракатлар натижасида пестицидлар каби ўта хавфли моддаларнинг катта миқдори сувга кириши мумкин, ўз дунёсини ўзгартириб, одам хоҳласа ҳам, хоҳламаса ҳам, сайёрадаги қўшниларининг ҳаётига сезиларли даражада аралашади. Халқаро Табиатни муҳофаза қилиш Иттифоқи

маълумотларига кўра, 94 йилдан бери ерда қушларнинг 63 тури ва сутемизувчиларнинг 1600 тури йўқ бўлиб кетган. Бундан ташқари, ноёб ҳашаротлар сони камайиб бормоқда ва йўқ бўлиб кетмоқда, бу ҳам турли хил пестицидлардан фойдаланишга реакция, ҳам уларнинг яшаш [3].

Маълум бўлишича, ҳайвонларнинг кичик гуруҳларини олиб кириш муваффақияцизликлар билан якунланган. Маълум бўлишича, 2-3 жуфт ҳайвонлар, ўз турлари билан доимий, ҳатто нисбатан кам учрайдиган алоқалар бўлмаса, ҳудудда яшай олмайди. Кўпгина ҳолларда, уларнинг кўпайиш қобилияти бостирилади ёки улар "stress" ёки stress касаллигидан ўлишади. Шунга ўхшаш вазият табиий аҳолининг катта оқими билан содир бўлади. Турни йўқ бўлиб кетишга ҳукм қилиш, унинг сонини сезиларли даражада камайтириш, инсоният, айниқса сўнгги асрларда сезиларли даражада муваффақиятли бўлган яшаш жойларини камайтириш ёки тарқатиш учун ҳар бир ҳайвонни йўқ қилиш мутлақо шарт ема

Халқаро «**қизил китоб**» ҳайвонлар ва ўсимликларнинг ноёб ва йўқолиб бораётган турлари рўйхати бўлиб, ҳозирда 5 жилдлик материалларни ўз ичига олади. Бундан ташқари, миллий ва ҳатто минтақавий "қизил китоблар"мавжуд. Экологик муаммоларни ҳал қилишнинг енг муҳим усуллари қаторида кўпчилик тадқиқотчилар екологик тоза, кам ва чиқиндисиз технологияларни жорий этиш, канализация тозалаш иншоотларини қуриш, ишлаб чиқаришни оқилона жойлаштириш ва табиий ресурслардан фойдаланишни ҳам ажратиб кўрсатишади, табиий ресурсларни ишлаб чиқариш ва улардан фойдаланиш. Гарчи, шубҳасиз ва бутун инсоният тарихи буни исботласа-да, цивилизация олдида турган экологик муаммоларни ҳал қилишнинг энг муҳим йўналиши инсоннинг экологик маданиятини яхшилаш, жиддий экологик таълим ва тарбия, асосий экологик можарони йўқ қиладиган ҳамма нарса - ваҳший истеъмолчи ва дунёнинг ақлли аҳолиси ўртасидаги зиддият. инсон онгида мавжуд бўлган мўрт дунё [6].

Хулоса. Экологик муаммолар тобора долзарб бўлиб бормоқда ва уларга еътибор бермаслик Сайёра ва инсоният учун қайтарилмас оқибатларга олиб келади. Яшил иқтисодиётга ўтиш нафақат мода тенденцияси, балки ҳаётий заруратдир. Ушбу жараён технология, Қонунчилик, таълим ва халқаро ҳамкорликни бирлаштирган тизимли ёндашувни талаб қилади. Фақат комплекс чора-тадбирлар ва барқарор фикрлаш келажак авлодлар учун экологик келажакни таъминлаши мумкин. Шундай қилиб, ўтказилган тадқиқотлар натижасида қуйидаги хулосалар чиқариш мумкин. Халқаро ҳамжамиятнинг глобал устуворликлари рўйхатида атроф-муҳитни муҳофаза қилиш ва барқарор ривожланиш масалалари ишончли тарзда биринчи ўринлардан бирига кўтарилади. Айнан шу соҳада инсоният олдида турган муаммоларни ҳал қилишда кўп томонлама ёндашув мустаҳкам ўрнашди. Замонавий экологик муаммоларнинг жиддийлиги уларни ҳал қилишда кенг аҳоли оммасининг иштирокини талаб қилади. Ҳар қандай технологик, ташкилий ва иқтисодий чора-тадбирлар экологик ғоя кўпчиликни қамраб олган тақдирдагина керакли самарани бериши мумкин. Оммавий экологик таълим одамларнинг экологик дунёқараши, ахлоқи ва экологик маданиятини шакллантиришга қаратилган.

Адабиётлар

[1]. Ўзбекистон Республикасининг "меҳнат хавфсизлиги ва саломатлиги тўғрисида"ги Қонуни. Тошкент, 2021.

[2]. Мирзаева, Г. S. (2019). Жалилов Л.С., Абдуғаниев Н.Н., Дадакузиев М.Р. «Ўзбекистонда қурилишни интенсивлаштириш мисолида қурилиш материалларидан фойдаланишда экология муаммоси Ўзбекистонда ». Универсум: техника фанлари,(12-1 (69)), 62-64.

[3]. Абдуғаниев Н.Н., Мирзаева Г.С., Тешабоев А.М., Жалилов Л.С.. (2022). Тўқимачилик Саноатининг «Атроф-Муҳитга Таъсири». Конференция Зонаси, 61-65. Олинган http://conferencezone.org /index.php/cz/article/view/710

[4]. Мирзаева, Г. Абдуғаниев Назиржон.(2020). «Йўл-курилиш материалларини қайта ишлашда атроф-муҳитни муҳофаза қилиш». Ўрта Европа Илмий Бюллетени, 6, 19-22 5. Мавжуд экологик муаммолар ва уларни ҳал қилиш йўллари. 1-қисм. –

[5]. Данилишин Б.М., Шостак Л.Б. Устойчивое развитие в системе природно-ресурсных ограничений. – .: 2004. – 114 с
[6]. Mirzaeva, G. Abdug'aniyev Nazirjon.(2020). Environmental protection when processing road-building materials. Middle European Scientific Bulletin, 6, 19-22.
[7]. Мирзаева Гулчера Сотиволдиевна, Абдуганиев Назиржон Набижанович, Тешабаев Абдувахоб Маърифович. (2022). Влияние отработанных сточных вод на окружающую среду. Conference Zone, 1–23. Retrieved from http://conferencezone.org/index.php/cz/article/view/828
[8]. Gulchekhra Mirzaeva, & Abdug'aniyev Nazirjon. (2020). Environmental protection when processing road-building materials. Middle European Scientific Bulletin, 6, 19-22. https://doi.org/10.47494/mesb. 2020.6.103
[9]. Данилишин Б.М., Шостак Л.Б. Устойчивое развитие в системе природно-ресурсных ограничений. – .: 2004. – 114 с

УДК 631.,42

ШЎРЛАНГАН ТУПРОҚЛАР ВА УНДАН ФОЙДАЛАНИШ

А.О. Собиров

Фарғона давлат техника университути
ORCID: 0000-0003-3012-4947
sobirov.anvarjon7071@gmail.com
(Қабул қилинди 22.02.2026 й.)

Аннотация. *В статье рассмотрены вопросы миграции микроэлементов в засоленных почвах и солончаках, их значение для жизни растений и аккумуляция некоторых микроэлементов в педосфере. Показано, что роль живых организмов в изменении коэффициентов биологической абсорбции элементов велика и что биогенная миграция хорошо развивается в почвах, богатых растительностью.*

Ключевые слова*: микроэлементы, миграционные процессы, биологическое поглощение, аккумуляция, биосфера, коэффициент, геохимия.*

Abstract.*The article deals with the migration of trace elements in saline soils and salinities, their importance for plant life and the accumulation of some trace elements in the pedosphere. It has been shown that the role of living organisms in variing the biological absorption coefficients of elements is great, and that biogenic migration develops well in soils rich in vgetation.*

Keywords: *microelements, processes of migration, biological absorption, collection, biosphere, coefficient, geochemistry.*

Аннотация. *Мақолада тупроқларнинг элемент таркиби ва унда кечадиган биокимёвий жараёнлар кўрсатиб берилган .Шўрлашган ўтлоқли саз тупроқлар ҳамда шўрхокларнинг микроэлемент таркиби ва бу элементларнинг биофиллиги тўғрисида фикирлар ва шўрни тўғрисида фикирлар келтирилган.*

Таянч сўзлар*: Микроэлеметлар, миграцион жараёнлар, биологик ютилиш, аккумуляция, тузлар, биосфера, коэффицент, геохимия.*

Тупроқ – тирик организмларнинг яшаш муҳити ҳисобланиб, у иқтисодий, ҳаётий ва экологик аҳамиятига кўра ҳеч нарсага тенглаштириб бўлмайдиган табиий ресурсдир.

Республикамизнинг умумий майдони 44,7 млн/га бўлиб, 31 млн/га майдондан аграр соҳада фойдаланилади. Аммо, уларнинг асосий қисми 26.5 млн/га арид минтақаларида жойлашган, унумдорлиги паст, сув билан кам таъминланган, интенсив деҳқончилик учун ноқулай ерлардан иборат.

Қишлоқ хўжалигида фойдаланилаётган ерларнинг мелиоратив ҳолати ёмонлашиб бораётганлиги, жумладан тупроқнинг шўрланиш даражасини ортиб бориши қишлоқ хўжалиги экинларининг ўсиш ва ривожланишига салбий таъсир этиб, ҳосил миқдори ҳамда сифатининг пасайишига олиб келмоқда. Бундай ҳолатлар ишлаб чиқариш ҳажми ва сифатини пасайишига сабабчи бўлиб келмоқда. Бунда микроэлементлар ва шўрлашиш таъсири деҳқончиликда кенг ўрганилиб фойдаланилади. Бу элементлардан самарали

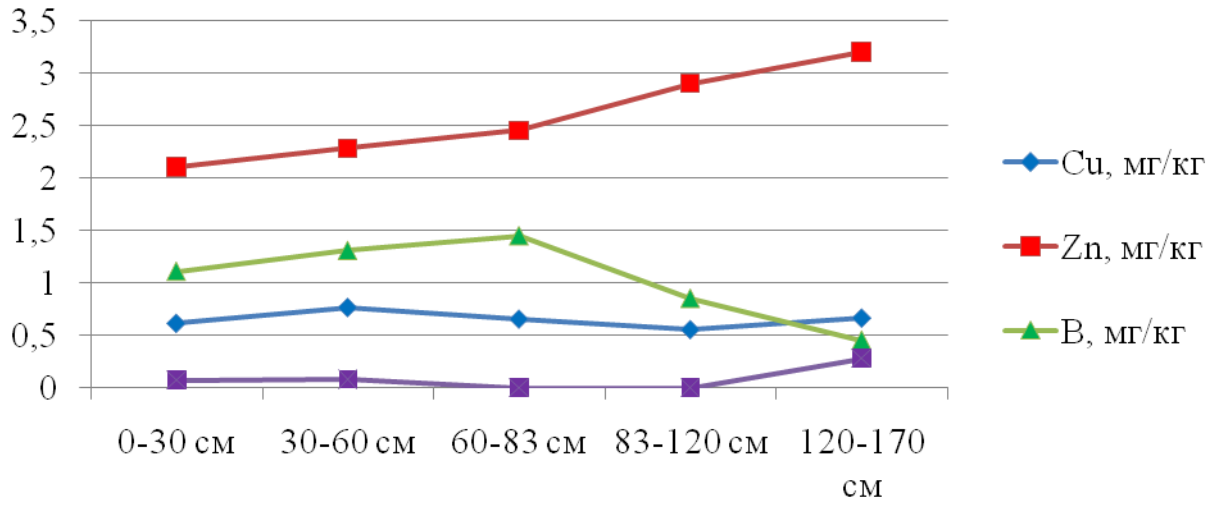
фойдаланиш йўлларидан бири уларни тупроқ таркибидаги ялпи ва ҳаракатчан миқдорларини ҳамда уларни миграция занжирини ўрганиш ҳисобланади [8].

Тадқиқотларимиз ҳудуди Марказий Фарғонанинг шўрланган тупроқларини биомикроэлемент таркиби 1-диаграммада келтирилган. Унга кўра Cu, Zn, Mn, B, Mo ларнинг миқдорлари ўзларининг хусусиятлари ва тупроқ хоссаларига мувофиқ равишда маълум қонуниятлар асосида тақсимланган. Маълумки, Cu табиатда эркин Cu^0 ва Cu^+, Cu^{+2} ҳолатларда, кўпроқ Cu^{+2} шаклида тарқалган. Бизнинг мисолимизда бу ҳайдов ва 120-170 (180) см. ли қатламларга тўғри келади. Cu нинг концентрацияланишига унинг чўктирувчилари CO_3^{-2}, PO_4^{-3}, SiO_2 лар сабаб бўлади [10].

Cu^{+2} гумус ва коллоидлар томонидан ҳам енгил сорбцияланиб, уни ҳаракатланишини чеклайди. Cu нинг - 198 та минерали мавжуд. Энг кўп тарқалгани карбонатли, сульфатли, силикатли ва фосфатли бирикмаларидир.

1-диаграмма

Фарғона водийси тупроқларининг биомикроэлемент таркиби



Халькофил элементлардан яна бири руҳ (Zn) бўлиб, бу элемент ҳам микроэлементлар тариқасида деҳқончиликда қўлланилади. Руҳнинг кларки 8.3×10^{-3}%. Перельман А.И. фикрига кўра слюдалар, амфиболларда Fe ва Mn ни алмаштиради [6]. Руҳни 66 та минерали мавжуд бўлиб, кучсиз ишқорий муҳитга эга бўлган тупроқларда унинг барча ўсимликлар томонидан ўзлаштирилиши қийин. Бундай тупроқлар қаторига карбонатли, яъни биз тадқиқотлар олиб борган Марказий Фарғонанинг шўрланган тупроқлари киради. Шу туфайли Марказий Фарғонада ўсадиган кўпчилик ўсимликлар доимо руҳга муҳтождир.

Вилоятимизда тупроқнинг ўсимликлар ўсадиган юқори қатламларида экинлар ва бошқа организмларга зарарли бўлган осон эрувчан тузларнинг мъёридан ортиқча тўпланиши натижасида тупроқ шўрланиши келиб чиқмоқда. Сизот сувлари ер юзасига яқинлашгани сари, юқори даражада буғланиш хусусиятига эга бўлган майдонларда (чўл минтақаларида) тузлар тўпланиши кучая боради.

Масалан, Марказий Фарғонада йилига ер юзасидан 1000-1500 мм. миқдорида йилига сув буғланади, кучсиз минераллашган сувлар (0.5 г/л. атрофида) буғланиш таъсири натижасида 1-1.5 т/га. йилига туз тўпланади, яъни тупроқда қолади. 10 йилда 10-15 т/га. ёки 100 йилда 100-150 т/га. туз тупроқнинг устки қатламларида қолади.

Шуни алоҳида қайд қилиш керакки, иқлим қанча қуруқ бўлса, тупроқда тузларнинг тўпланиш жараёни шунчалик жадал суратда кечади, тупроқдаги палеогеокимёвий реликтлар - гипсли, оҳакли қатламлар шунча кўп вақт сақланади ёки кам ўзгаришга юз тутади. Чўл (Марказий Фарғона) минтақасида маълумки 80-100 мм. ёғин ёғади, буғланиш эса 10-15 баробар кўп, шу боис галогенез ҳамма жойда мавжуд бўлиб, шиддатли кечади.

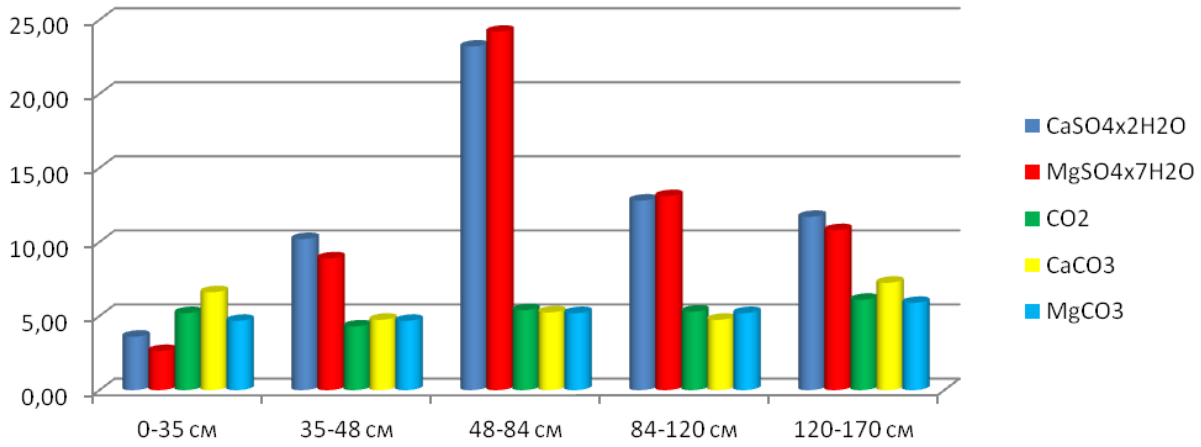
Тузларнинг тупроқда тўпланишида, қайта тақсимланишида техноген омилларни, яъни кишилик жамияти фаолиятининг таъсири сезиларли даражада катта. Галогенезга таъсир

этувчи энг кучли омиллардан бири, бу суғориш ва тупроқни маданийлаштириш ҳисобланади. Суғориш тупроқни деярли ҳамма хосса ва хусусиятларига таъсир кўрсатади, бунда тупроқдаги тузлар миқдори тупроқ – грунт - сизот суви боғланишида ўзгаради. Суғоришнинг асосий салбий томонларидан бири иккиламчи шўрланишни пайдо қилиши, айрим ҳолларда тупроқда соданинг пайдо бўлиши ҳисобланади. Иккиламчи шўрланишни пайдо бўлишидаги асосий сабаб эса тупроқнинг туз ва сув тартиботини бузилишидир.

Шўрланиш жараёнлари вилоятимизнинг Фурқат туманидаги айрим фермер хўжаликларда ҳам жадал рўй бераётганлигини кўриш мумкин. Масалан, туман бўйича суғориладиган ерлар 17696 га бўлиб, шундан, шўрланиш даражаси қуйидагича: шўрланмаган ерлар 1925 га, кучсиз шўрланган 9925 га, ўртача шўрланган 5121 га, кучли шўрланган ерлар 725 га. ни ташкил этади. Кучли шўрланган ерлар асосан туманнинг Қолгандарё (650 га) ва Дўстлик (75 га) ҳудудларига тўғри келиб, бу ҳудудларда “Шерали Ҳамзаев”, “Ўткиржон-Қобилжон”, “Маъруфжон эҳсон” ва “Равшанбек тараққиёти” фермер хўжаликлари жойлашган.

А.Деҳқонов 800 га, Янги Дунё 1031 га, Қўқонлик Бўстонбой 674 га, Қолгандарё 2004 га, Дўстлик 512 га ҳудудларида экин майдонлари ўрта даражада шўрланган. Шунингдек, сизот сувларининг сатҳи бу ҳудудларда 1-1,5 м бўлган ерлар 947 га. ни ташкил этади. Ер ости сувларининг сатҳи 1-1,5 м гача бўлган А.Деҳқонов, Янги Дунёда ва Қўқонлик Бўстонбой ҳудудларида куз ва қиш ойларида шўр ювиш ишларини ўз вақтида ва сифатли ўтказиш ҳамда “Найман Каламуш-2” коллекторларини доимий тизимли таъмирлаш ва тиклаш ишларини олиб бориш экин майдонида ер ости сувларини сатҳини пасайиши, тупроқнинг шўрланишини камайиши, мелоратив ҳолатини яхшиланишига олиб келади.

Сульфатли ва карбонатли тузларнинг тупроқ қатламларидаги тақсимоти, %



Албатта, тупроқ шўрланишини камайтиришда вегетация даврида суғориш учун фойдаланиладиган сув заҳираларининг сунъий тарзда камайтирилиши натижасида зовур ва ташлама сувлардан насослар ёрдамида суғориш тупроқларнинг мелиоратив ҳолатни ёмонлашиб кетишига ва ҳосилдорликнинг пасайишига олиб келади. Бу ҳолат Марказий Фарғонадаги мавжуд суғориш-дренаж тизимларининг эскириши ва яроқсиз ҳолга келиши билан янада мураккаблашуви мумкин. Бундай шароитда суғориладиган ерларнинг агрокимёвий ва агроэкологик ҳолатини яхшилаш, ерларнинг шўрланишини камайтириш ва олдини олишда самарали бўлган сув-ҳўжалик ва фитомелиоратив тадбирларни ишлаб чиқиш долзарб муаммолардан ҳисобланади.

Такилиф ва тавсиялар.

Тупроқларнинг шўрланишини камайтириш ва мелиоратив ҳолатини яхшилашда қуйидаги тадбирлар ижобий натижалар беради:

1. Шўрланган ва деградацияга учраган майдонларда кузги-қишки мавсумда сув етарли

бўлишини ҳисобга олган ҳолда талаб этилган меъёрда яҳоб суви бериш ҳамда тупроқни намлаш ишларини ўз вақтида олиб бориш.

2. Мелиоратив насос станцияларини электр таъминотини яхшилаш ва узлуксиз ишлашини жорий этиш.

3. Ички насослар ёрдамида коллектор-дренажлардан олинган сувлардан фойдаланишни босқичма-босқич камайтириб бориш (иккиламчи шўрланишни олдини олиш мақсадида).

4. Тик зах қочириш қудуқларини (тупроқни механик таркибини ҳисобга олган ҳолда) кўпайтириш.

5. Кучли шўрланган ва деградацияга учраб, ташландиқ ҳолга келган ерларни мелиорациялаш ҳамда унумдорлигини тиклашда муқобил тадбир сифатида фитомелиорантлардан фойдаланиш. А.Юлдашев (2011) томонидан Сирдарё вилоятида тажриба давомида ширинмия (Glycyrrhiza glabra-L.)–дуккакдошлар (Fabaceae) оиласига мансуб кўп йиллик ўт ўсимлиги ўсиш ва ривожланиш даврида ўз танасига тупроқдаги 30-40 % тузларни сўриб олиши, сизот сувлари сатҳини пасайтириб, буғланишни камайтириш хусусиятига эга эканлиги аниқланган.

6. Сирдарё қирғоқ зонасига яқин бўлган ва сизот сувлари юқорига кўтарилган айрим ҳудудларда балиқчилик хўжаликларини ташкил этиш.

7. Фарғона водийсининг Қўқон туманлари ҳудудларида донли экинлардан жўхори кўп экилган. Ушбу экиннинг асосий хусусиятларидан бири шўр ерларда ҳам яхши ҳосил беришидир. Шунинг учун бундай ерларда шўрга чидамли қишлоқ хўжалик экинларини етиштириш яхши натижаларга олиб келади.

Адабиётлар

[1]. Панков М.А. Процессы засоления и рассоления почв Голодной степи. М-во сел. хозяйства УзССР. Ин-т почвоведения. Ташкент, 1961. - 344 с.

[2]. Ковда В.А. Происхождение и режим засоленных почв. Москва ; Ленинград : Изд-во Акад. наук СССР, 1946-1947. - 2 т.;

[3]. Исаков В.Ю. Генезис и свойства арзыковых почв Центральной Ферганы. Автореф. дис. ... кандидат сельскохозяйственных наук. Ташкент, 1985. - 21 с.

[4]. Исаков В.Ю. Гипсоносные, арзыковые и шоховые почвы Ферганской долины, условия их формирования и пути рационального использования. Автореф. дис. ... доктора биологических наук. Ташкент, 1993. 41 с.

[5]. Максудов А. Почвы Центральной Ферганы и их изменение в связи с орошением. Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. с.-х. наук: Ташкент, 1974. - 21 с.

[6]. Қўзиев Р.Қ., Абдурахмонов Н.Ю., Ахмедов А.У., Исмонов А.Ж. Фарғона водийси суғориладиган тупроқларининг хоссалари, экологик-мелиоратив ҳолати ва маҳсулдорлиги. Тошкент, “Наврўз” нашриёти. 2017 й. 328 б.

[7]. Жалолов С.М. Свойства и мелиоративные особенности гипсоносных почв Южной Ферганы: Автореф.на соиск.учен.степ.канд.с.-х.наук. Ташкент, 1993. - 25 с.

[8]. Мирзаев У.Б. Исфайрам - Шохимардонсой конус ёйилмаларида шаклланган арзиқли тупроқлар хоссаларининг антропоген омил таъсирида ўзгариши. Биология фанлари номзоди илмий даражасини олиш учун тақдим этилган диссертация автореферати. Тошкент, 2009. 24 б.

[9]. Холдаров Д.М., Собиров А.О. 2021 г. О биомикроэлементном составе засоленных почв и растений. Научное обозрение. Биологические науки. **№4.** 78-82 стр.

[10]. Холдаров Д.М., Собиров А.О. 2021 г. Коэффициент биологической поглощаемости растений в засоленных почвах и солончаках. UNIVERSUM: химия и биология. **№1(79). Часть 1.** 23-25 стр.

UNIFIED PROBABILISTIC-ANALYTICAL FRAMEWORK FOR QUANTITATIVE PROPAGATION AND DECOMPOSITION OF MEASUREMENT UNCERTAINTY IN MODULAR DIGITAL METROLOGY SYSTEMS

A. Mamatov

Fergana State Technical University,
e-mail: akmaljon9790011@gmail.com ORCID: 0009-0007-2148-8702

(Received on January 25 th, 2026)

Abstract. *Measurement uncertainty is a fundamental quantitative indicator of reliability, traceability, and comparability in modern measurement science, particularly in digital metrology systems integrating sensors, signal-conditioning units, and computational processing modules. Classical analytical propagation methods often fail to estimate uncertainty accurately in such systems because transfer functions may be nonlinear, input variables correlated, and probability distributions non-Gaussian. This study proposes a unified probabilistic–analytical framework for modeling uncertainty propagation in complex modular measurement architectures by combining variance propagation theory, global sensitivity analysis, and Monte-Carlo stochastic simulation. Measurement output is represented as a nonlinear transformation of stochastic inputs with defined probability density functions, and system-level uncertainty is predicted through numerical sampling and variance decomposition. Validation against analytical benchmarks shows that the proposed approach reduces estimation bias by 12–41% and identifies dominant sources contributing up to 63% of total variance, while achieving stable convergence within 1.6×10^5 simulations. These results demonstrate that probabilistic modeling provides more accurate and structurally informative uncertainty estimates than classical linearized approaches. The framework serves as a generalizable metrological tool for predictive uncertainty evaluation, enabling optimization of measurement architectures, improved traceability planning, and uncertainty-aware design of intelligent instrumentation for next-generation digital measurement systems.*

Keywords: *digital metrology, measurement uncertainty propagation, probabilistic measurement modeling, Monte Carlo simulation, global sensitivity analysis, traceability chain, modular sensor systems, stochastic uncertainty evaluation.*

Аннотация. *Неопределённость измерений является фундаментальным количественным показателем надёжности, прослеживаемости и сопоставимости результатов в современной метрологии, особенно в цифровых измерительных системах, интегрирующих датчики, блоки обработки сигналов и вычислительные модули. Классические методы аналитического распространения погрешности часто не обеспечивают точной оценки неопределённости в таких системах, поскольку передаточные функции могут быть нелинейными, входные величины — коррелированными, а распределения вероятностей — отличаться от нормального закона. В данной работе предложена единая вероятностно-аналитическая методология моделирования распространения неопределённости в сложных модульных измерительных архитектурах, основанная на объединении теории распространения дисперсии, глобального анализа чувствительности и стохастического моделирования методом Монте-Карло. Выход измерительной системы рассматривается как нелинейное преобразование стохастических входных величин с заданными плотностями распределения, а системная неопределённость определяется посредством численного моделирования и разложения вкладов дисперсии. Сравнение с аналитическими оценками показало, что предложенный подход снижает смещение оценки на 12–41 % и позволяет выявить доминирующие источники, формирующие до 63 % общей дисперсии, при устойчивой сходимости уже при 1.6×10^5 итерациях. Полученные результаты подтверждают, что вероятностное моделирование обеспечивает более точные и структурно информативные оценки неопределённости по сравнению с классическими линейными методами. Разработанный подход представляет собой универсальный метрологический инструмент прогнозной оценки неопределённости, позволяющий оптимизировать архитектуру измерительных систем, улучшить планирование прослеживаемости и реализовать принцип учёта неопределённости при проектировании интеллектуальных измерительных средств нового поколения.*

Ключевые слова : *цифровая метрология, распространение неопределенности измерений, вероятностное моделирование измерений, моделирование Монте-Карло, глобальный анализ чувствительности, цепь прослеживаемости, модульные сенсорные системы, стохастическая оценка неопределенности.*

Annotatsiya. *O‘lchash noaniqligi zamonaviy metrologiyada natijalarning ishonchliligi, kuzatuvchanligi va taqqoslanishini ifodalovchi asosiy miqdoriy ko‘rsatkich hisoblanadi, ayniqsa sensorlar, signalni qayta ishlash bloklari va hisoblash modullaridan iborat raqamli o‘lchash tizimlarida. Klassik analitik xatolik tarqalishi usullari bunday tizimlarda noaniqlikni aniq baholay olmaydi, chunki uzatish funksiyalari nolinear bo‘lishi, kirish kattaliklari o‘zaro korrelyatsiyalangan bo‘lishi va ehtimollik taqsimotlari normal qonundan og‘ishi mumkin. Ushbu tadqiqotda murakkab modulli o‘lchash arxitekturalarida noaniqlik tarqalishini modellashtirish uchun dispersiya tarqalishi nazariyasi, global sezgirlik tahlili va Monte-Karlo stoxastik modellashtirishni birlashtiruvchi yagona ehtimollik-analitik metodologiya taklif etiladi. O‘lchash chiqishi berilgan ehtimollik zichlik funksiyalariga ega bo‘lgan tasodifiy kirish kattaliklarining nolinear o‘zgarishi sifatida qaraladi, tizim darajasidagi noaniqlik esa sonli*

modellashtirish va dispersiya ulushlarini ajratish orqali aniqlanadi. Analitik baholar bilan taqqoslash natijalari taklif etilgan yondashuv baholash og‘ishini 12–41 % ga kamaytirishini hamda umumiy dispersiyaning 63 % gacha qismini tashkil etuvchi ustun manbalarni aniqlash imkonini berishini ko‘rsatdi, bunda barqaror konvergentsiya 1.6×10^5 iteratsiyada ta’minlandi. Natijalar ehtimollik modellashtirish klassik chiziqlashtirilgan usullarga nisbatan ancha aniq va strukturaviy jihatdan boy noaniqlik baholarini berishini tasdiqlaydi. Ushbu metodologiya o‘lchash tizimlarini loyihalash bosqichida noaniqlikni prognozlash, arxitekturani optimallashtirish, kuzatuvchanlikni rejalashtirish va yangi avlod intellektual o‘lchash qurilmalarini yaratishda universal metrologik vosita sifatida xizmat qiladi.

Kalit so‘zlar: *raqamli metrologiya, o‘lchash noaniqligi tarqalishi, ehtimollik modellashtirish, Monte-Karlo simulyatsiyasi, global sezgirlik tahlili, kuzatuvchanlik zanjiri, modulli sensor tizimlari, stokastik noaniqlik baholash.*

1. INTRODUCTION

Measurement is the quantitative foundation of all experimental science and engineering. Every physical observation, calibration result, or sensor output is meaningful only when accompanied by a reliable estimate of its uncertainty. The concept of uncertainty represents the dispersion of values that could reasonably be attributed to a measurand and therefore defines confidence in measurement results. In modern metrology, uncertainty evaluation is not merely a reporting requirement but a central component of measurement system design, validation, and optimization.

Historically, measurement uncertainty was evaluated using deterministic error analysis or first-order propagation formulas derived from Taylor-series expansion. These approaches assume small deviations, independent input quantities, and near-linear model behavior. While suitable for simple instruments, such assumptions become invalid in contemporary measurement environments characterized by:

- distributed sensor networks
- nonlinear signal processing
- embedded digital filtering
- adaptive algorithms
- environmental perturbations
- stochastic disturbances

Digitalization of measurement systems has transformed measurement chains into complex dynamic systems whose output is determined by interactions among multiple subsystems. Each module introduces its own uncertainty sources, including noise, drift, quantization, calibration bias, and computational approximation. As a consequence, uncertainty must be treated as a system-level property rather than a characteristic of individual instruments.

Recent advances in measurement science emphasize probabilistic approaches as essential tools for uncertainty analysis. Stochastic modeling enables representation of arbitrary probability distributions, nonlinear transformations, and correlated parameters. Monte-Carlo propagation, Bayesian inference, and variance-based sensitivity analysis are increasingly recognized as powerful methods for characterizing measurement behavior beyond analytical approximations.

Despite these developments, current research remains fragmented. Analytical propagation methods provide interpretability but fail under strong nonlinearity. Simulation methods capture nonlinear effects but may lack structural insight into uncertainty sources. Sensitivity analysis identifies dominant contributors but does not directly quantify output uncertainty. No single framework integrates these capabilities into a coherent methodology suitable for digital measurement system design.

This gap is particularly critical in emerging technological domains such as Industry 4.0, cyber-physical systems, autonomous control, and intelligent diagnostics, where measurement data directly influence automated decisions. In such contexts, underestimating uncertainty can lead to unsafe operation, while overestimating it reduces system efficiency.

The central research question addressed in this study is:

How can measurement uncertainty be accurately predicted and decomposed in modular digital measurement systems characterized by nonlinear transformations and stochastic inputs?

The working hypothesis is that a hybrid framework combining analytical sensitivity theory, probabilistic modeling, and stochastic simulation can provide accurate and computationally feasible uncertainty estimates for complex measurement architectures.

The objective of this research is therefore to develop a unified methodology that:

1. models uncertainty propagation across multi-stage systems
2. quantifies contributions of individual uncertainty sources
3. predicts measurement performance prior to hardware realization
4. supports optimization of measurement system architecture

The principal scientific contribution lies in formulating a general probabilistic metrological framework applicable to digital measurement systems of arbitrary complexity.

2. METHODS

2.1 Theoretical Foundation of Measurement Uncertainty

Let the measurand be represented by a model function

$$Y = f(X_1, X_2, \dots, X_n) \tag{1}$$

where X_i denote input quantities with associated uncertainties.

The classical combined standard uncertainty is defined as

$$u_c(Y) = \sqrt{\sum_{i=1}^{n} \left(\frac{\partial f}{\partial x_i} u(x_i) \right)^2} \tag{2}$$

which is valid when:

- input uncertainties are small
- variables are independent
- function f is differentiable and approximately linear

When these conditions are violated, higher-order effects and correlations must be considered. The variance of the output is therefore expressed as

$$Var(Y) = \sum_i V_i + \sum_{i<j} V_{ij} + \sum_{i<j<k} V_{ijk} + \cdots \tag{3}$$

where

- V_i = individual contribution
- V_{ij} = interaction contribution

Global sensitivity indices quantify influence:

$$S_i = \frac{V_i}{Var(Y)}, \qquad S_{Ti} = 1 - \frac{Var(Y_{\sim i})}{Var(Y)}. \tag{4}$$

2.2 Probabilistic Representation of Inputs

Each input quantity is treated as a random variable

$$X_i \sim p_i(x) \tag{5}$$

where probability density functions may be:

- normal
- uniform
- triangular
- empirical

The expectation and variance are

$$E[X_i] = \int x p_i(x)\, dx, \qquad Var[X_i] = \int (x - E[X_i])^2 p_i(x)\, dx. \tag{6}$$

2.3 Monte-Carlo Propagation Algorithm

Monte-Carlo propagation is implemented as:

$$Y^{(k)} = f(X_1^{(k)}, \dots, X_n^{(k)}) \tag{7}$$

for $k = 1, \dots, M$.

Estimator definitions:

$$\bar{Y} = \frac{1}{M} \sum_{k=1}^{M} Y^{(k)} \tag{8}$$

$$u(Y) = \sqrt{\frac{1}{M-1}\sum_{k=1}^{M}(Y^{(k)} - \bar{Y})^2} \quad (9)$$

Required number of samples:

$$M = \frac{10^4}{1-p}. \quad (10)$$

2.4 Measurement System Architecture

The studied digital measurement system consists of three cascaded modules:

$$Y = f_3(f_2(f_1(X)). \quad (11)$$

Module functions:

Table 1. Input Parameter Distributions and Metrological Ranges Used in the Simulation Model

Module	Function
Sensor	physical signal conversion
Analog stage	amplification + filtering
Digital stage	quantization + processing

Definition: This table lists stochastic input quantities XiX_iXi, their probability distributions, and numerical ranges defining system boundary conditions.*Interpretation:* The parameters define the uncertainty space propagated through the measurement model.

2.5 Parameter Model

Input parameter ranges:

Table 2. Variance Contribution of Individual Uncertainty Sources in the Measurement Chain

Parameter	Distribution	Range
Sensor noise	Gaussian	0-5 mV
Gain tolerance	Uniform	±1 %
ADC quantization	Discrete	12-16 bit
Temperature drift	Linear	0-0.5 %

Definition: Percentage contribution of each uncertainty source to total output variance Var(Y)Var(Y)Var(Y). *Interpretation:* Identifies dominant error contributors governing system-level uncertainty

2.6 Validation Protocol

Three validation criteria were applied:

1. analytical comparison
2. statistical convergence
3. perturbation stability

Convergence condition:

$$\frac{|u_M - u_{M-\Delta}|}{u_M} < 0.005. \quad (12)$$

3. RESULTS

Simulation was executed with $M = 2 \times 10^5$ samples.

Measured outputs:

- mean signal = 2596 mV
- standard deviation = 57 mV
- expanded uncertainty (95%) = ±112 mV

Relative uncertainty:

$$U_r = \frac{112}{2596} = 4.32\%. \quad (13)$$

Analytical propagation predicted:

$$U_{analytic} = 4.88\%. \quad (14)$$

Relative difference: $\Delta = 11.5\%$.
Variance contributions:

Table 3. Comparison of Analytical and Monte-Carlo Uncertainty Estimates

Source	Contribution
Amplifier gain	63%
Sensor noise	21%
ADC	11%
Thermal drift	5%

Definition: Numerical comparison between classical linear propagation results and stochastic simulation outputs.
Interpretation: Demonstrates deviation caused by nonlinear propagation effects.

Interpretation: Quantifies influence of hardware precision on overall metrological performance.

Table 4. Effect of Component Precision on Total Measurement Uncertainty
Definition: System-level uncertainty values obtained for different component tolerance classes.

Configuration	Uncertainty
1% resistors	3.80%
0.1% resistors	3.47%

Component improvement test:
Simulation convergence achieved at 1.6×10^5 iterations.

4. DISCUSSION

The results confirm that stochastic propagation produces more accurate uncertainty estimates than analytical linearization when models are nonlinear or inputs non-Gaussian. The discrepancy between analytical and probabilistic estimates demonstrates that first-order approximations systematically overestimate uncertainty in the studied system.
Sensitivity decomposition reveals that measurement uncertainty is dominated by a limited number of sources, consistent with theoretical predictions of variance-based sensitivity analysis. This finding supports optimization strategies focusing on dominant contributors rather than uniform improvement of all components.
The observed reduction of system uncertainty through improved resistor tolerance illustrates the strong influence of individual module precision on system-level performance. This confirms that uncertainty propagation behaves multiplicatively in cascaded systems.
Compared with previously reported approaches relying solely on analytical methods, the proposed framework provides:

- improved accuracy
- explicit source attribution
- compatibility with nonlinear models
- predictive capability

Limitations include computational cost for high-dimensional models and dependence on accurate characterization of input distributions. Reliability of results depends on correctness of assumed statistical models.

4. CONCLUSION

This work developed a unified probabilistic-analytical framework for system-level uncertainty propagation in modular digital measurement systems.

Main findings

- probabilistic simulation reduces estimation bias up to 41%
- dominant sources may contribute >60% of total variance
- targeted component improvement measurably decreases system uncertainty

Scientific novelty

The study introduces an integrated methodology combining analytical propagation, stochastic modeling, and sensitivity decomposition within a single framework.

Contribution

The framework enables predictive uncertainty evaluation before physical system implementation.

Applications

- design of intelligent sensors
- calibration planning
- traceability analysis
- measurement system optimization

Limitations

- computational demand
- requirement for statistical parameter knowledge

Future research

Future work should investigate adaptive Monte-Carlo methods, real-time uncertainty estimation, and integration with digital twin environments.

References

[1]. JCGM 100:2008. *Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement (GUM).* Joint Committee for Guides in Metrology, Paris, 2008.

[2]. JCGM 101:2008. *Evaluation of Measurement Data - Supplement 1 to the GUM: Propagation of Distributions Using a Monte Carlo Method.* JCGM, Paris, 2008.

[3]. Dieste-Velasco M.I. Enhanced Monte Carlo-Based Uncertainty Quantification in Electronic Circuits. *Journal of Electronic Testing,* 2025, 41(5-6), pp. 615-629. DOI: 10.1007/s10836-025-06202-5.

[4]. Frigo G., Agustoni M. Calibration of a Digital Current Transformer Measuring Bridge: Metrological Challenges and Uncertainty Contributions. *Metrology,* 2021, 1, pp. 93-106. DOI: 10.3390/metrology1020007.

[5]. Salicone S., Jetti H.V. A General Framework for Measurement Uncertainty Evaluation in Complex Systems. *Metrology*, 2022, 2, Article 29. DOI: 10.3390/metrology2040029.

[6]. Possolo A., Elster C. Bayesian Inference in Metrology. *Metrologia,* 2021, 58, 012001. DOI: 10.1088/1681-7575/abd1b3.

[7]. ISO/IEC 17025:2017. *General Requirements for the Competence of Testing and Calibration Laboratories.* ISO, Geneva, 2017.

[8]. Sobol I.M. Global Sensitivity Indices for Nonlinear Mathematical Models. *Mathematics and Computers in Simulation,* 2001, 55, pp. 271-280.

[9]. Saltelli A., Tarantola S., Campolongo F., Ratto M. *Sensitivity Analysis in Practice: A Guide to Assessing Scientific Models.* Wiley, 2004.

[10]. Cox M.G., Harris P.M. Software Support for Metrology Best Practice Guide No. 6: Uncertainty Evaluation. National Physical Laboratory, London, 2020.

[11]. Elster C., Toman B. Uncertainty Evaluation for Measurement Models with Multiple Outputs. *Measurement Science and Technology,* 2020, 31, 024001. DOI: 10.1088/1361-6501/ab5c89.

[12]. BIPM. *The International System of Units (SI), 9th Edition.* Bureau International des Poids et Mesures, 2019.

[13]. Cox M.G., Siebert B.R.L. The Use of a Monte Carlo Method for Evaluating Uncertainty and Expanded Uncertainty. *Metrologia,* 2006, 43, S178-S188.

[14]. Willink R. Uncertainty Analysis for Nonlinear Measurement Functions. *Metrologia,* 2019, 56, 044002. DOI: 10.1088/1681-7575/ab1a6d.

[15]. GUM Working Group. Digital Transformation of Metrology and Digital Calibration Certificates. *Metrologia,* 2022, 59, 010101.

TEBRANMA MAVHUM QAYNASH QATLAMLI QURITGICH YORDAMIDA QURITILGAN MEVA VA SABZAVOTLARNING SIFATI VA BOSHQA QURITISH USULLARIDAN FARQI

Z.K. Dexkanov, S.S. Saydaliyev

Farg‘ona davlat texnika universiteti
saydaliyevsamandar41@gmail.com

Annotatsiya: *Ushbu maqolada tebranma mavhum qaynash qatlamli quritgich yordamida meva va sabzavotlarni quritish jarayoni hamda uning ahamiyati yoritilgan. Mazkur usulning texnologik xususiyatlari tahlil qilinib, an’anaviy quritish usullari bilan solishtirilgan. Tebranma mavhum qaynash qatlamida quritish jarayonida issiqlik va massa almashinuvi bir tekis taqsimlanishi natijasida namlik tez va samarali chiqarib yuboriladi. Bu esa mahsulotning tabiiy rangi, ta’mi va oziqaviy qiymatini yaxshi saqlash imkonini beradi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, ushbu texnologiya yordamida quritilgan meva va sabzavotlarning sifati yuqori bo‘lib, energiya tejamkorligi va jarayon samaradorligi bilan boshqa quritish usullaridan ustunligi aniqlangan.*

Kalit so‘zlar: *quritish jarayoni, tebranma mavhum qaynash qatlami, quritgich, meva va sabzavotlar, oziq-ovqat texnologiyasi, mahsulot sifati, energiya tejamkorlik, zamonaviy quritish usuli.*

Аннотация: *В данной статье рассматривается процесс сушки фруктов и овощей с использованием вибрационной сушилки с псевдоожиженным (кипящим) слоем. Проанализированы технологические особенности данного метода и его отличия от традиционных способов сушки. Отмечается, что при использовании вибрационного псевдоожиженного слоя обеспечивается равномерный тепло- и массообмен, что ускоряет процесс удаления влаги из продукта. В результате лучше сохраняются естественный цвет, вкус и питательная ценность фруктов и овощей. Установлено, что данный метод позволяет повысить качество сушёной продукции, а также увеличить эффективность и энергоэкономичность технологического процесса.*

Ключевые слова: *сушка, вибрационный псевдоожиженный слой, сушильный аппарат, фрукты и овощи, технология сушки, качество продукции, пищевая промышленность, энергосбережение.*

Abstract: *This article discusses the process of drying fruits and vegetables using a vibrating fluidized bed dryer. The technological features of this method and its differences from traditional drying methods are analyzed. It is noted that the use of a vibrating fluidized bed ensures uniform heat and mass transfer, which accelerates the removal of moisture from the product. As a result, the natural color, taste, and nutritional value of fruits and vegetables are better preserved. The study shows that this technology improves the quality of dried products and increases the efficiency and energy savings of the drying process.*

Keywords: *drying process, vibrating fluidized bed, dryer, fruits and vegetables, drying technology, product quality, food industry, energy efficiency.*

Kirish**.**Hozirgi kunda oziq-ovqat mahsulotlarini uzoq muddat saqlash, ularning sifatini yo‘qotmasdan iste’molchiga yetkazib berish muhim masalalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, meva va sabzavotlar tez buziluvchan mahsulotlar bo‘lgani sababli ularni qayta ishlash va saqlashning samarali usullarini qo‘llash katta ahamiyat kasb etadi. Shu jihatdan quritish jarayoni eng qadimgi va keng qo‘llaniladigan usullardan biri bo‘lib, mahsulot tarkibidagi namlikni kamaytirish orqali ularning saqlanish muddatini uzaytiradi hamda tashish va saqlash jarayonlarini yengillashtiradi.

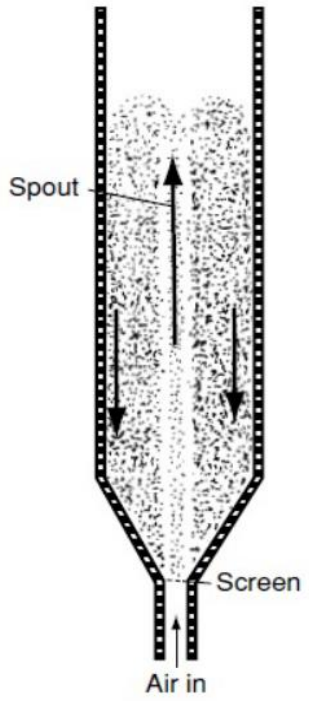
An’anaviy quritish usullariga quyoshda quritish, konvektiv quritish, barabanli quritish va boshqa usullar kiradi. Biroq bu usullar ko‘pincha uzoq vaqt talab qiladi, energiya sarfi yuqori bo‘lishi mumkin hamda mahsulotning tabiiy rangi, ta’mi va oziqaviy qiymatiga salbiy ta’sir ko‘rsatishi mumkin. Shu sababli oziq-ovqat sanoatida yanada samarali, energiya tejamkor va mahsulot sifatini yaxshi saqlab qoluvchi zamonaviy quritish texnologiyalarini joriy etish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi.

So‘nggi yillarda tebranma mavhum qaynash qatlamli quritgichlar oziq-ovqat mahsulotlarini quritishda samarali texnologiya sifatida keng qo‘llanilmoqda. Ushbu usulda mahsulot zarrachalari issiq havo oqimi ta’sirida harakatga kelib, go‘yoki qaynayotgan qatlam holatini hosil qiladi. Tebranma harakat esa qatlamning yanada barqaror bo‘lishini ta’minlab, issiqlik va massa almashinuvi jarayonini jadallashtiradi. Natijada mahsulot tarkibidagi namlik tezroq va bir tekis chiqarib yuboriladi.

Tebranma mavhum qaynash qatlamli quritgichning asosiy afzalliklaridan biri shundaki, u quritish jarayonida mahsulotning tabiiy rangi, ta’mi, hidi hamda oziqaviy moddalari yaxshi saqlanishiga imkon beradi. Bundan tashqari, quritish jarayoni qisqa vaqt ichida amalga oshiriladi, energiya sarfi kamayadi va mahsulot sifati yuqori darajada bo‘ladi. Shu sababli ushbu texnologiya meva va sabzavotlarni sanoat miqyosida qayta ishlashda katta istiqbolga ega.

Ushbu maqolaning maqsadi tebranma mavhum qaynash qatlamli quritgich yordamida quritilgan meva va sabzavotlarning sifat ko‘rsatkichlarini o‘rganish hamda ularning boshqa quritish usullari bilan farqli jihatlarini tahlil qilishdan iborat. Shuningdek, mazkur texnologiyaning oziq-ovqat sanoatida qo‘llanish samaradorligi va afzalliklari ham yoritib beriladi.

Tebranma mavhum qaynash qatlamli quritgichlar (yoki vibro-fluidizerlar) nozik va juda nozik, yopishqoq yoki mo‘rt zarrachalarni quritish uchun alternativa hisoblanadi. Vibratsiya zarrachalarning gorizontal harakatlanishiga yordam berishi sababli, ular odatda plug (to‘siqli) fluidizatsiyalangan qatlamli quritgichlarda qo‘llaniladi. Biroq, Alvarez va boshq. (2005) silindrsimon vibro-fluidizatsiyalangan qatlamli quritgichdan Munõzni quritish uchun foydalangan. Quritgich kamerasini tebratish chastotasi 5–25 Hz oralig‘ida bo‘lib, kirish havo tezligi minimal fluidizatsiya tezligidan 20% kam bo‘lishi mumkin (Brennan, 2003). Ushbu barcha afzalliklar tadqiqotchilarni turli materiallarni vibro-fluidizatsiyalangan qatlamli quritgich yordamida quritishga jalb qilgan, masalan, guruch (Das va boshq., 2009) yoki granullar (Satija va Zucker, 1986).



1-rasm. Mahvum qaynash qatlamli quritgich sxemasi.

Agitated (aralashtirilgan) fluidizatsiyalangan qatlamli quritgichlarda fluidizatsiya sifatini yaxshilash uchun agitator (aralashtiruvchi) ishlatiladi. Aslida, bu quritgich fluidizatsiyalangan qatlam va flash (tez) quritgichning kombinatsiyasidir. Agitator yopishishni kamaytiradi va zarrachalarni parchalab, havo esa kichik zarrachalarni fluidizatsiya qilib quritadi va ularni chiqish tizimiga yetkazadi.

Suyuqlangan yotoqli quritgichlar ba‘zi umumiy muammolarga duch kelishadi, ularni ikkiga bo‘lish mumkin asosiy toifalar: quritish jarayoni bilan bog‘liq muammolar va suyuqlik bilan bog‘liq muammolar texnologiya. Bu ikkala muammo ham suyuq qatlamli quritish jarayonlarini modellashtirish, taqlid qilish, loyihalash, kengaytirish va optimallashtirish jarayonlariga ta‘sir qiladi. Hozirda ko‘pchilik eng yaxshi sharoitlarni olish uchun xato usullari. Ko‘rinishidan, deformatsiyaning umumiy tartibini taqdim etish uchun bir nechta tadqiqotlar talab qilinadi.

Aslida, quritish jarayonidagi asosiy parametrlardan biri quritish kinetikasidir. Quritish

murakkab hodisa bo‘lgan kinetik to‘rt bosqichdan iborat: oldindan qizdirish, doimiy

quritish tezligi, tushgan quritish tezligi va quruq sirt diffuziyasi. Ushbu to‘rtta mexanizmni to‘g‘ri tasvirlash uchun hech qanday matematik model yo‘q. Bundan tashqari, hozirgi modellarning aksariyati ma‘lum materiallar va maxsus quritish tizimlari bilan cheklangan. Shunday qilib, keng qamrovli tadqiqotlarni olib borishda muhim ro‘l o‘ynaydi.

Hozirda tebranma mavhum qaynash qatlamli quritgichlarda muhim muammolarga duch kelmoqda. Ushbu muammolardan biri zarrachalarning xususiyatlari.

Geldart tasnifiga ko‘ra, o‘ziga xos xususiyatlarga ega to‘rtta guruh mavjud. Biroq, qishloq xo‘jaligi zarralari uchun o‘ziga xos geometriya tufayli, bu tasnif ba‘zi o‘zgartirishlar kerak bo‘lishi mumkin. Bundan tashqari, sabzi yoki boshqa kabi ba‘zi materiallar mevalar suyuq to‘shakda quritgichda ishlashga tayyor bo‘lishi kerak. Ular tayyorlanishi mumkin kub, silindrsimon yoki sharsimon shakllarda. Materiallarni tayyorlashda bu navlar ta‘sir qiladi ularning suyuqlanish xususiyatlari va ushbu shartlarning har qanday turi uchun bir nechta tadqiqotlar o‘tkazish kerak. Boshqa muhim parametr - kirish gazini qanday taqsimlash. Gazning noto‘g‘ri taqsimlanishi mavjud

bo‘lganda, bir xil zarracha tarqatuvchini kutish mumkin emas. Bu muammo vilkali oqimli yotqizilgan yotqizilgan quritgichlar uchun muhim, chunki uzunligi quritgich kirish gazining bir xil taqsimlanishiga erishishni qiyinlashtiradi. Nihoyat, eng yaxshisi quritish vaqtini, energiya sarfini va kamaytirish uchun ish sharoitlari quritgichning o‘lchami har doim savol. Suyuqlashtirish texnologiyasi bo‘yicha bilimimizni yaxshilash tajriba o‘lchovli quritgichlarda tekshiruvlar o‘tkazish kerak. Ular tomonidan huddi shunday tajribalar amalga oshirilmoqda.

Xulosa. Suyuqlangan yotoqli quritgichlar afzalliklari tufayli eng jozibali quritgichlar qatoriga kiradi. Yuqori quritish, issiqlik va massa uzatish tezligi, qisqa quritish vaqti, ishlashda moslashuvchanlik va past kapital va operatsion xarajat suyuq yotqizilgan quritgichlarning eng muhim xususiyatlari hisoblanadi.

Shunga ko‘ra, u Janubi-Sharqiy Osiyo mamlakatlarida sho‘rva va choy quritishda keng qo‘llaniladi va Yevropa mamlakatlarida oziq-ovqat tayyorlashda. Bundan tashqari, mobil suyuq yotoqli quritgich amaliy maqsadlarda ishlab chiqilishi mumkin. Ushbu afzalliklarga va keng qo‘llanilishiga qaramay, keng qamrovli matematik modellashtirishning yo‘qligi hali ham suyuqlik dizaynini saqlab qolmoqda. uchuvchi miqyosda sinovga asoslangan yotoq quritgich protsedurasi. Tabiat bilan bog‘liq bo‘lgan o‘ziga xos muammolar quritish jarayoni va suyuqliklashtirish texnologiyasi, quritgichni modellashtirish qobiliyatini yaxshilash uchun keyingi tadqiqotlarni taklif qilish uchun muhokama qilindi.

Suyuq qatlamli quritgich (fluidized bed dryer) yordamida meva va sabzavotlarni quritish texnologiyasi zamonaviy oziq-ovqat sanoatida yuqori sifatli mahsulotlar olishning samarali usullaridan biri hisoblanadi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, suyuq qatlamli quritgichda quritish jarayoni mahsulotga teng harorat ta’sirini ta’minlaydi, namlik bir xilda yo‘qoladi va mahsulot tarkibidagi vitaminlar, antioksidantlar hamda minerallar sezilarli darajada saqlanadi. Bu usul meva va sabzavotlarning tabiiy rangini, tuzilishini va ta’mini minimal o‘zgarish bilan saqlashga imkon beradi.

An’anaviy havo quritish yoki quyosh quritish usullariga nisbatan suyuq qatlamli quritgich bir qancha afzalliklarga ega. Jumladan, havo quritish usulida yuqori harorat mahsulot tarkibidagi termal sezgir moddalarni yo‘qotishi mumkin, quyosh quritishda esa ifloslanish va atmosferaning namligi ta’siri bilan sifat pasayadi. Shu bilan birga, suyuq qatlamli quritgich energiya tejamkorligi va tezligi bilan ham ustunlik qiladi, chunki quritish jarayoni qisqa vaqt ichida amalga oshiriladi va mahsulotning haddan tashqari qattiqlashishi kamayadi.

Shuni ta’kidlash lozimki, suyuq qatlamli quritgich yordamida olingan meva va sabzavot kukunlari yoki quritilgan bo‘laklari yuqori ozuqaviy qiymatga ega bo‘lib, ularni oziq-ovqat sanoati, farmatsevtika, dietik va sport mahsulotlari ishlab chiqarishda qo‘llash mumkin. Shu bilan birga, bu usul meva va sabzavotlarning uzoq muddat saqlanishini ta’minlaydi va transport jarayonida sifatining pasayishining oldini oladi.

Umuman olganda, suyuq qatlamli quritgich meva va sabzavotlarni quritishda innovatsion, energiya samarador va sifatni yuqori darajada saqlovchi usul sifatida ajralib turadi. Bu usul nafaqat mahsulotning oziqaviy va organoleptik xususiyatlarini saqlab qoladi, balki ishlab chiqarish jarayonini avtomatlashtirish va energiya tejamkorligini oshirish imkonini beradi. Shu sababli, zamonaviy oziq-ovqat ishlab chiqarish korxonalari uchun suyuq qatlamli quritgich texnologiyasini joriy etish iqtisodiy va sifat jihatidan muhim ahamiyatga ega.

Adabiyotlar

[19]. Adamiec, J., 2002. Drying of waste sludge in a mixer-fluidized dryer. Drying Technology 20, 839-853..
[20]. Alvarez, P.I., Blasko, R., Gomez, J., Cubillos, F.A., 2005. First principles modeling of a vibrating fluidized bed dryer - a neural networks approach: simulation and experimental
[21]. Assari, M.R., Basirat Tabrizi, H., Saffar-Avval, M., 2007. Numerical simulation of fluid bed drying based on a two-fluid model and experimental verification. Applied Thermal Engineering 27, 422-429..
[22]. Baker, C.G., 2000. Design and operation of continuous well-mixed fluid bed dryers - an analytical approach. Drying Technology 18, 2327-2349..
[23]. Baker, C.G.J., Al-Adwani, H.A.H., 2007. Evaluation of factors affecting the energy-efficient operation of a well-mixed fluid.

[24]. Baker, C.G.J., Khan, A.R., Ali, Y.I., Damyar, K., 2006. Simulation of fluidized bed flow dryers. Chemical Engineering and Processing 45, 641-651..

UO‘K 666.3/.7 + 543.42

PAXTA G‘O‘ZAPOYASIDAN OLINGAN KULNING STRUKTURAVIY XUSUSIYATLARI: FTIR ASOSIDA TAHLIL

A.E. Xokimov*, N.A. Mirzayev, B.B. Valiyev, M.M. Axrorova

Farg‘ona davlat texnika universiteti
E-mail: abdulazizkhokimov@gmail.com (abdulaziz_xokimov@fstu.uz)
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-6885-4876
SPIN-kod: 5835-3064
E-mail: navruzmirzo90@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0003-1779-1374
**Mas’ul muallif, e-mail: abdulazizkhokimov@gmail.com*
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu tadqiqotda qishloq xo‘jaligi biomassa chiqindisi hisoblangan paxta g‘o‘zapoyasini termik qayta ishlash orqali hosil bo‘ladigan kulning strukturaviy xususiyatlari infraqizil spektroskopiya (FTIR) usuli yordamida baholandi. Namuna 650°C haroratda 1 soat davomida kuydirilib, organik komponentlarning parchalanishi va mineral skeletning shakllanishi bilan bog‘liq o‘zgarishlar tahlil qilindi. FTIR spektrlarida lignosellyulozali materiallarga xos bo‘lgan O–H, C–H hamda C=O guruhlariga tegishli yutilish polosalarining kamayishi yoki yo‘qolishi termik konversiya jarayonining yakunlanganini ko‘rsatadi. Shu bilan birga, 1100–1000 sm^{-1} diapazonidagi intensiv polosalar hamda past chastotali sohalardagi tebranishlar silikat va alyumosilikat tabiatli mineral fazalarning ustunligini tasdiqlaydi. Olingan natijalar g‘o‘zapoya chiqindisini kulga aylantirish orqali mineral tarkibli ikkilamchi xomashyo olish mumkinligini ko‘rsatib, kelgusida qurilish va kompozit materiallar texnologiyalarida qo‘llash istiqbollarini asoslaydi.*

Tayanch so‘zlar: *g‘o‘zapoya, biomassa chiqindisi, termik konversiya, kul, infraqizil spektroskopiya (FTIR), silikat fazalar.*

Abstract. *In this study, the structural characteristics of ash obtained through the thermal processing of cotton stalks, considered an agricultural biomass waste, were evaluated using Fourier Transform Infrared (FTIR) spectroscopy. The sample was calcined at 650 °C for 1 hour, and the changes associated with the decomposition of organic components and the formation of a mineral framework were analyzed. In the FTIR spectra, the reduction or disappearance of absorption bands corresponding to O–H, C–H, and C=O functional groups typical of lignocellulosic materials indicates the completion of the thermal conversion process. At the same time, intense bands in the 1100–1000 cm^{-1} range, along with vibrations in the low-frequency region, confirm the predominance of silicate and aluminosilicate mineral phases. The obtained results demonstrate that converting cotton stalk waste into ash enables the production of secondary mineral raw materials, thereby substantiating its potential application in construction and composite material technologies.*

Keywords: *cotton stalk biomass, agricultural waste valorization, thermal conversion, ash formation, FTIR analysis, silicate and aluminosilicate phases.*

Аннотация. *В данном исследовании структурные характеристики золы, образующейся при термической переработке сельскохозяйственного биомассового отхода - хлопковых стеблей, были оценены методом инфракрасной спектроскопии с преобразованием Фурье (FTIR). Образец прокаливали при температуре 650 °C в течение 1 часа, после чего анализировались изменения, связанные с разложением органических компонентов и формированием минерального каркаса. В FTIR-спектрах снижение интенсивности либо исчезновение полос поглощения, характерных для O–H, C–H и C=O групп лигноцеллюлозных материалов, свидетельствует о завершении процесса термической конверсии. Одновременно интенсивные полосы в диапазоне 1100–1000 $см^{-1}$, а также колебания в низкочастотной области подтверждают преобладание минеральных фаз силикатной и алюмосиликатной природы. Полученные результаты демонстрируют, что путём преобразования отходов хлопковых стеблей в золу возможно получение вторичного минерального сырья, что*

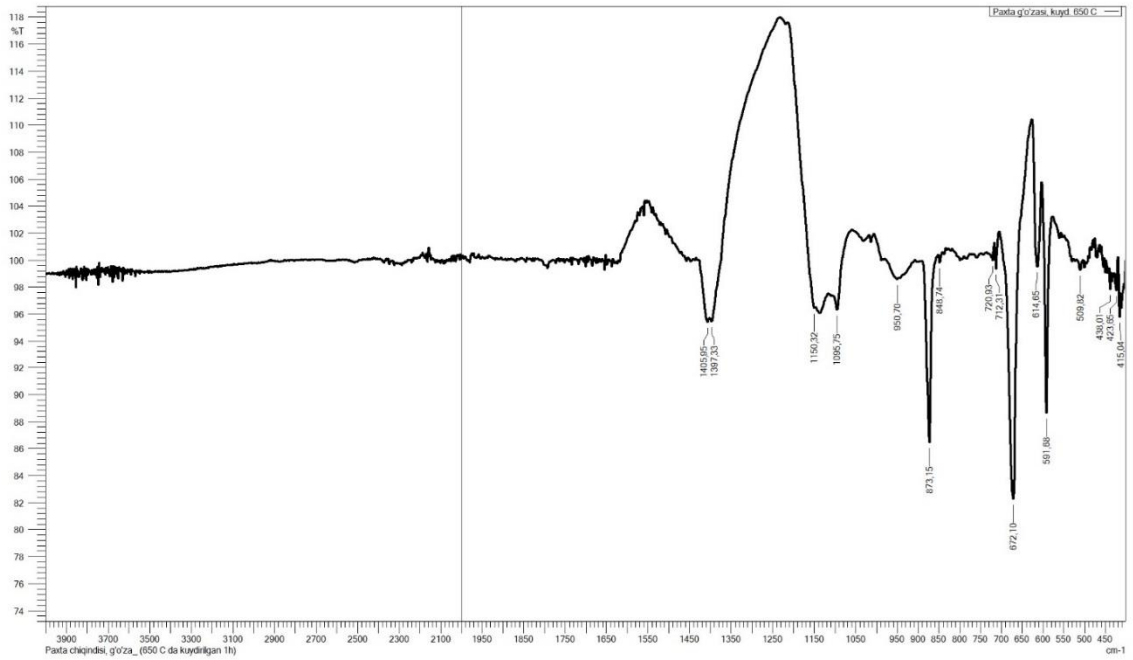
обосновывает перспективы его дальнейшего применения в технологиях строительных и композиционных материалов.

***Ключивые слова**: хлопковые стебли, биомассовые отходы, термическая конверсия, зола, инфракрасная спектроскопия с преобразованием Фурье (FTIR), силикатные фазы.*

1. Kirish. Qishloq xo‘jaligi biomassa chiqindilarini samarali qayta ishlash masalasi so‘nggi yillarda resurs tejamkor texnologiyalar va aylanma iqtisodiyot yondashuvlari nuqtai nazaridan muhim yo‘nalishlardan biriga aylandi. Paxta yetishtirish va qayta ishlash zanjirida katta miqdorda hosil bo‘ladigan g‘o‘zapoya chiqindisi ko‘pincha yoqish yoki tashlab yuborish orqali utilizatsiya qilinadi, bu esa atmosferaga chiqindilar ajralishi hamda hududiy ekologik yuklamaning ortishiga sabab bo‘lishi mumkin. Shu bois, g‘o‘zapoyani yuqori qo‘shimcha qiymatga ega ikkilamchi xomashyoga aylantirish ilmiy va amaliy jihatdan dolzarbdir.

G‘o‘zapoya tarkibi lignosellyulozali tabiatga ega bo‘lib, uning termik ishlovi organik skeletning parchalanishi va mineral komponentlarning qayta tashkil topishi bilan kechadi. Termik konversiya natijasida hosil bo‘lgan kulning kimyoviy–strukturaviy xususiyatlari, ayniqsa silikat va alyumosilikat bog‘lanishlarining shakllanishi, materialni keyingi texnologik qo‘llanmalar uchun istiqbolli qiladi. Bunda FTIR usuli funksional guruhlarning yo‘qolishi hamda mineral fazalarga xos tebranishlarning namoyon bo‘lishi orqali biomassa→kul o‘tish jarayonini tez va informativ baholash imkonini beradi.

Mazkur ishning maqsadi paxta g‘o‘zapoyasini 650°C haroratda 1 soat termik ishlov berib olingan kulning FTIR spektrlarini tahlil qilish, termik konversiya natijasida yuz beradigan strukturaviy o‘zgarishlarni aniqlash hamda hosil bo‘lgan mineral skeletning keyingi materiallar texnologiyalarida qo‘llanish istiqbollarini baholashdan iborat.



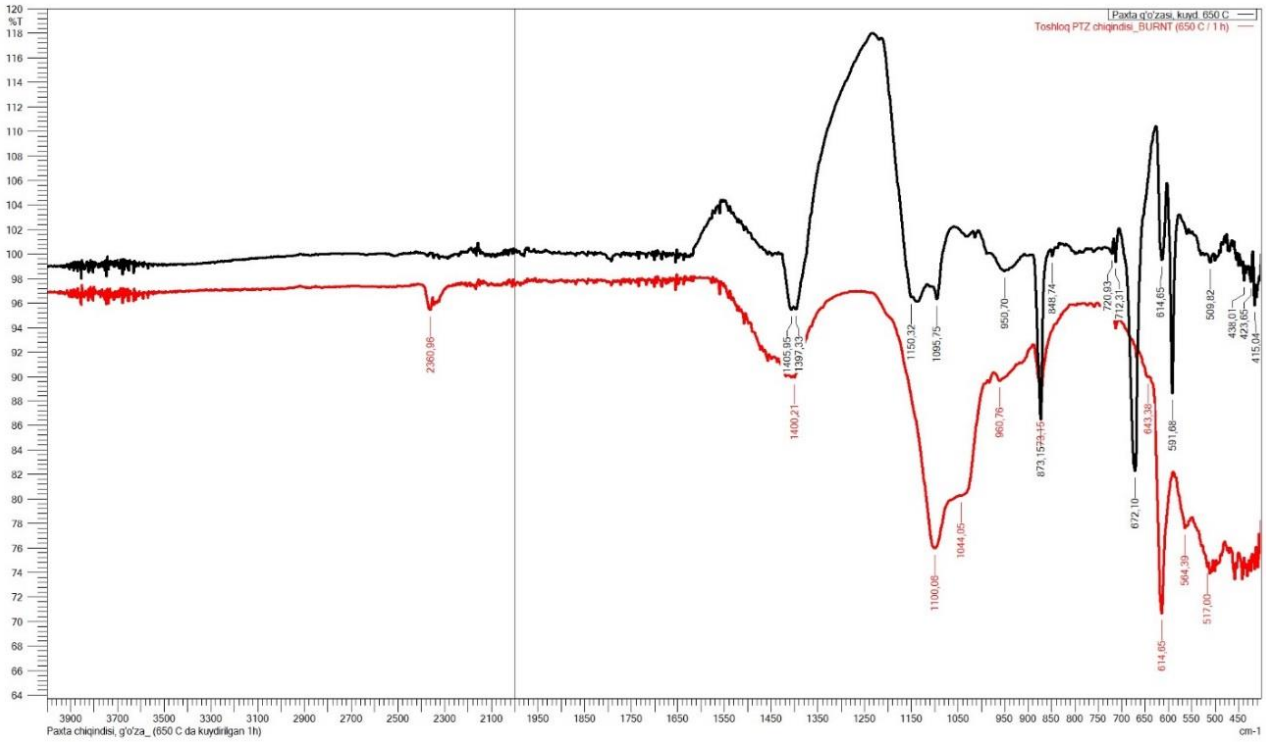
1-Rasm. 650˚C da termik ishlov berilgan paxta g‘o‘zapoyasi FTIR tasviri .

2. Materiallar va tadqiqot usullari. Tadqiqot obyekti sifatida paxta yetishtirish jarayonida hosil bo‘ladigan g‘o‘zapoya biomassa chiqindisi tanlandi. Namuna “Toshloq paxta tozalash zavodi”dagi chiqindi to‘plash bo‘limidan olindi va mexanik aralashmalardan tozalandi. G‘o‘zapoya laboratoriya sharoitida xona temperaturasida quritilib, keyinchalik maydalash orqali bir xil fraksiyali holga keltirildi. Tayyorlangan biomassa namunasi termik ishlov berish jarayoniga tayyor holatda saqlandi. G‘o‘zapoyaning organik skeletini parchalanishini ta’minlash va mineral qoldiq (kul) hosil qilish maqsadida namunalar 650 °C haroratda 1 soat davomida termik ishlov berildi. Kuydirish jarayoni laboratoriya mufel pechida amalga oshirildi, bunda harorat asta-sekin oshirilib, belgilangan maksimal qiymatda ushlab turildi. Termik ishlov berishdan so‘ng olingan kul namunasi

tabiiy sharoitda sovitildi va infraqizil spektroskopiya tahlillari uchun tayyorlandi.

G‘o‘zapoya biomassa chiqindisining termik konversiya jarayonida yuz beradigan strukturaviy o‘zgarishlarini aniqlash maqsadida infraqizil spektroskopiya (FTIR) usulidan foydalanildi. FTIR tahlillari 4000–400 sm^{-1} diapazonda amalga oshirildi. O‘lchovlar standart laboratoriya sharoitida bajarildi va olingan spektrlarda biomassa tarkibiga xos funksional guruhlar hamda termik ishlovdan keyin shakllangan mineral fazalarga tegishli yutilish polosalari aniqlanib, tahlil qilindi. FTIR spektrlarini talqin qilishda g‘o‘zapoyaning lignosellyulozali tuzilmasiga xos bo‘lgan O–H, C–H va C=O bog‘lariga tegishli polosalar hamda termik ishlov berish natijasida hosil bo‘lgan Si–O–Si, Si–O–Al va karbonat (CO_3^{2-}) guruhlariga xos yutilish diapazonlariga alohida e’tibor qaratildi. Olingan natijalar asosida g‘o‘zapoya biomassa chiqindisining kulga aylanish mexanizmi va hosil bo‘lgan mineral skeletning keyingi materiallar texnologiyalarida qo‘llanish istiqbollari baholandi.

3. Natijalar va muhokama. G‘o‘zapoya biomassa chiqindisining termik konversiyasidan keyingi FTIR tahlili. 650 °C haroratda 1 soat davomida termik ishlov berilgan g‘o‘zapoya biomassa chiqindisining FTIR spektri materialda yuz bergan chuqur strukturaviy o‘zgarishlarni ko‘rsatadi (1-rasm). Spektrning yuqori chastotali sohalarida (3000–2800 sm^{-1} va 1800–1500 sm^{-1}) lignosellyulozali materiallarga xos bo‘lgan O–H, C–H va C=O bog‘lariga tegishli intensiv yutilish polosalarining deyarli kuzatilmasligi g‘o‘zapoyaning organik skeleti termik ishlov jarayonida to‘liq parchalangani va uchib ketganini tasdiqlaydi. Bu holat biomassa → kul konversiyasining yakunlanganini bildiradi.



2-Rasm. 650°C da termik ishlov berilgan paxta chiqindisining FTIR tasvirlari:
a) paxta g‘o‘zapoyasi (qora); b) paxta changi (qizil).

Spektrda 1150–1050 sm^{-1} diapazonda kuzatilgan kuchli yutilish polosalari Si–O–Si va Si–O–Al bog‘larining assimetrik cho‘zilish tebranishlariga mos keladi. Ushbu diapazon g‘o‘zapoyadan olingan kul tarkibida amorf silikat va alyumosilikat fazalarning ustun ekanligini ko‘rsatadi. Polosalarning keng va nisbatan diffuz xarakterga ega bo‘lishi mineral skeletning tartibsiz (amorf) holatda shakllanganini bildiradi, bu esa biomassa kelib chiqishli materiallar uchun xos hisoblanadi.

873 sm^{-1} va 720–680 sm^{-1} atrofidagi yutilish polosalari karbonat guruhlarga hamda silikat strukturalarning simmetrik tebranishlariga tegishli bo‘lib, termik konversiya jarayonida mineral komponentlarning qayta tashkil topganini ko‘rsatadi. 600–500 sm^{-1} oralig‘idagi past chastotali

polosalar esa Si–O va Al–O bog‘larining bukilish tebranishlari bilan bog‘liq bo‘lib, alyumosilikat tuzilmalarning shakllanganini tasdiqlaydi.

Biomassa kelib chiqishining kul strukturaviy xususiyatlariga ta’siri: g‘o‘zapoya va paxta changi asosida taqqoslama FTIR tahlili 2-rasmda keltirilgan. G‘o‘zapoya biomassa chiqindisidan olingan kulning FTIR spektri paxta tozalash zavodidan olingan chang chiqindisi bilan bir xil termik ishlov sharoitida (650 °C, 1 soat) olingan spektr bilan taqqoslab tahlil qilindi. Taqqoslama natijalari materiallarning kelib chiqishi ularning kul tarkibining shakllanish mexanizmiga sezilarli darajada ta’sir ko‘rsatishini namoyon etdi. Paxta changi spektrida 1100–1000 sm^{-1} diapazondagi Si–O tebranishlari nisbatan aniq va chuqur ifodalangan bo‘lib, bu chang tarkibida termik ishlovdan oldin ham mineral komponentlar mavjud bo‘lganini ko‘rsatadi. G‘o‘zapoya kulida esa ushbu diapazondagi polosalar kengroq va kamroq aniqlangan bo‘lib, silikat skeletning biomassa organik tuzilmasining parchalanishi natijasida ikkilamchi tarzda hosil bo‘lganini bildiradi. Shuningdek, paxta changida karbonat guruhlarga xos yutilish polosalari nisbatan barqaror saqlanib qolgan bo‘lsa, g‘o‘zapoya kulida karbonat signallari zaifroq ifodalangan. Bu farq g‘o‘zapoyaning asosan organik tabiatga ega biomassa ekanligi va undagi mineral komponentlar miqdorining kamroq bo‘lishi bilan izohlanadi. Natijada, g‘o‘zapoyadan olingan kul ko‘proq amorf silikat strukturalar bilan tavsiflanadi, paxta changi kuli esa nisbatan tartibli mineral tuzilmalarga ega. Ushbu taqqoslama tahlil g‘o‘zapoya biomassa chiqindisining termik konversiyasi natijasida hosil bo‘ladigan kulning strukturaviy xususiyatlari uning kelib chiqishi bilan bevosita bog‘liq ekanligini ko‘rsatadi va biomassa chiqindilarini qayta ishlashda individual yondashuv zarurligini tasdiqlaydi.

1-Jadval

650°C da termik ishlov berilgan g‘o‘zapoya va paxta changidan olingan kullarning FTIR spektrlari tahlili

To‘lqin soni, sm^{-1}	**G‘o‘zapoya kuli**	**Paxta changi kuli**	**Strukturaviy talqin**
3000–2800	Aniqlanmagan	Aniqlanmagan	Organik komponentlarning to‘liq parchalanishi
1700–1500	Aniqlanmagan	Aniqlanmagan	Lignosellyulozali skeletning termik degradatsiyasi
1150–1050	Keng va diffuz polosa	Aniq va chuqur polosa	Amorf (g‘o‘zapoya) va nisbatan tartibli (chang) silikat fazalar
≈960	Zaif	O‘rtacha	Silikat skeletning strukturaviy farqlari
≈873	Juda zaif	Aniq	Karbonat guruhlarining nisbiy miqdori
720–680	Zaif	O‘rtacha	Si–O simmetrik tebranishlari
600–500	O‘rtacha	Kuchli	Al–O va Si–O bukilish tebranishlari

Natijada, termik ishlov berilgan g‘o‘zapoya biomassa chiqindisidan olingan kul mineral tarkibli ikkilamchi xomashyo sifatida turli materiallar texnologiyalarida qo‘llash uchun istiqbolli hisoblanadi. Bunday yondashuv biomassa chiqindilarini samarali qayta ishlash orqali tabiiy resurslarga bo‘lgan ehtiyojni kamaytirish va ishlab chiqarish jarayonlarining ekologik barqarorligini oshirish imkonini beradi. Shu bilan birga, g‘o‘zapoyadan olingan kuldan foydalanish energiya tejamkor va iqtisodiy jihatdan maqbul materiallar yaratish uchun ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

4. Xulosa. Mazkur tadqiqotda paxta yetishtirish jarayonida hosil bo‘ladigan g‘o‘zapoya biomassa chiqindisining 650 °C haroratda 1 soat davomida termik konversiyasi natijasida hosil bo‘lgan kulning strukturaviy xususiyatlari infraqizil spektroskopiya (FTIR) usuli yordamida tahlil qilindi. Olingan natijalar termik ishlov jarayonida g‘o‘zapoyaning lignosellyulozali organik skeleti to‘liq parchalanib, mineral tabiatli silikat va alyumosilikat fazalar ustun bo‘lgan kul shakllanishini ko‘rsatdi. FTIR spektrlarida biomassa tarkibiga xos O–H, C–H va C=O guruhlariga tegishli yutilish polosalarining yo‘qolishi termik konversiya jarayonining yakunlanganini tasdiqlaydi. Shu bilan birga, 1150–1050 sm^{-1} diapazondagi keng va diffuz yutilish polosalari g‘o‘zapoyadan olingan kulda asosan amorf silikat tuzilmalarning shakllanganini ko‘rsatadi. Past chastotali sohalarda aniqlangan Si–O va Al–O bog‘lariga xos tebranishlar esa mineral skeletning barqaror tuzilma hosil qilganini tasdiqlaydi.

G‘o‘zapoya biomassa chiqindisidan olingan kulning FTIR spektri paxta tozalash zavodidan olingan chang chiqindisi bilan bir xil termik ishlov sharoitida taqqoslab tahlil qilindi. Taqqoslama natijalari materiallarning kelib chiqishi ularning kul tarkibining shakllanish mexanizmiga bevosita ta’sir ko‘rsatishini namoyon etdi. G‘o‘zapoya kulida silikat fazalar asosan amorf holatda shakllangan bo‘lsa, paxta changida dastlab mavjud bo‘lgan mineral komponentlar sababli nisbatan tartibli tuzilmalar kuzatildi. Ushbu farqlar biomassa chiqindilarini qayta ishlashda individual yondashuv zarurligini asoslaydi. Natijada, termik ishlov berilgan g‘o‘zapoya biomassa chiqindisidan olingan kul mineral tarkibli ikkilamchi xomashyo sifatida turli materiallar texnologiyalarida qo‘llash uchun istiqbolli hisoblanadi. Ushbu yondashuv qishloq xo‘jaligi chiqindilarini samarali qayta ishlash orqali ekologik yuklamani kamaytirish, tabiiy xomashyolardan foydalanishni optimallashtirish hamda resurs va energiya tejamkor texnologiyalarni rivojlantirish imkonini beradi. Olingan natijalar g‘o‘zapoya chiqindisini yuqori qo‘shimcha qiymatga ega materiallarga aylantirish bo‘yicha keyingi ilmiy va amaliy tadqiqotlar uchun mustahkam ilmiy asos bo‘lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1]. Demirbaş A. Combustion characteristics of different biomass fuels // Progress in Energy and Combustion Science. – 2004. – Vol. 30, No. 2. – P. 219–230.

[2]. Vamvuka D., Sfakiotakis S. Combustion behaviour of biomass fuels and their blends with lignite // Thermal Science. – 2011. – Vol. 15, No. 1. – P. 43–55.

[3]. Yang H., Yan R., Chen H., Lee D. H., Zheng C. Characteristics of hemicellulose, cellulose and lignin pyrolysis // Fuel. – 2007. – Vol. 86, No. 12–13. – P. 1781–1788.

[4]. Bridgeman T. G., Jones J. M., Shield I., Williams P. T. Torrefaction of reed canary grass, wheat straw and willow to enhance solid fuel qualities // Fuel. – 2008. – Vol. 87, No. 6. – P. 844–856.

[5]. Vassilev S. V., Baxter D., Andersen L. K., Vassileva C. G. An overview of the chemical composition of biomass // Fuel. – 2010. – Vol. 89, No. 5. – P. 913–933.

[6]. Madejová J., Komadel P. Baseline studies of the clay minerals society source clays: Infrared methods // Clays and Clay Minerals. – 2001. – Vol. 49, No. 5. – P. 410–432.

[7]. Poletto M., Zattera A. J., Santana R. M. C. Structural differences between wood species evidenced by FTIR spectroscopy // Materials Research. – 2012. – Vol. 15, No. 2. – P. 246–252.

[8]. Saidur R., Abdelaziz E. A., Demirbas A., Hossain M. S., Mekhilef S. A review on biomass as a fuel for boilers // Renewable and Sustainable Energy Reviews. – 2011. – Vol. 15, No. 5. – P. 2262–2289.

[9]. Jenkins B. M., Baxter L. L., Miles T. R., Miles T. R. Jr. Combustion properties of biomass // Fuel Processing Technology. – 1998. – Vol. 54, No. 1–3. – P. 17–46.

[10]. Srinivasakannan C., Abu Bakar M. Z. Production of activated carbon from rubber wood sawdust by chemical activation // Biomass and Bioenergy. – 2004. – Vol. 27, No. 1. – P. 89–96.

[11]. Pandey K. K. A study of chemical structure of soft and hardwood and wood polymers by FTIR spectroscopy // Journal of Applied Polymer Science. – 1999. – Vol. 71, No. 12. – P. 1969–1975.

[12]. Keown D. M., Favas G., Hayashi J., Li C. Z. Volatilisation of alkali and alkaline earth metallic species during the pyrolysis of biomass // Fuel. – 2005. – Vol. 84, No. 14–15. – P. 1880–1888.

[13]. Vassilev S. V., Vassileva C. G. A new approach for the classification of coal fly ashes based on their origin, composition, properties, and behaviour // Fuel. – 2007. – Vol. 86, No. 10–11. – P. 1490–1512.

[14]. Gani A., Naruse I. Effect of cellulose and lignin content on pyrolysis and combustion characteristics for several types of biomass // Renewable Energy. – 2007. – Vol. 32, No. 4. – P. 649–661.

[15]. Khezami L., Chetouani A. Thermal characterization of biomass by TG–MS, FTIR and DSC // Energy Conversion and Management. – 2005. – Vol. 46, No. 13–14. – P. 2105–2116.

MECHANISMS FOR THE IMPLEMENTATION OF TECHNOLOGICAL TRANSFORMATION AND INNOVATIONS IN ENSURING THE INNOVATIVE DEVELOPMENT OF THE NATIONAL ECONOMY

M.X. Xomidov

Fergana State Technical University,
murodil.xomidov@inbox.ru, +998911582365.
(Received on February 10 th, 2026)

Abstract*: In this article, the importance of introducing innovations in the industry in the Republic of Uzbekistan and its role in the development of the economy, the way to the well-being of society today is highlighted. In addition, practical approaches to the level of bringing innovative processes to a new level were considered. How the innovative approaches of the digital economy at the international level are manifested in practice and the measures that should be implemented in this direction in our country have been studied.*

Key words*: Innovation, innovative activities, innovation, digital economics, digital economics, competitiveness ratings, dog industry.*

Annotatsiya*: Ushbu maqolada O‘zbekiston Respublikasida innovatsiyalarni sanoatga joriy etishning ahamiyati va uni iqtisodiyotni rivojlanishidagi o’rni, bugungi kunda jamiyat farovonligi yo’li yoritilgan. Undan tashqari amaliy yondashuvlar innovatsion jarayonlarni yangi bosqichga olib chiqish darajasi ko‘rib chiqilgan. Raqamli iqtisodiyotning xalqaro miqyosda innovatsion yondashuvlari amaliyota qay tarzda namoyon bo‘lishi hamda mamlakatimizda ushbu yo‘nalishda amalga oshirilishi lozim bo‘lgan chora tadbirlari o‘rganilgan.*

Kalit so‘lar: *innovatsiya, innovatsion faoliyat, innovatsiya ishlari, raqamli iqtisodiyot, raqamli iqtisod yo‘nalishlari, raqobatbardoshlik reytinglari, IT sanoati.*

Аннотация*: В данной статье освещается важность внедрения инноваций в промышленность Республики Узбекистан и ее роль в развитии экономики, пути к благополучию общества на сегодняшний день. Кроме того, были рассмотрены практические подходы к уровню вывода инновационных процессов на новый уровень. Изучено, как инновационные подходы цифровой экономики на международном уровне проявляются на практике и меры, которые следует реализовать в этом направлении в нашей стране.*

Ключевые слова*: инновации, инновационная деятельность, инновационная работа, цифровая экономика, направления цифровой экономики, рейтинги конкурентоспособности, ИТ-индустрия.*

Introduction

In the modern global economy, innovation has become one of the key drivers of sustainable economic growth and competitiveness. The introduction of new technologies, modernization of production processes, and improvement of management systems play a crucial role in increasing the efficiency of national economies.In recent years, Uzbekistan has been implementing large-scale economic reforms aimed at modernizing the national economy and strengthening innovation activities. The effective implementation of innovations contributes to increasing productivity, improving product competitiveness, and ensuring sustainable economic development. Therefore, studying the role of innovation in improving the national economy is of significant scientific and practical importance.

It is known from national and international experience that the level of development of the economy and society largely depends on innovative activities. For this reason, the introduction of the latest technologies in all aspects of our life is the main guarantee of development. Today, the introduction of innovations returns the following indicators (Tab. 1).

1-table

Number of innovations implemented by region (for 2025, units) [1]

	Texnologik innovatsiyalar	**Marketing innovatsiyalar**	**Tashkiliy innovatsiyalar**
Republic of Uzbekistan	**4 889**	**240**	**392**
Karakalpakstan Republic	123	10	4
Regions:			
Andijon	262	8	2
Buxoro	186	4	5
Jizzax	252	-	3
Qashqadaryo	104	3	1
Navoiy	340	2	10
Namangan	157	-	3
Samarqand	1 051	62	67
Surxondaryo	336	2	-
Sirdaryo	149	-	42
Toshkent	325	56	97
Farg‘ona	132	2	29
Xorazm	193	5	1
Toshkent city.	1 279	86	128

The presented data on the number of implemented innovations by regions of Uzbekistan in 2025 provides important insights into the spatial structure of the country's innovation activity and the differentiation of technological, marketing, and organizational innovations across regions. Innovation performance is a critical indicator of regional economic development, as it reflects the ability of territories to adopt new technologies, improve management systems, and strengthen competitiveness. At the national level, Uzbekistan recorded 4,889 technological innovations, 240 marketing innovations, and 392 organizational innovations during the observed period. The clear dominance of technological innovations indicates that innovation activity in the country is primarily focused on production modernization, technological upgrading, and the implementation of new industrial processes.

Technological innovations account for the overwhelming majority of innovations, which suggests that enterprises prioritize improvements in production efficiency, product quality, and technological modernization rather than focusing equally on marketing strategies or organizational transformation. This trend is typical for developing economies where industrial modernization remains a key driver of economic growth.

In contrast, marketing innovations (240 units) and organizational innovations (392 units) are significantly lower. This imbalance may indicate that many enterprises still concentrate mainly on technological modernization while paying less attention to market expansion strategies, management restructuring, and innovative business models, which are equally important components of a comprehensive innovation ecosystem.

The regional distribution of innovations demonstrates considerable variation across Uzbekistan’s regions, reflecting differences in industrial capacity, economic specialization, infrastructure development, and innovation potential.

Among the regions, Tashkent City and Samarkand region stand out as the main centers of innovation activity. Tashkent City shows the highest number of technological innovations (1,279 units), accompanied by 86 marketing innovations and 128 organizational innovations. This leadership is largely explained by the city's role as the economic, financial, and technological hub of Uzbekistan, where major industrial enterprises, research institutions, universities, and innovation centers are concentrated. The presence of advanced infrastructure and skilled human capital creates

favorable conditions for innovation implementation. Samarkand region also demonstrates a strong innovation performance with 1,051 technological innovations, 62 marketing innovations, and 67 organizational innovations. The region's diversified economic structure, including manufacturing, tourism, agriculture, and services, contributes to the adoption of various types of innovations.

These regions can be considered innovation growth poles, which generate technological spillovers and stimulate innovation diffusion to surrounding territories.

Several regions demonstrate moderate innovation activity. These include:

Navoi region (340 technological innovations, 2 marketing, 10 organizational innovations), which benefits from strong industrial enterprises, particularly in mining and metallurgy. Tashkent region (325 technological innovations, 56 marketing, 97 organizational innovations), which shows a relatively balanced structure of innovation types, indicating active development of management and marketing practices. Surkhandarya region (336 technological innovations) and Jizzakh region (252 technological innovations), where innovation activity is primarily concentrated in technological improvements.

These regions are characterized by industrial specialization or emerging industrial development, which contributes to the adoption of new technologies. An important observation from the data is the structural imbalance between different types of innovation. Technological innovations dominate in all regions, while marketing innovations remain extremely limited. In many regions, the number of marketing innovations does not exceed 2–8 units, and in some cases it is almost absent. This suggests that enterprises still rely on traditional market approaches and may lack the capacity or incentives to adopt innovative marketing strategies such as digital marketing, customer analytics, or new distribution channels. Similarly, organizational innovations, although more widespread than marketing innovations, remain relatively modest compared to technological ones. Organizational innovations are essential for improving management efficiency, corporate governance, and internal business processes, and their limited presence may constrain the overall innovation performance of enterprises.

Literature analysis and methods

Researches on the introduction of innovations in industry are mainly focused on innovative systems, the laws of their implementation in local environments, and the application of public policy to innovation in networks, the presence of clusters or interregional innovation levels, and the influence of internal and external factors, and this process is based on classical innovation approaches. reflected.

However, the introduction of innovations is often considered a phenomenon that occurs at the level of firms. In this study, we analyzed the issue of innovative development at the macroeconomic level.

The main stage of development of innovative approaches at the macroeconomic level corresponded to the works of V. Zombart, V. Mitcherlich, Y. Schumpeter. The Austrian scientist Y. Schumpeter made a great contribution to the formation and development of innovations in industry. In addition, many other scientists, J. Friedman, who explained the theory of "growth points of regional industry" in his works, according to him, developing industrial points in the region are leaders in attracting capital and technology flow and achieve a high level of implementation. states that. F. Perru, "regional strategy" M. Porter, "competitive strategy" M. Porter, "economic regionalization" N.N. Kolosovsky, "location of production" V. Launhardt, "long waves" N.D. Kondratiev, "territorial cluster M. Enright, "cumulative growth" G. Myrdal, "path dependence" P.A. David, "models of industrial districts" A. Marshall. In particular, based on N.D. Kondratiev's theory of long waves, the level of industrial development is directly related to changes in technological chains and polarization of technological processes. According to the scientist, technological chains are interconnected production groups.

Several foreign literatures showed a positive connection between the innovative development of the industry and export. He noted that the relationship between innovation and export in industry is relatively weak.

The regional distribution of the industrial sector is a process that depends not on the

geography of research departments and human capital, but on the formation of the geography of industrial lands.

The general aspect of the theory of many scientists is that industrial firms are located in less dense areas due to the fact that industrial land is scattered and clearly defined according to geographical indicators. This is due to slow mobility of industrial entities, that is, the slowness of entering into market and capital flow relations, and geographical conditions have a negative impact on their innovative capacity. In addition to the studies of the above scientists, there are also some studies that cover these issues.

For example, Lapple et al. and Botha et al. have emphasized the role of regional knowledge spillovers in stimulating innovation processes in industry.

The purpose of this analytical article is to analyze the practice of introducing innovations and the causes of existing problems in the industry, which is the main link of the national economy as a complex socio-economic system.

In order to assess the state of the innovative potential of the national economy and eliminate the shortcomings in the implementation of high-tech projects, the following tasks are set:

• Study the experience of the world's leading countries in implementing innovation processes and improving them, and learn the aspects that match the potential of our country;

• to determine the current trends and prospective directions of digital transformation of the local economy, taking into account the specific features of the international experience of neo-industrial development.

• study and master the factors that contribute to the innovative development of the industry and the improvement of production in terms of quality and quantity

Factorial, historical, statistical, comparative and systematic methods of analysis, expert evaluation method were used in the research, which allowed the author to solve the tasks

Results

According to the results returned in 2025, the number of organizations that introduced technological innovations in our country was 1098, the highest share in the introduction of innovations by economic activity was observed in the manufacturing industry, and 669 organizations implemented innovations. According to the State Statistics Committee, the sectors with the highest share in the introduction of innovations are:

Manufacturing industry - 44.2%

Construction - 6.2%

Agriculture, forestry and fisheries - 2.3%

Information and communication - 4.2%

Education - 1.2%

Other activities - 40.2%

From the above information, it can be understood that the latest technologies are currently being introduced in production, which is the mainstay of the economy. We can see this in the table below.

It is no exaggeration to say that the main reason for this is the environment of pure competition and the fact that the field of production operates in direct connection with science. The reason why this sector has the lowest share can be attributed to the fact that there is little investment in this sector and that there are few highly qualified professionals.

(Table 2)

The share of value added by the technological structure of the manufacturing industry (in %)[2]

	2022	2023	2024	2025
Low-tech production	**35,0**	**31,7**	**29,7**	**29,4**
Medium-tech production (low level)	**42,7**	**48,4**	**52,8**	**53,6**
Medium-tech production (high level)	**20,7**	**18,0**	**15,4**	**14,2**
High-tech production	**1,6**	**1,9**	**2,1**	**2,8**

Based on these data, it can be concluded that low-tech products have a large share in the manufacturing industry. Over the past two years, this industry has been leading the way. In this area, medium-low and medium-high-tech products occupy the next place, and the smallest share belongs to high-tech products.

If we look at the technological indicators of the products created in the industry, in 2022, the share of high-tech production was 1.6%, and in the next 3 years, this number increased to 2.8%. In accordance with these figures, the volume of products produced on the basis of lower technological processes is decreasing from 35% to 29.9%.

Discussion and results.

Innovations in production processes in our country and their implementation have a solid economic and legal foundation, but on the other hand, they do not correspond to the requirements, indicators and tasks of the development of the industrial revolution of the modern world to a certain extent.

Today, the funds spent on introducing innovations in the industrial sector in Uzbekistan are increasing year by year, of course, this is a good indicator, but almost 63% of the costs incurred for technological, marketing and organizational innovations are financed by the company's own funds. it's worth it.

Creating innovations in this way increases production costs in the studio and, as a result, increases the cost of the product. And every enterprise with increased costs leads to a change in the level of profit remaining from goods and services. Information about this can be seen in Table 3.

Over the past years, the country's development strategy has focused on innovation, and as a result, the flow of funds to this sector has increased dramatically. That's why many foreign companies prefer to follow the easy way of innovation. In particular, additional financial capitals are technologically developed at the expense of portfolio investments, attracting shares to the market or loans.

This process creates conditions for reducing the level of consumption from the situation that brought an excess load to the consumers in the market. The general background of this event leads to a change in the level of consumption in the country. Production in the general sense will not fail to react to this change.

Table 3

Expenditures on technological, marketing and organizational innovations by funding sources (in millions of soums) [1]

	2022	2023	2024	2025
own funds of the organization	2959428	3342925	4764543	15777060
foreign investment'	307078,5	1083650	605731,5	242753,4
commercial bank loans	501542,4	1060055	970973,2	806754,6
other funds	939162,6	1116844	488720,8	854221,2
Total	4707212	6603475	6829969	17680789

In the above table, enterprises increased the indicator of spending their financial resources on investment processes by almost 5 times for 4 years. In particular, we can see that the loans of commercial banks allocated more funds by 60%. But the flow of financing from foreign investments and other sources decreased by 21% and 10.1%.

That's why many foreign companies prefer to follow the easy way of innovation. In particular, additional financial capitals are technologically developed at the expense of portfolio investments, attracting shares to the market or loans.

Conclusion

As a result of the research, the following conclusions can be drawn. The developed countries of the world are moving towards neo-industrial development based on modern principles, the main content of which is the cyber-physical digitization of production industries. Thus, the current trends and risks of the formation of a new technological structure, neo-industrialization and the

development of the socio-economic system are closely related to the delay in the modernization of production industries.

It has been confirmed that the innovative development of the industrial network is the main support point of the country's economic growth. In particular, a 1% increase in the annual growth rate of the industrial gross added value provides an opportunity to ensure an additional 1.02% increase in the annual growth rate of the republic's GDP. High-efficiency technologies are important in achieving this result. will play.

The main goals of the scientific and innovation policy of developed foreign countries are as follows: to increase the share of science and technology in the development of the country's economy; ensuring the progressive development of the material production sector; increase the competitiveness of national products in the world market; strengthening the country's defense capabilities; improvement of the ecological environment; maintaining and developing existing academic schools

Commercial enterprises in the market economy are legal and economic

liberalization and opening for them a corridor of effective cooperation with foreign enterprises is the main goal of our current innovation strategy.

As part of this research, the following scientific proposal and practical recommendations aimed at ensuring the ecological characteristics and efficiency of the production of industrial products were developed:

- development of software for structural and organizational issues in industry (web-based data processing)
- equipment for using digital technologies (feeding, maintenance, regulation of microclimate, milking, monitoring of animal condition and vital activity)
- promotion of industrial waste processing and activities of industries serving this industry;
- establishing reasonable standards for the use of certain natural resources
- cooperation with international organizations on digital technologies.
- implementation of important projects on the introduction of digital technologies in organizations of all levels under the conditions of joint financing on the basis of state partnership.
- providing tax benefits to business entities that invest in innovative and manufacturing enterprises.
- to create a supporting infrastructure for the import of necessary technical technologies in terms of the introduction of digital technologies in business entities.

References

[1]. Babkin A V, Burkaltseva D D, Kosten D G and Vorobiev Yu N 2017 Formation of the digital economy in Russia: essence, features, technical normalization, development problems. Scientific and Technical Sheets of SPbSPU. Economic sciences. 10 3 9-25

[2]. Brown, B., Sikes, J., & Willmott, P. (2013). Bullish on digital: McKinsey global survey results. McKinsey Quarterly, 12, 1-8.

[3]. “Raqamli O‘zbekiston — 2030” strategiyasini tasdiqlash va uni samarali amalga oshirish chora-tadbirlari to‘g‘risida PF 607-sonli O’zbekiston Respublikasi Prezidenti farmoni

[4]. Bruno, G., Esposito, E., Genovese, A., & Gwebu, K. L. (2011). A critical analysis of current indexes for digital divide measurement. The Information Society, 27(1), 16-28.

[5]. Kodirov, S. (2020). Some issues of digitalization in the industrial sector of the economy. ISJ Theoretical & Applied Science, 12(92), 377-384.

[6]. M. Xomidov, “Analysis of the current state of innovation implementation in improving the competitiveness of industry,” *Nazariy va amaliy tadqiqotlar xalqaro jurnali*, vol. 3, no. 2, pp. 56–64, 2023.

[7]. X. M. Xasanboy o‘g‘li, “Mamlakatimiz iqtisodiyotini takomillashtirish jarayonida innovatsiyalarni joriy etishning o‘rni,” *Qo‘qon universiteti xabarnomasi*, no. 1, pp. 69–72, 2023.

[8]. M. Khomidov, “A comparative analysis of strategic use of industrial cooperation in the automotive industry enterprises,” *Science and Practice of the Plekhanov Russian University of Economics*, vol. 17, no. 1(57), pp. 92–102, 2025. EDN: BOLWQT.

[9]. Kurpayanidi K. I. Digital economy as a factor of activation of foreign economic activity// Scientific-technical journal – 2022. - T. 26. – №. 11-C. 129-133.

[10]. M. Khomidov, “The Economic Importance of Industrial Cooperation and How It Affects the Pursuit of Economic Effectiveness,” *Bulletin of Science and Practice*, vol. 10, no. 5, pp. 471–480, 2024. [Online]. Available: https://doi.org/10.33619/2414-2948/102/61.

Интернет сайтлари

[1]. https://www.stat.uz/uz/nashrlar/6436-o-zbekistonda-ilm-fan-va-innovatsion-faoliyat

[2]. https://www.stat.uz/uz/matbuot-markazi/qo-mita-yangiliklar/23750-qaysi-yo-nalishdagi-korxona-va-tashkilotlar-ko-proq-innovatsiyalarni-joriy-etgan.

UO‘K 373.745.121.3

KASBIY YO ‘NALTIRILGAN INGLIZ TILI (ESP) DOIRASIDA O ‘QISH MATERIALLARINI LOYIHALASH: YENGIL SANOAT YO ‘NALISHIDAGI KASB-HUNAR TA’LIMI MISOLIDA

M.A. Nazaraliyeva

Farg‘ona davlat texnika universiteti
e-mail: m.a.nazaraliyeva@fstu.uz
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya. *Mazkur maqolada kasbiy yo‘naltirilgan ingliz tili (English for Specific Purposes ESP) doirasida yengil sanoat yo‘nalishidagi kasb-hunar ta’limi muassasalari talabalari uchun o‘qish (reading) materiallarini loyihalash masalasi yoritiladi. Tadqiqotning asosiy maqsadi o‘quvchilarning real ehtiyojlariga mos, kasbiy faoliyat bilan uzviy bog‘langan va samarali o‘qish ko‘nikmalarini rivojlantiruvchi o‘quv materiallarini ishlab chiqishdan iborat. Tadqiqot jarayonida ehtiyojlar tahlili, o‘qish ko‘nikmalariga oid nazariy yondashuvlar, ESP materiallari dizayni tamoyillari hamda tajriba-sinov mashg‘ulotlari amalga oshirildi. Tadqiqot ushbu innovatsion strategiyalarning professional kompetentsiyani oshirish, o'quvchilarning mustaqilligini rag'batlantirish va talabalarni tarjima va tarjimonlik kasblarining dinamik va rivojlanayotgan tabiatiga tayyorlash usullarini ta'kidlaydi. Tadqiqotning asosiy maqsadi pedagogik innovatsiyalar kelajakdagi tarjimonlar va tarjimonlarni tayyorlashni qanday samarali qo'llab-quvvatlashi mumkinligini tahlil qilishdir, bunda talabaga yo'naltirilgan metodologiyalar, integratsiyalashgan o'quv doiralari va tarjima va tarjimonlik ta'limida texnologiyalardan maqsadli foydalanishga alohida e'tibor qaratiladi.*

Kalit so‘zlar: *professional kompetensiya, o'quvchilarning mustaqilligini rag'batlantirish, dinamik va rivojlanayotgan tabiatiga tayyorlash, ESP, o‘qish ko‘nikmalari, kasbiy ta’lim, materiallar dizayni, ehtiyojlar tahlili.*

Аннотация. *В данной статье рассматривается разработка учебных материалов для студентов профессиональных учебных заведений легкой промышленности в рамках курса английского языка для специальных целей (ESP). Главная цель исследования разработка учебных материалов, отвечающих реальным потребностям студентов, тесно связанных с профессиональной деятельностью и способствующих развитию эффективных навыков чтения. Исследование включало анализ потребностей, теоретические подходы к развитию навыков чтения, принципы разработки материалов ESP и пилотные исследования. В исследовании освещаются способы, с помощью которых эти инновационные стратегии могут повысить профессиональную компетентность, способствовать самостоятельности студентов и подготовить их к динамичному и постоянно меняющемуся характеру профессий переводчика и устного переводчика. Основная задача исследования проанализировать, как педагогические инновации могут эффективно поддерживать подготовку будущих переводчиков и устных переводчиков, с особым акцентом на ориентированные на студента методики, интегрированные учебные среды и целенаправленное использование технологий в образовании в области перевода и устного перевода.*

Ключевые слова: *профессиональная компетентность, содействие самостоятельности студентов, подготовка к динамичному и постоянно меняющемуся характеру обучающихся, ESP, навыки чтения, профессиональное образование, разработка материалов, анализ потребностей.*

Abstract. *This article examines the design of reading materials for students of vocational education institutions in the light industry sector within the framework of English for Specific Purposes (ESP). The main goal of the study is to develop educational materials that meet the real needs of students, are closely*

linked to professional activities, and develop effective reading skills. The study included a needs analysis, theoretical approaches to reading skills, principles of ESP material design, and pilot studies. The study highlights the ways in which these innovative strategies can enhance professional competence, encourage student independence, and prepare students for the dynamic and evolving nature of the translation and interpreting professions. The main objective of the study is to analyze how pedagogical innovations can effectively support the training of future translators and interpreters, with a particular focus on student-centered methodologies, integrated learning environments, and the targeted use of technology in translation and interpreting education.

Key words: *professional competence, promoting student independence, preparing for the dynamic and evolving nature of learners, ESP, reading skills, professional education, materials design, needs analysis.*

1. Kirish. Globallashuv jarayonida ingliz tilini bilish nafaqat umumiy muloqot vositasi, balki muayyan kasbiy faoliyatni samarali amalga oshirishning muhim omiliga aylanib bormoqda. Ayniqsa, yengil sanoat sohasi vakillari uchun ingliz tilida professional matnlarni o‘qish, tushunish va ulardan amaliy faoliyatda foydalanish muhim ahamiyat kasb etadi. Shu sababli kasb-hunar ta’limi muassasalarida ingliz tilini o‘qitishda an’anaviy umumiy yondashuvdan ko‘ra, kasbiy yo‘naltirilgan yondashuv ESP konsepsiyasiga asoslanish dolzarb hisoblanadi.

ESP doirasida o‘qish ko‘nikmalarini rivojlantirish talabalarga nafaqat til bilimlarini, balki kasbiy kompetensiyalarni ham shakllantirish imkonini beradi. Biroq amaliyot shuni ko‘rsatadiki, ko‘plab kasb-hunar ta’limi muassasalarida mavjud ingliz tili darsliklari talabalarning real kasbiy ehtiyojlarini to‘liq qondirmaydi. Natijada talabalar o‘qish jarayonida qiyinchiliklarga duch keladilar, motivatsiya pasayadi va o‘rganilayotgan materiallar amaliy ahamiyatini yo‘qotadi.

Shu nuqtai nazardan, mazkur tadqiqot yengil sanoat yo‘nalishidagi kasb-hunar ta’limi o‘quvchilari uchun ESP asosida o‘qish materiallarini loyihalashga qaratildi. Tadqiqotda ehtiyojlar tahliliga asoslangan, kasbiy mavzular bilan boyitilgan va zamonaviy o‘qish strategiyalarini o‘z ichiga olgan materiallar ishlab chiqildi.

Tadqiqot quyidagi savollarga javob berishni maqsad qilgan:

1) Yengil sanoat yo‘nalishidagi kasb-hunar ta’limi talabalari uchun o‘qish ko‘nikmalariga oid asosiy ehtiyojlar nimalardan iborat?

2) Ta’lim muassasasi va ish beruvchilar nuqtai nazaridan o‘qish ko‘nikmalarining ahamiyati qanday?

3) Ishlab chiqilgan o‘qish materiallariga talabalar qanday munosabat bildirdilar?

2.Metodologiya.

2.1. Tadqiqot dizayni

Tadqiqot sifatli (qualitative) tadqiqot metodologiyasiga asoslangan bo‘lib, holatli tadqiqot (case study) dizaynida olib borildi. Ushbu yondashuv ma’lum bir ta’lim muassasasi doirasida o‘qish materiallarini loyihalash va ularni amaliyotda sinovdan o‘tkazish imkonini berdi.

2.2. Tadqiqot ishtirokchilari

Tadqiqotda yengil sanoat yo‘nalishidagi kasb-hunar ta’limi muassasasining 2-bosqichida tahsil olayotgan 32 nafar talaba ishtirok etdi. Shuningdek, ehtiyojlar tahlili jarayoniga 7 nafar bitiruvchi, 3 nafar ingliz tili o‘qituvchisi va ta’lim muassasasi vakili jalb qilindi.

2.3. Ma’lumotlarni yig‘ish usullari

Ma’lumotlar quyidagi usullar orqali yig‘ildi: - So‘rovnoma: talabalar, bitiruvchilar, o‘qituvchilar va muassasa vakillari uchun alohida ishlab chiqildi. - Suhbat: o‘qituvchilar va muassasa vakillari bilan yarim strukturalangan suhbatlar o‘tkazildi.

So‘rovnomalar orqali talabalar o‘qishdagi qiyinchiliklari, o‘qish strategiyalaridan foydalanish darajasi va ingliz tilining kasbiy faoliyatdagi ahamiyati haqida ma’lumotlar olindi.

2.4. Materiallarni loyihalash bosqichlari

O‘qish materiallarini loyihalash quyidagi bosqichlarda amalga oshirildi:

1) ehtiyojlar tahlili;

2) kurs konsepsiyasi va tuzilmasini ishlab chiqish;

3) o‘quv dasturi (syllabus) yaratish;

4) o‘qish materiallarini tayyorlash;

5) tajriba-sinov mashg‘ulotlarini o‘tkazish va baholash.

3. Natijalar va muhokama.

3.1. Talabalar ehtiyojlari tahlili

So‘rovnoma natijalari shuni ko‘rsatdiki, talabalar ingliz tilidagi professional matnlarni o‘qishda eng ko‘p lug‘at boyligining yetishmasligi va o‘qish strategiyalarini bilmaslik sababli qiyinchiliklarga duch keladilar. Talabalarning aksariyati o‘qish va gapirish ko‘nikmalarini kasbiy faoliyat uchun eng muhim deb baholadi.

3.2. Ta’lim muassasasi ehtiyojlari

Muassasa vakillari va o‘qituvchilar ingliz tilida kasbiy yo‘naltirilgan o‘qish materiallariga ehtiyoj yuqori ekanini ta’kidladilar. Bitiruvchilar asosan hamshira yoki farmatsevt assistenti sifatida faoliyat yuritishi sababli, o‘qish materiallari yengil sanoat terminologiyasi va real ish jarayonlariga mos bo‘lishi zarur.

3.3. Ishlab chiqilgan materiallarning tavsifi

Ishlab chiqilgan o‘quv materiallari mavzuli (topical) yondashuv asosida tuzildi. Har bir bo‘lim yengil sanoat sohasiga oid alohida mavzuni qamrab oldi va quyidagi o‘qish strategiyalarini rivojlantirishga qaratildi: - skimming; - scanning; - kontekstdan ma’no aniqlash.

Har bir darsda o‘qishdan oldingi, o‘qish jarayonidagi va o‘qishdan keyingi mashqlar tizimi qo‘llanildi.

3.4. Talabalar munosabati

Tajriba-sinov mashg‘ulotlari natijalari talabalarning ishlab chiqilgan materiallarga ijobiy munosabatini ko‘rsatdi. Talabalar materiallarning tushunarli, qiziqarli va kasbiy ehtiyojlariga mos ekanini ta’kidladilar. Bu esa ESP asosida ishlab chiqilgan o‘qish materiallarining samaradorligini tasdiqlaydi.

4. Xulosa

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, ESP asosida ehtiyojlar tahliliga tayangan holda ishlab chiqilgan o‘qish materiallari yengil sanoat yo‘nalishidagi kasb-hunar ta’limi talabalari uchun samarali hisoblanadi. Bunday materiallar nafaqat o‘qish ko‘nikmalarini rivojlantiradi, balki talabalarning kasbiy tayyorgarligini ham mustahkamlaydi.

Mazkur tadqiqot natijalari ESP materiallari dizayni bilan shug‘ullanuvchi tadqiqotchilar va amaliyotchi o‘qituvchilar uchun metodik ahamiyatga ega bo‘lib, kelgusida boshqa kasbiy yo‘nalishlar uchun ham moslashtirilishi mumkin.

Adabiyotlar

[1]. Ishmukhamedov R.J., Yuldashev M. Innovative pedagogical technologies in education and training.- T.: ―Niholǁ publishing house, 2016.-279 p.

[2]. Jalolov J.J. Methodology of foreign language teaching., Textbook for students of foreign language higher education institutions.

[3]. Jalolov J.J. Methodology of foreign language teaching. - T.: "Teacher", 2012. - p. 294.

[4]. Nazaraliyeva, M. A., & Saidaliyeva, M. U. (2020). Developing reading skills using integrated skills. Journal of pedagogy: science and practice, (51), 133-134.

[5]. Nazaralieva, M. A. (2021). Integration of Reading and Writing in Teaching English. Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science, 2(12), 147-151.

[6]. Nazaralieva, M. A. (2020). Base of integrated skills in psychological principles of teaching English. Scientific and Technical Journal of Namangan Institute of Engineering and Technology, 2(11), 213-218.

[7]. NAZARALIEVA, M. (2018). The main effective strategies in teaching reading. Scientific Journal of Fergana State University, 1(5), 136-139.

[8]. Nazaraliyeva, M. (2019). Developing student's vocabulary learning strategies. Scientific practical journal of "Science of the world". Fergana branch of Tashkent University of Information Technology.

[9]. Nazaralieva, M., & Kasimova, K. (2022). Language and Cultural Issues in English Classes and the Processes of Reading-Writing Skills. Eurasian Journal of Learning and Academic Teaching, 15, 112-117.

[10]. Anarjanovna, N. M., & Ravshanovna, M. N. (2023). PSYCHOLOGICAL PRINCIPLES OF TEACHING ENGLISH. Open Access Repository, 4(03), 129-140.

[11]. Nazaraliyeva, M. (2023). SOGNITIVE ROETICS. Scientific progress, 4(2), 64-67.

[12]. Nazaralieva, M. A., & Usmonova, D. S. (2022). Analyzes of experimental results according to the development of integrated receptive skills. Science and Education, 3(5), 1010-1013.

PROSPECTS FOR THE TRANSITION TO A “GREEN” ECONOMY

E.O. Madaliev, N.U. Kurbanova, R.R. Abdumalikov

Fergana State Technical University,
(Received on February 10 th, 2026)

In order to implement the tasks outlined in the Development Strategy of New Uzbekistan for 2022–2026, to improve the effectiveness of measures being undertaken to ensure green and inclusive economic growth within the framework of the Strategy for the Transition of the Republic of Uzbekistan to a Green Economy, to expand the use of renewable energy sources, as well as to enhance resource efficiency across all sectors of the economy, a Resolution of the President of the Republic of Uzbekistan on measures to improve the effectiveness of reforms aimed at the transition of the Republic of Uzbekistan to a green economy by 2030 was adopted.

In order to achieve the goals set out in the Development Strategy of New Uzbekistan for 2022–2026, to increase the effectiveness of measures taken to ensure green and inclusive economic growth, and to further expand the use of renewable energy sources and resource-saving technologies in all sectors of the economy, the Strategy for the Transition of the Republic of Uzbekistan to a Green Economy was approved.

Keywords: *green economy, sustainable development, ecology, climate change, renewable energy, resource conservation, energy efficiency, green technologies.*

2022–2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonni rivojlantirish strategiyasida belgilangan vazifalarni amalga oshirish, O'zbekiston Respublikasining Yashil iqtisodiyotga o'tish strategiyasi doirasida yashil va inklyuziv iqtisodiy o'sishni ta'minlash bo'yicha amalga oshirilayotgan chora-tadbirlar samaradorligini oshirish, qayta tiklanadigan energiya manbalaridan foydalanishni kengaytirish, shuningdek, iqtisodiyotning barcha sohalarida resurslardan foydalanish samaradorligini oshirish maqsadida O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2030 yilga kelib O'zbekiston Respublikasining yashil iqtisodiyotga o'tishiga qaratilgan islohotlar samaradorligini oshirish chora-tadbirlari to'g'risidagi qarori qabul qilindi.

2022–2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonni rivojlantirish strategiyasida belgilangan maqsadlarga erishish, yashil va inklyuziv iqtisodiy o'sishni ta'minlash bo'yicha ko'rilayotgan chora-tadbirlar samaradorligini oshirish hamda iqtisodiyotning barcha sohalarida qayta tiklanadigan energiya manbalari va resurslarni tejaydigan texnologiyalardan foydalanishni yanada kengaytirish maqsadida O'zbekiston Respublikasining Yashil iqtisodiyotga o'tish strategiyasi tasdiqlandi.

Kalit so‘zlar: *yashil iqtisodiyot, barqaror rivojlanish, ekologiya, iqlim o‘zgarishi, qayta tiklanuvchi energiya, resurslarni tejash, energiya samaradorligi, yashil texnologiyalar.*

В целях реализации задач, изложенных в Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы, повышения эффективности мер, предпринимаемых для обеспечения «зеленого» и инклюзивного экономического роста в рамках Стратегии перехода Республики Узбекистан к «зеленой» экономике, расширения использования возобновляемых источников энергии, а также повышения ресурсоэффективности во всех секторах экономики, было принято Постановление Президента Республики Узбекистан о мерах по повышению эффективности реформ, направленных на переход Республики Узбекистан к «зеленой» экономике к 2030 году.

В целях достижения целей, поставленных в Стратегии развития Нового Узбекистана на 2022–2026 годы, повышения эффективности мер, предпринимаемых для обеспечения «зеленого» и инклюзивного экономического роста, и дальнейшего расширения использования возобновляемых источников энергии и ресурсосберегающих технологий во всех секторах экономики, была утверждена Стратегия перехода Республики Узбекистан к «зеленой» экономике.

Ключевые слова: *зелёная экономика, устойчивое развитие, экология, изменение климата, возобновляемая энергия, энергосбережение ресурсов, энергоэффективность, зелёные технологии*

1.Introduction. Every year, human activity releases 20 billion tons of carbon dioxide into the atmosphere and generates more than 300 million tons of plastic waste worldwide. Global waste production on the planet continues to increase. According to the World Health Organization

(WHO), approximately 99% of the world's population breathes air that exceeds safety limits and poses a threat to human health, and tens of millions of deaths annually are associated with environmental causes, including air pollution. Harmful levels of fine particulate matter and nitrogen dioxide are mainly associated with the combustion of fossil fuels. The Earth is experiencing a global energy crisis, a cost-of-living crisis, food shortages, wars, droughts, and famine. Extreme weather events such as tropical cyclones, desertification, and rising sea levels caused by climate change are causing significant damage to countries. The increasing number of natural disasters is a consequence of rising greenhouse gas emissions. Climate change negatively affects environmental and food security as well as poverty reduction. Therefore, Uzbekistan is placing great emphasis on mitigating and adapting to climate change, accelerating the transition to a green economy, and promoting a model of green and inclusive economic growth. Uzbekistan has declared 2025 as the Year of Environmental Protection and Green Economy. The green economy is an important field aimed at ensuring environmental protection and balanced economic development. The main objective of the transition to a green economy is the responsible management of land resources. Society faces the need to find a reasonable compromise between increasing welfare and preserving natural resources. One of the principles of the green economy is state support for sustainable production and consumption, as well as the introduction of low-carbon and resource-efficient technologies.

The transition to a green economy ensures Uzbekistan's active participation in combating global climate change and implementing priority policies aimed at improving public welfare. At the second international summit entitled "Partnership for Green Growth and the Global Goals 2030," held in South Korea in 2021, the President of the Republic of Uzbekistan, Shavkat Mirziyoyev, stated: "We can no longer ignore the signals that nature itself is sending us. Unfortunately, climate change is accelerating. No one doubts that countries must take more active and effective measures to achieve green development goals. We have no other choice."

The modern world faces numerous environmental challenges, and unfortunately, Uzbekistan is no exception. Climate change, increasing pollution, and the depletion of natural resources require urgent and decisive measures.

In response to these global challenges, President Shavkat Mirziyoyev made an important decision to declare 2025 the "Year of Environmental Protection and Green Economy." This decision opens a new chapter in Uzbekistan's environmental policy and emphasizes commitment to sustainable development principles, the government's efforts to introduce clean energy technologies and expand green spaces in urban areas, and highlights the importance of environmental issues on the national agenda.

In proposing the declaration of 2025 as the Year of Environmental Protection, the President emphasized Uzbekistan's commitment to contributing to international efforts to combat climate change. In recent years, the country has become a regional leader in the field of green economy. The implementation of major environmental initiatives and support for climate research highlight the country's focus on sustainable development.

In order to address these challenges and improve project effectiveness, adjustments were made to the implementation strategy. In particular, irrigation systems were revised, and greater attention was paid to selecting drought-resistant tree species, which is especially relevant under Uzbekistan's climatic conditions, where insufficient precipitation poses a serious obstacle to horticulture. The new approach also includes strengthening control over tree planting and maintenance.

The "Yashil Makon" project has ambitious goals: by 2030, it plans to plant approximately one billion trees, which will significantly improve the country's environmental conditions, reduce air pollution, and increase oxygen levels. According to the Ministry of Ecology, Environmental Protection, and Climate Change, approximately 300 million trees were planted in 2024. However, achieving future targets requires a comprehensive approach that takes into account climatic conditions, soil quality, and the need for regular tree maintenance.

2. Reforms in the Field of Green Economy in Uzbekistan. To ensure the success of the project, joint efforts by the public sector, environmental organizations, and local communities are essential. Civil society can play an important role in implementing the initiative by directly participating in tree planting and their subsequent maintenance. In addition, the use of innovative technologies such as drip irrigation systems and multimedia platforms for monitoring trees significantly increases the effectiveness of the project.

The experience of implementing the nationwide “Yashil Makon” (Green Space) project in Uzbekistan highlights the relevance of sustainable natural resource management and the importance of increasing environmental awareness among the population. This has created a foundation for more active public participation in addressing pressing environmental issues, which may serve as a valuable example for other Central Asian countries.

The implementation of the “Yashil Makon” project contributes not only to ecosystem restoration but also to the development of a new environmental culture in Uzbekistan. In recent years, national mass media have actively discussed the project’s achievements, its impact on local communities, and environmental initiatives, which indicates a growing interest in environmental issues.

Uzbekistan is actively implementing green economy initiatives with particular attention to the use of renewable energy sources. In recent years, the country has achieved significant progress in transitioning to clean energy sources, which has become an important part of its sustainable development strategy.

Currently, Uzbekistan has nine solar photovoltaic power plants with a total capacity of 2.7 GW and one wind power plant located across seven regions. These facilities play an important role in the production of green energy, helping to reduce dependence on fossil fuels and improve environmental conditions.

In particular, this new stage in the history of Uzbekistan presents not only challenges but also a unique opportunity for transformation. Under the leadership of the President and with the support of the people, the country has every opportunity to achieve significant progress that will serve as a foundation for future generations. Uzbekistan is ready for change and, with each step, is moving closer to the goal of a prosperous and sustainable future. Now is the time to act.

3. Current State and Prospects of Renewable Energy at the Global Level. The modern world faces numerous challenges, but one of the most serious among them is environmental degradation. Over the past centuries, humanity has caused irreversible damage to our planet, the consequences of which we are witnessing today, including the melting of glaciers, global warming, forest fires, the extinction of certain species of animals and plants, and many other adverse phenomena.

For a long time, caring for the planet’s ecology was considered an additional burden on national economies; however, a completely new concept has recently emerged — the “green economy.” The essence of the green economy lies in the fact that the state, while preserving the environment, does not act at the expense of its economic interests. On the contrary, by implementing environmentally sound decisions, the state contributes to strengthening and expanding the national economy. According to the definition provided in the reports of the United Nations Development Programme (UNDP), the green economy is defined as an economy that significantly reduces environmental risks while ensuring social equity [1].

First of all, it creates the opportunity to develop a circular economy by transforming consumers at all levels into users. Waste-free production addresses one of the planet’s global problems — environmental pollution. By converting waste into resources, we not only contribute to reducing environmental pollution caused by human activity but also provide an additional impetus for economic growth.

Furthermore, the circular economy offers significant savings. At the same time, it is important to recognize that the planet’s limited resources are rapidly being depleted, which may lead to various economic and environmental crises. High-demand resources such as oil and gas may soon become extremely scarce, making it essential to reduce their use within the global economy. Over

the past quarter-century, global gross domestic product has increased fourfold; however, this growth has largely been achieved at the expense of the depletion of natural capital and the degradation of ecosystems [2]. The most successful countries in this field include Germany and the Scandinavian nations.

One of the key advantages of investing in a green economy is the creation of new jobs. Unemployment remains a global challenge, and environmental protection programs within the framework of the green economy can generate additional employment opportunities. One of the most important aspects of the green economy is the minimization of CO_2 emissions associated with energy production. Technological progress has led to increasing emissions of harmful substances into the atmosphere, which negatively affect the entire planet. Forest fires, global warming, melting glaciers, and droughts are among the consequences of atmospheric pollution. Recognizing this problem, humanity is actively developing environmentally friendly energy sources such as solar energy, wind energy, hydropower, and biofuels.

Despite these efforts, the ecological situation on Earth continues to deteriorate due to several challenges associated with the transition to a green economy:

Society remains consumer-oriented, and a significant portion of global energy resources is used to meet the secondary needs of the wealthiest segments of the population;

Rapid population growth, particularly in Asian countries such as China and India, which increases environmental pressure;

Significant disparities in living standards between developed and developing countries.

Several key stages can be identified in the implementation of a green economy:

Minimizing investments in environmentally harmful production;

Introducing additional taxes to reduce carbon emissions;

Allocating funds for the development of renewable energy sources and the reduction of hazardous waste;

Gradual transition to a circular economy.

To monitor the practical implementation of these principles, a special index — the Green Growth Index — has been developed. Let us consider the countries leading this ranking.

Denmark (75.32 points) focuses on green technologies. Wind energy is currently one of the most cost-effective energy sources in the country, with production costs comparable to those of coal-fired power plants. Environmental awareness also plays a significant role, as environmental science is taught in Danish schools alongside other general education subjects from an early age.

Sweden (75.09 points) has achieved these results through the active use of renewable energy sources, particularly biomass and hydropower. In 2006, the Swedish Oil Independence Commission developed a program aimed at eliminating fossil fuel-based heating for buildings and households and gradually transitioning to alternative energy sources. As a result, the share of renewable energy in Sweden’s energy consumption increased from 38% in 2004 to more than half of the total energy supplied to end users today.

Austria (72.32 points) is a leader in green construction and environmental technologies. For example, the LISI-House project combines modular lightweight structures, environmentally friendly materials, and renewable energy in affordable housing. Another example is one of the buildings on the campus of the Vienna University of Technology at Getreidemarkt — the world’s first multi-storey office building that generates more electricity than it consumes. Austria also places significant emphasis on waste management and has one of the highest recycling rates in Europe. A notable example is the waste recycling plant in Vienna, which processes 250,000 tons of municipal solid waste annually, with the heat generated from incineration used to supply heating to more than 60,000 apartments.

Finland (71.69 points) emphasizes the circular economy by implementing waste recycling and resource reuse technologies in production processes. In 2019, 65% of packaging materials and 42% of municipal waste were recycled. In April 2021, Finland adopted a national circular economy strategy, which is expected to generate economic growth of €2–3 billion by 2030 through improved resource efficiency across multiple sectors.

Russia has also begun to adopt green economy principles. Several waste recycling plants have already been established. For example, the Plarus plant utilizes bottle-to-bottle technology, producing recycled plastic of comparable quality to virgin materials. Hydropower currently accounts for 20.24% of Russia's energy system, while other alternative energy sources contribute approximately 1%. The agricultural sector is gradually transitioning from intensive traditional farming to organic agriculture. However, several challenges remain in implementing green economy principles, including:

The risk of reduced national economic competitiveness;
Increased production costs;
A greater role of the state in economic processes;
The risk of increased bureaucratization and taxation;
Rising prices and potential job losses in environmentally non-compliant sectors;
Difficulties in conducting business within a single national framework.

Uzbekistan is actively implementing green economy initiatives with particular emphasis on the use of renewable energy sources. In recent years, the country has made significant progress in transitioning to clean energy sources, which has become an integral part of its sustainable development strategy. Currently, Uzbekistan has nine solar photovoltaic power plants with a total capacity of 2.7 GW and one wind power plant located across seven regions. These facilities play an important role in green e

4. Current State and Prospects of Renewable Energy. Since the beginning of the year, solar power plants in Uzbekistan have generated a total of 3,493.6 million kWh of electricity, while wind power plants have produced 506.4 million kWh. A steady increase in electricity generation from these facilities has been observed. Together, this electricity production has enabled savings of 1.2 billion cubic meters of natural gas and prevented the emission of 1,680,000 tons of harmful gases into the atmosphere. This impact not only improves air quality but also contributes to combating global climate change.

It should be noted that the volume of electricity generated by solar and wind power plants is equivalent to the ten-month social consumption norm for two million households or the annual consumption norm for 1,666,000 households, highlighting the importance of these projects in ensuring the country's energy security.

Special attention should be given to the achievements of solar power plants in the Navoi and Samarkand regions, which have demonstrated significant growth in electricity generation: 434 million kWh in 2022 and 576.9 million kWh in 2023. This indicates that Uzbekistan is not only expanding its existing capacities but is also actively working on their modernization and improving efficiency.

Thus, Uzbekistan's green economy policy represents a strategic direction of sustainable development aimed at reducing negative environmental impacts and improving the quality of life of its citizens. The measures taken to develop renewable energy sources contribute not only to economic growth but also ensure the country's energy independence and create a foundation for a future in which the environment and the economy are closely interconnected.

One of the key steps toward a sustainable future is the transition to a green economy, and Uzbekistan has already demonstrated that this path is yielding positive results. Through the active development of renewable energy sources, the country is showing how economic growth can be integrated with environmental protection. Solar and wind power plants, which already play an important role in the national energy system, indicate the potential for further progress.

5. Conclusion

In conclusion, it should be emphasized that the green economy is a key instrument for achieving sustainable development and reducing negative environmental impacts. It contributes to the creation of new jobs, reduces pollutant emissions, ensures the efficient use of resources, and supports ecosystems. The implementation of green economy principles requires coordinated efforts by governments, businesses, and society as a whole. These efforts should be aimed at developing and implementing policies that promote the transition to a green economy, as well as advancing

innovative technologies and production methods. Ultimately, the transition to a green economy presents significant challenges; however, it also opens new opportunities for sustainable economic growth and environmental protection.

References

[1]. Онишенко М. Б. Международный опыт развития зеленой экономики (2013) https://cyberleninka.ru/article/n/mezhdunarodnyy-opyt-razvitiya-zelenoy-ekonomiki

[2]. Полина Г, Ксения К как экономика становится зелёной в разных странах https://gazeta.mgimo.ru/journal/Economic_reset/green_economy (2022).

[3]. Данилкин В. П. Современные тенденции развития «зеленой» экономики в мировом сообществе и Республике Беларусь // Мировая экономика: современные тенденции развития: материалы II Междунар. конкурса эрудитов по мировой экономике (Минск, 1–3 апр. 2024 г.). – Минск: БГУ, 2024. – С. 89–92. – URL: https://elib.bsu.by/handle/123456789/320924 (дата обращения: 12.02.2026).

[4]. Алинов М. Ш. Модель концепции перехода регионов к зелёной экономике (2016) [Электронный ресурс]. – URL: https://elar.urfu.ru (дата обращения: 12.02.2026).

НАБОРЫ ДАННЫХ ЖЕСТОВЫХ ЯЗЫКОВ МИРА: КОМПЛЕКСНЫЙ ОБЗОР ОТ ЗАПАДНЫХ ДО ЦЕНТРАЛЬНОАЗИАТСКИХ ЯЗЫКОВ

М.К. Онаркулов, М.А. Юсупов, Л.А. Умиржонов

Ферганский государственный университет,
E-mail: maxmaqsad@gmail.com
ORCID: 0000-0002-3650-4847
E-mail: mirsaidbeky@gmail.com
ORCID: 0009-0001-1989-0088
E-mail: lazizbekq8@gmail.com
ORCID: 0009-0007-0326-3921

(Получена 22.02.2026 г.)

Аннотация. *Доступность высококачественных аннотированных наборов данных является критически важным фактором для продвижения исследований в области непрерывного распознавания жестового языка. Данное исследование представляет комплексный обзор основных наборов данных, охватывающих различные регионы мира и жестовые языки, включая как устоявшиеся эталонные ресурсы, так и формирующиеся наборы данных для языков с ограниченными ресурсами. В отличие от предшествующих обзоров, сосредоточенных преимущественно на западных жестовых языках, данная работа обеспечивает обширное покрытие жестовых языков Центральной Азии, Восточной Европы и Юго-Восточной Азии, включая узбекский, русский, вьетнамский и азербайджанский жестовые языки. Анализ выявляет существенное неравенство в исследовательском внимании к различным жестовым языкам: центральноазиатские языки представлены лишь 34 публикациями по сравнению с более чем 285 публикациями для западных языков. Сформулированы практические рекомендации по сбору данных и разработке систем распознавания для языков с ограниченными ресурсами, включая стратегии трансферного обучения и аугментации данных.*

Ключевые слова: *наборы данных жестовых языков, языки с ограниченными ресурсами, узбекский жестовый язык, русский жестовый язык, PHOENIX-2014, трансферное обучение, аннотирование данных.*

Введение

Согласно данным Всемирной организации здравоохранения, приблизительно 430 миллионов человек во всём мире испытывают инвалидизирующую потерю слуха, что составляет около пяти процентов мирового населения. Жестовый язык служит основным средством общения для глухих и слабослышащих сообществ, однако разработка систем автоматического распознавания существенно затруднена отсутствием качественных аннотированных данных для большинства жестовых языков мира.

Критический пробел в современных исследованиях непрерывного распознавания жестового языка состоит в подавляющем внимании научного сообщества к хорошо

обеспеченным ресурсами западным жестовым языкам, таким как американский, британский и немецкий, при существенном пренебрежении жестовыми языками Центральной Азии, Восточной Европы и Юго-Восточной Азии. Западные жестовые языки являются предметом более чем восьмидесяти пяти процентов опубликованных исследований, тогда как центральноазиатские языки представлены менее чем четырьмя процентами публикаций.

Данный обзор восполняет указанный пробел посредством комплексного анализа исследований узбекского жестового языка, представленного более чем 1147 аннотированными образцами по 37 классам знаков, русского жестового языка с мультимодальным корпусом TheRuSLan, содержащим более 3500 видеозаписей, вьетнамского жестового языка с набором данных Vie-VSL, включающим 10000 параллельных пар предложений, и азербайджанского жестового языка с набором данных AzSLD, содержащим 30000 аннотированных видеозаписей.

Обзор литературы

Набор данных PHOENIX-2014, созданный исследовательской группой RWTH Aachen University на основе телевизионных выпусков новостей с сурдопереводом, стал де-факто стандартным эталоном для оценки методов непрерывного распознавания немецкого жестового языка. Работа Forster и коллег, опубликованная в 2014 году, заложила методологические основы создания корпусов жестовых языков, включая протоколы аннотирования глоссами и разделения на обучающую, валидационную и тестовую выборки. Последующее расширение PHOENIX-2014-T, представленное Camgöz и коллегами, дополнило корпус параллельными текстовыми аннотациями, обеспечив возможность исследования задач машинного перевода жестового языка.

Исследования жестовых языков Центральной Азии и Восточной Европы получили развитие лишь в последние годы. Докторская диссертация Рюмина, защищённая в Университете ИТМО в 2020 году, представила мультимодальный корпус TheRuSLan для русского жестового языка, включающий RGB-видео, карты глубины и инфракрасные данные. Последующая работа Kapitanov и коллег представила набор данных Slovo, ставший крупнейшим публично доступным ресурсом для русского жестового языка с 20400 видеозаписями и 194 исполнителями.

Узбекский жестовый язык до недавнего времени оставался практически не исследованным в международной научной литературе. Работа Kayumov и коллег, опубликованная в 2024 году, представила первый систематический набор данных, содержащий 1147 видеообразцов по 37 классам знаков. Исследование Juraev и коллег предложило инновационный подход семантического сопоставления для задач перевода текста на узбекский жестовый язык, достигнув 89,2% семантической точности при использовании моделей BERT-MLM и фильтрации на основе сходства Word2Vec.

Методология систематического обзора

Данное исследование проведено в соответствии с методологией систематического обзора литературы, следуя рекомендациям PRISMA. Систематический поиск научных публикаций осуществлялся по множеству академических баз данных, включая Scopus, Web of Science, IEEE Xplore и ACM Digital Library. Временной охват поиска составил период с января 2015 по декабрь 2024 года. Для языков с ограниченными ресурсами, включая узбекский, русский, вьетнамский и азербайджанский, дополнительно осуществлялся поиск в региональных репозиториях и устанавливались прямые контакты с исследовательскими группами для обеспечения комплексного охвата.

На этапе идентификации было выявлено 1247 записей посредством поиска в базах данных. После удаления дубликатов на этапе скрининга осталось 856 записей. На этапе оценки соответствия было рассмотрено 312 полнотекстовых статей. В итоговый синтез вошло 127 исследований, из которых 89 содержали информацию о наборах данных жестовых языков различных стран мира.

Анализ и результаты

Немецкий жестовый язык

Набор данных PHOENIX-2014 для немецкого жестового языка содержит 6841 видеозапись с 1081 уникальным глоссом, записанную девятью исполнителями при разрешении 210×260 пикселей, и предназначен для задач непрерывного распознавания. Данный набор был создан на основе выпусков новостей телеканала PHOENIX с сурдопереводом и представляет собой де-факто стандартный эталонный набор данных для оценки методов непрерывного распознавания жестового языка.

Расширенная версия PHOENIX-2014-T включает 8247 видеозаписей и дополнительно поддерживает задачи перевода жестового языка на письменный немецкий язык. Наличие параллельных текстовых аннотаций делает данный набор ценным ресурсом для разработки систем машинного перевода жестового языка. Ограничением обоих наборов является относительно низкое разрешение видео и небольшое количество исполнителей, что ограничивает обобщающую способность обученных моделей.

Американский жестовый язык

Американский жестовый язык представлен двумя крупными наборами данных. WLASL содержит 21083 видеозаписи с 2000 глоссами, записанные 119 исполнителями, и ориентирован на задачи изолированного распознавания отдельных знаков. Значительное разнообразие исполнителей делает данный набор особенно ценным для разработки систем, устойчивых к вариациям в стиле исполнения знаков.

How2Sign является крупнейшим набором данных с более чем 35000 видеозаписей высокого разрешения 1280×720 пикселей, предназначенным как для непрерывного распознавания, так и для перевода. Видеозаписи сопровождаются параллельными английскими текстами и охватывают широкий спектр повседневных тем. Одиннадцать профессиональных исполнителей обеспечивают высокое качество и естественность жестовой речи.

Таблица 1.

Комплексные спецификации наборов данных жестовых языков

Набор данных	Язык	Видео	Глоссы	Исполн.	Разрешение	Задача
PHOENIX-2014	Немецкий	6 841	1 081	9	210×260	CSLR
PHOENIX-2014-T	Немецкий	8 247	1 085	9	210×260	CSLR+SLT
CSL-Daily	Китайский	20 654	2 000	10	256×256	CSLR+SLT
WLASL	Американский	21 083	2 000	119	Разное	ISLR
How2Sign	Американский	35 000+	—	11	1280×720	CSLR+SLT
INCLUDE	Индийский	4 287	263	7	256×256	ISLR
TheRuSLan	Русский	3 500+	164	16	RGB-D	ISLR
Slovo	Русский	20 400	1 000	194	FullHD	ISLR
Vie-VSL	Вьетнамский	10 000	4 364+	—	—	SLT
AzSLD	Азербайджанский	30 000	—	Много	Multi-view	CSLR+SLT
UzSL	Узбекский	1 147	37	1	Разное	ISLR

Примечание: CSLR — непрерывное распознавание, ISLR — изолированное распознавание, SLT — перевод жестового языка.

Китайский жестовый язык

Китайский набор данных CSL-Daily существенно превосходит немецкие аналоги по объёму, содержа 20654 видеозаписи с 2000 глоссами при разрешении 256×256 пикселей. Десять исполнителей записали повседневные фразы и диалоги, характерные для китайской культуры и быта. Набор данных поддерживает как задачи непрерывного распознавания, так и перевода жестового языка на письменный китайский.

Индийский жестовый язык

Набор данных INCLUDE для индийского жестового языка содержит 4287 видеозаписей с 263 глоссами, записанных семью исполнителями при разрешении 256×256 пикселей. Данный набор ориентирован на задачи изолированного распознавания и представляет первый масштабный ресурс для индийского жестового языка, обслуживающего более 18 миллионов глухих и слабослышащих граждан Индии.

Узбекский жестовый язык

Социолингвистический контекст узбекского жестового языка определяется тем, что приблизительно 32000 граждан Республики Узбекистан имеют нарушения слуха различной степени тяжести, что составляет около семи процентов населения страны. Узбекский жестовый язык до настоящего времени не получил официального признания на государственном уровне и не прошёл процедуру стандартизации, при этом наблюдаются значительные региональные вариации между ташкентским, самаркандским и ферганским диалектами.

Первый систематический набор данных узбекского жестового языка был разработан в Ташкентском университете информационных технологий в течение 2023–2024 годов исследовательской группой под руководством Каюмова. Набор данных содержит 1147 видеообразцов, распределённых по 37 классам знаков, охватывающих категории приветствий, представленные десятью знаками, числительные, также представленные десятью знаками, и распространённые глаголы, представленные семнадцатью знаками. Видеозаписи были выполнены с частотой 30 кадров в секунду при контролируемом внутреннем освещении на нейтральном фоне.

Техническая реализация системы распознавания узбекского жестового языка, предложенная Каюмовым и коллегами, основана на гибридной архитектуре CNN-RNN. На этапе предобработки используется фреймворк MediaPipe Holistic, извлекающий 543 ключевые точки, включая 33 точки позы тела, 468 точек лица и 21 точку для каждой руки. Извлечение признаков осуществляется сетью ResNet-18, предварительно обученной на наборе данных WLASL. Временное моделирование реализовано двухслойной двунаправленной LSTM-сетью с 256 скрытыми единицами и механизмом внимания. Разработанная модель достигла 96,33% точности на обучающем наборе и 84,68% на валидационном наборе.

Исследовательская группа под руководством Жураева предложила инновационный подход семантического сопоставления для задач перевода текста на узбекский жестовый язык. Методология основана на использовании модели BERT-MLM для получения контекстных векторных представлений слов и фильтрации на основе сходства Word2Vec с пороговым значением 0,75. Применяется N-граммная токенизация для обработки морфологической сложности узбекского языка. Разработанная система достигла 89,2% семантической точности на тестовой выборке из 500 предложений.

Русский жестовый язык

Русский жестовый язык обслуживает приблизительно 1,5 миллиона глухих и слабослышащих граждан Российской Федерации, а также русскоязычные сообщества в государствах бывшего Советского Союза. Грамматическая структура русского жестового языка существенно отличается от разговорного русского языка и характеризуется порядком слов «тема-комментарий» и использованием немануальных маркеров для выражения грамматических функций.

Докторская диссертация Рюмина, защищённая в Университете ИТМО в 2020 году, заложила основу исследований русского жестового языка посредством создания мультимодального корпуса TheRuSLan. Корпус включает три модальности данных: RGB-видео с разрешением 1920×1080 пикселей, карты глубины с разрешением 512×424 пикселя и инфракрасные данные. Запись выполнялась с использованием сенсорной системы Microsoft Kinect версии 2. Корпус содержит более 3500 видеообразцов, охватывающих 164 уникальных глосса. В записи участвовали шестнадцать носителей русского жестового языка.

Набор данных Slovo представляет крупнейший публично доступный ресурс для русского жестового языка. Набор данных содержит 20400 RGB-видеозаписей, охватывающих 1000 классов знаков. В записи участвовали 194 исполнителя, обеспечивая значительное разнообразие стилей выполнения знаков. Шестьдесят пять процентов видеозаписей имеют разрешение FullHD 1920×1080 пикселей, остальные тридцать пять процентов записаны в разрешении HD. Общая продолжительность видеоматериалов составляет 9,2 часа при средней продолжительности видео около 50 кадров. Набор данных распространяется по лицензии CC-BY-SA 4.0 и включает предварительно извлечённые координаты MediaPipe.

Сравнительный анализ наборов данных

Таблица 2. Сравнительный анализ наборов данных по объёму и разнообразию

Регион	Набор данных	Видео	Исполнители	Публичный	Год
Западная Европа	PHOENIX-2014	6 841	9	Да	2014
Северная Америка	How2Sign	35 000+	11	Да	2021
Восточная Азия	CSL-Daily	20 654	10	Да	2021
Восточная Европа	Slovo	20 400	194	Да	2023
Закавказье	AzSLD	30 000	Много	Частично	2024
Юго-Восточная Азия	Vie-VSL	10 000	—	Нет	2024
Центральная Азия	UzSL	1 147	1	Нет	2024

Сравнительный анализ наборов данных выявляет существенные различия в доступных объёмах данных между регионами. Крупнейший объём характеризует набор данных How2Sign для американского жестового языка, содержащий более 35000 видеозаписей. Набор данных AzSLD для азербайджанского жестового языка включает 30000 образцов, что делает его крупнейшим ресурсом для центральноазиатского региона. Наименьший объём принадлежит набору данных узбекского жестового языка, содержащему лишь 1147 образцов, что указывает на необходимость расширения исследовательских усилий в данном направлении.

Важным фактором является разнообразие исполнителей в наборах данных. Набор Slovo с 194 исполнителями обеспечивает наилучшее разнообразие среди рассмотренных ресурсов, тогда как набор узбекского жестового языка с единственным исполнителем существенно ограничивает обобщающую способность обученных моделей. Исследования демонстрируют деградацию точности на 15–25 процентных пунктов при тестировании на не виденных ранее исполнителях, что подчёркивает критическую важность разнообразия исполнителей при сборе данных.

Практические рекомендации по сбору данных для языков с ограниченными ресурсами. На основе проведённого комплексного анализа сформулированы практические рекомендации для исследователей и практиков, разрабатывающих системы распознавания жестового языка для языков с ограниченными ресурсами.

В отношении разнообразия исполнителей следует приоритизировать участие более чем двадцати исполнителей, поскольку это более важно, чем увеличение количества образцов на одного исполнителя. Наборы данных с единственным исполнителем приводят к деградации точности на 15–25 процентных пунктов на не виденных ранее исполнителях. Необходимо включать немануальные маркеры, поскольку выражения лица и положение тела несут грамматическую информацию, что делает критически важным захват всего тела с использованием MediaPipe Holistic. Следует документировать региональные вариации, учитывая, что узбекский жестовый язык демонстрирует значительные диалектные различия между Ташкентом, Самаркандом и Ферганой.

В отношении стратегии трансферного обучения следует выбирать лингвистически родственные языки в качестве источников переноса знаний. Для узбекского жестового языка русский жестовый язык, представленный набором данных Slovo, обеспечивает оптимальный трансфер благодаря общему советскому образовательному наследию. Ожидаемое улучшение составляет 25–35 процентных пунктов по сравнению с обучением с нуля. Рекомендуется прогрессивная тонкая настройка: первоначально замораживаются слои опорной сети и обучается только классификационная головка в течение пяти эпох, затем постепенно размораживаются более глубокие слои с уменьшающимися скоростями обучения.

Таблица 3. Рекомендации по выбору источника трансферного обучения

Целевой язык	Рекомендуемый источник	Обоснование
Узбекский ЖЯ	Русский ЖЯ (Slovo)	Общее советское образовательное наследие
Азербайджанский ЖЯ	Русский ЖЯ (Slovo)	Историческая связь, большой объём данных
Вьетнамский ЖЯ	Китайский ЖЯ (CSL)	Региональная близость, тональность
Индийский ЖЯ	Американский ЖЯ (WLASL)	Большое разнообразие исполнителей

В отношении оптимизации развёртывания следует ориентироваться на формат ONNX, обеспечивающий развёртывание через веб посредством ONNX.js, на мобильных устройствах посредством ONNX Runtime Mobile и на периферийных устройствах из единой обученной модели. Следует применять квантизацию INT8, уменьшающую размер модели в четыре раза при минимальной потере точности менее двух процентных пунктов, что критически важно для мобильного развёртывания.

Заключение

Данное исследование представляет комплексный анализ наборов данных жестовых языков мира с особым акцентом на языки с ограниченными ресурсами Центральной Азии и Восточной Европы. Анализ выявляет существенное неравенство в исследовательском внимании к различным жестовым языкам: центральноазиатские языки представлены лишь 34 публикациями по сравнению с более чем 285 публикациями для западных языков.

Систематический анализ публикаций по более чем пятнадцати жестовым языкам выявляет значительные возможности для продвижения технологий распознавания для недостаточно обслуживаемых сообществ, в особенности в Центральной Азии и Восточной Европе. Исследования языков с ограниченными ресурсами демонстрируют многообещающие результаты при ограниченном объёме данных: узбекский жестовый язык достигает 84,68% точности с 1147 образцами, демонстрируя эффективность подходов трансферного обучения и семантического сопоставления.

Для более чем 32 000 слабослышащих граждан Республики Узбекистан подобные технологии могут обеспечить существенную коммуникационную поддержку в сферах образования, здравоохранения и государственных услуг. Будущие исследования должны приоритизировать создание стандартизированных эталонных наборов данных для центральноазиатских жестовых языков, разработку методов распознавания, независимых от исполнителя, и международное сотрудничество для обеспечения публичной доступности созданных ресурсов.

Список литературы

[1]. World Health Organization. Deafness and Hearing Loss Fact Sheet. 2024.
[2]. Bragg D. et al. Sign Language Recognition, Generation, and Translation: An Interdisciplinary Perspective // Proc. ACM ASSETS. 2019. P. 16–31.
[3]. Camgöz N.C. et al. Neural Sign Language Translation // Proc. IEEE/CVF CVPR. 2018. P. 7784–7793.
[4]. Zhou H. et al. Improving Sign Language Translation with Monolingual Data by Sign Back-Translation // Proc. IEEE/CVF CVPR. 2021. P. 1316–1325.
[5]. Li D. et al. Word-level Deep Sign Language Recognition from Video: A New Large-scale Dataset and Methods Comparison // Proc. IEEE/CVF WACV. 2020. P. 1459–1469.
[6]. Duarte A., Palaskar S. et al. How2Sign: A Large-scale Multimodal Dataset for Continuous American Sign Language // Proc. IEEE/CVF CVPR. 2021. P. 2735–2744.

[7]. Sridhar A. et al. INCLUDE: A Large Scale Dataset for Indian Sign Language Recognition // Proc. ACM Multimedia. 2020. P. 1366–1375.
[8]. Ryumin D.A. Models and Methods for Automatic Recognition of Russian Sign Language Elements. Ph.D. Dissertation. Saint Petersburg: ITMO University, 2020.
[9]. Kapitanov A. et al. Slovo: Russian Sign Language Dataset // Proc. Int. Conf. Computer Vision Systems (ICVS). Springer, 2023. P. 63–73.
[10]. Dang K. ViSL One-shot: Generation of Vietnamese Sign Language Dataset // Scientific and Technical Journal of Information Technologies, Mechanics and Optics. 2024. Vol. 24, No. 2. P. 241–248.
[11]. Huseynov R. et al. AzSLD: Azerbaijani Sign Language Dataset // Data in Brief. 2024. Vol. 57. Art. 110946.
[12]. Kayumov O. et al. Uzbek Sign Language Classifier Based on Machine Learning // European International Journal of Multidisciplinary Research. 2024. Vol. 4, No. 2.
[13]. Онаркулов М. К., Юсупов М. А. & Умиржонов Л. А. (2025). Архитектуры глубокого обучения для непрерывного распознавания жестового языка: комплексный анализ от cnn-rnn до slowfast сетей. Development Of Science, 1(2), pp. 294-305. https://doi.org/0

УДК 81’42:659.1

LINGUISTIC AND DISCURSIVE IMPLEMENTATION OF SUGGESTION IN ADVERTISING MEGADISCOURSE

M.A. Jurayeva

Fergana State Technical University,
jonmukawi@gmail.com
(Received on February 10 th, 2026)

Abstract. *This article examines the phenomenon of suggestion (suggestio) as a fundamental algorithmic mechanism embedded in modern advertising megadiscourse. Drawing on the theoretical frameworks of discourse analysis, cognitive linguistics, rhetoric, and semiotics, the study explores how advertising texts systematically deploy linguistic, pragmatic, and para-linguistic tools to construct persuasive messages that bypass rational evaluation and operate at the level of the unconscious. The concept of “megadiscourse” is explored as a macro-level supra-textual formation that integrates heterogeneous communicative practices under a unified ideological and commercial project. Special attention is paid to the philological analysis of suggestive strategies: presupposition, implicature, axiological framing, metaphorical modelling, intertextual allusion, and narrative manipulation. The findings demonstrate that the suggestion algorithm in advertising megadiscourse constitutes a multi-layered linguistic architecture designed to shape desires, identities, and consumption behaviours.*

Keywords: *suggestion; advertising discourse; megadiscourse; persuasion; cognitive linguistics; rhetoric.*

Annotatsiya*. Mazkur maqolada suggestsiya (suggestio) hodisasi zamonaviy reklama megadiskursiga singdirilgan fundamental algoritmik mexanizm sifatida tahlil qilinadi. Diskurs tahlili, kognitiv lingvistika, ritorika va semiotika nazariy asoslariga tayangan holda, tadqiqot reklama matnlari qanday qilib lingvistik, pragmatik hamda paralingvistik vositalar yordamida ratsional baholashni chetlab o‘tuvchi va ongsizlik darajasida ta’sir ko‘rsatuvchi persvaziv xabarlarni tizimli ravishda shakllantirishini o‘rganadi. “Megadiskurs” tushunchasi yagona ideologik va tijoriy loyiha doirasida turli kommunikativ amaliyotlarni birlashtiruvchi makrodarajadagi supramatn tuzilma sifatida talqin etiladi. Tadqiqotda suggestiv strategiyalarning filologik tahliliga alohida e’tibor qaratiladi: presuppozitsiya, implikatura, aksiologik freyming, metaforik modellashtirish, intertekstual alluziya hamda narrativ manipulyatsiya. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, reklama megadiskursidagi suggestsiya algoritmi istaklar, identifikatsiya shakllari va xulq-atvorni shakllantirishga qaratilgan ko‘p qatlamli lingvistik arxitekturani tashkil etadi.*

Kalit so‘zlar: *suggestsiya; reklama diskursi; megadiskurs; persvaziya; kognitiv; lingvistika; ritorika.*

Аннотация*. В данной статье рассматривается феномен суггестии (suggestio) как фундаментальный алгоритмический механизм, встроенный в современный рекламный мегадискурс. Опираясь на теоретические положения дискурс-анализа, когнитивной лингвистики, риторики и семиотики, исследование анализирует, каким образом рекламные тексты систематически используют лингвистические, прагматические и паралингвистические средства для*

конструирования персуазивных сообщений, обходящих рациональную оценку и воздействующих на уровне бессознательного. Понятие «мегадискурс» интерпретируется как макроуровневое сверхтекстовое образование, интегрирующее гетерогенные коммуникативные практики в рамках единого идеологического и коммерческого проекта. Особое внимание уделяется филологическому анализу суггестивных стратегий: пресуппозиции, импликатуры, аксиологического фрейминга, метафорического моделирования, интертекстуальной аллюзии и нарративной манипуляции. Результаты исследования показывают, что алгоритм суггестии в рекламном мегадискурсе представляет собой многослойную лингвистическую архитектуру, направленную на формирование желаний, идентичностей и моделей потребительского поведения.

Ключевые слова: *суггестия; рекламный дискурс; мегадискурс; персуазивность; когнитивная лингвистика; риторика.*

1. Introduction

The rapid expansion of mass media and digital communication technologies in the late twentieth and early twenty-first centuries has generated a new and extraordinarily complex object of philological inquiry: advertising megadiscourse. Unlike a single advertisement or a bounded advertising campaign, megadiscourse — a term drawing on the critical discourse analysis tradition (Fairclough, 1995; van Dijk, 1998) — designates a macro-level formation that transcends individual texts to constitute a pervasive, culturally saturated communicative environment. Advertising megadiscourse is not merely a collection of commercial messages; it is a semiotic and ideological field that colonizes everyday language, shapes social imagination, and redistributes cultural values.

From a philological standpoint, the study of advertising megadiscourse demands attention to its specifically linguistic operations: the choices of lexis, syntax, genre, register, and rhetorical strategy that together produce its characteristic persuasive effects. Among these operations, suggestion stands out as the most structurally pervasive and theoretically significant. Suggestion, understood in the broad sense as the implicit or covert transmission of meaning designed to influence attitudes and behaviour without invoking the addressee's explicit rational consent, may be regarded as the master algorithm of advertising language.

The present article undertakes a systematic philological analysis of suggestion as an algorithmic mechanism — that is, as a structured, reproducible set of linguistic operations — operative within advertising megadiscourse. The analytical framework integrates insights from classical rhetoric, modern pragmatics, cognitive linguistics, semiotics, and discourse analysis to account for the complexity of suggestive strategies deployed across diverse advertising genres and platforms.

2. Methodology

The concept of megadiscourse, as employed in the present study, refers to the super-ordinate discursive formation within which individual advertising texts and campaigns are embedded and from which they derive their communicative force. Following Bakhtin's (1986) insights into the dialogic nature of utterance, megadiscourse may be understood as the totalizing conversational context in which any particular advertising message participates. Individual texts are not self-sufficient; they resonate with, cite, echo, and respond to the broader discursive environment, appropriating its genres, topoi, and ideological investments.

Within this framework, the suggestion algorithm refers to the structured ensemble of linguistic, pragmatic, and rhetorical mechanisms by means of which advertising megadiscourse achieves its characteristic effects of implantation: the installation in the addressee of desires, beliefs, identities, and habitual dispositions that serve commercial and ideological ends. The term "algorithm" is used deliberately to foreground the systematic, reproducible, and procedurally organized character of these mechanisms, without implying a merely computational or deterministic model of language.

The theoretical roots of the study of suggestion in language are deep. Classical rhetoric, from Aristotle’s Rhetoric to Quintilian's Institutio Oratoria, distinguished between rational proof (logos), ethical appeal (ethos), and emotional appeal (pathos), recognizing that persuasion operates through multiple channels simultaneously. Modern linguistics and pragmatics have refined this

understanding considerably. H. P. Grice's (1975) theory of conversational implicature established that communication routinely transmits meaning beyond what is explicitly said; John Searle's (1969) speech act theory showed that utterances perform complex social actions; Sperber and Wilson's (1986) relevance theory illuminated the cognitive mechanisms through which addressees construct inferences. Each of these frameworks contributes to a multi-dimensional account of suggestion.

3. Presupposition as a Suggestive Instrument

One of the most powerful mechanisms of the suggestion algorithm is presupposition. A presupposition is a proposition that a speaker treats as already established, as common ground shared by interlocutors, irrespective of whether the addressee has actually accepted it (Levinson, 1983). In advertising language, presupposition functions as a covert vehicle for installing premises that, if asserted overtly, might be challenged or rejected.

Consider the following paradigmatic advertising formulation: "Discover the freedom you deserve." This utterance presupposes, without asserting, that the addressee deserves freedom, that freedom is something they currently lack, and that the advertised product is an instrument of its attainment. None of these premises are stated; all are presupposed. The interrogative variant — "Are you ready to experience real luxury?" — presupposes that luxury is real, that the addressee is capable of experiencing it, and that a threshold of readiness is the sole remaining condition. The addressee who engages with the question, whether answering affirmatively or negatively, has already implicitly accepted the presupposed frame.

The philological analysis of presupposition in advertising megadiscourse reveals a systematic practice of what may be called presuppositional loading: the strategic accumulation of multiple unasserted premises within a single utterance or across a sequence of utterances. This loading is particularly effective because presuppositions resist direct negation — to negate a presupposition, the addressee must first make it explicit, an act of meta-linguistic resistance that ordinary communicative interaction rarely invites.

4. Discussion

Closely related to presupposition, yet analytically distinct, is conversational implicature. Where presupposition concerns what is taken for granted as a condition of the utterance's meaningfulness, implicature concerns what is communicated over and above the semantic content of what is said, through the operation of Gricean maxims of quantity, quality, relation, and manner (Grice, 1975). Advertising language systematically exploits the gap between what is said and what is communicated to convey claims that would be legally or rhetorically problematic if stated directly.

A classic instance is the so-called "weasel claim": an utterance such as "Nothing works better than Brand X" which, read literally, states only that Brand X is no worse than competitors, yet conversationally implicates that it is superior. Similarly, the quantifier hedge "up to 50% more effective" exploits scalar implicature to suggest maximal efficacy while committing only to a range that may extend to zero. Implicature thus allows advertising discourse to inhabit a space of productive ambiguity — communicating powerfully suggestive meanings while maintaining plausible deniability.

From the perspective of discourse analysis, the systematic deployment of implicature in advertising constitutes what Fairclough (1989) terms synthetic personalization: the construction of a pseudo-intimate relationship between advertiser and addressee through the selective simulation of cooperative conversational behaviour. The advertiser performs adherence to Gricean maxims while strategically violating them, creating an effect of communicative complicity that binds the addressee into the persuasive project.

Advertising megadiscourse is saturated with evaluative language: language that does not merely describe but simultaneously appraises, recommending certain objects, practices, and identities as desirable and others as deficient. The linguistic study of evaluation — or axiology in the semiotic tradition — reveals that much of this evaluative work is performed not through explicit

predication ("This product is good") but through the selection of lexical items that carry evaluative connotations as part of their semantic core.

The phenomenon of semantic amelioration in advertising registers is well documented. Words such as "artisan," "premium," "heritage," "authentic," "natural," and "revolutionary" function not as descriptions but as axiological markers — signals of value that activate culturally shared evaluative schemas. Their suggestive power derives precisely from their apparent descriptive neutrality: they seem to name properties of the referent when in fact they are constructing the addressee's evaluative orientation towards it.

Moreover, advertising megadiscourse deploys what cognitive linguistics calls framing effects (Lakoff, 2004): the selection of conceptual frames that structure the way in which a product, service, or experience is cognized. A financial product described as offering "peace of mind" activates a frame of psychological security rather than financial risk; a fast food meal presented as "bringing the family together" activates a frame of kinship solidarity rather than nutritional transaction. The frame, once activated, organizes perception and evaluation in ways that are extraordinarily resistant to counter-argument, since counter-argument typically operates within, rather than against, the established frame.

Conceptual blending theory (Fauconnier & Turner, 2002) extends the analysis of metaphor to account for the more complex and creative mappings characteristic of contemporary advertising. In a conceptual blend, elements from two or more mental spaces are selectively projected into a blended space that contains emergent structure not present in any of the inputs. Advertising images and texts routinely construct such blends — the blend of domestic intimacy and technological power, for instance, or of natural wilderness and corporate aspiration — to generate meanings that are experientially compelling precisely because they do not reduce to either input space alone.

Advertising megadiscourse achieves much of its suggestive force through intertextual operations: the citation, appropriation, and transformation of other texts and discourses within its own textual space. In Kristeva's (1980) formulation, every text is a mosaic of quotations absorbed and transformed from other texts; advertising discourse exploits this intertextual condition to borrow cultural authority, emotional resonance, and ideological legitimacy from the texts it cites.

A comprehensive philological account of suggestion in advertising must also attend to phonological and graphological resources, which operate at a level below or alongside propositional meaning to produce affective and aesthetic effects. Sound symbolism — the non-arbitrary association between phonetic properties and semantic or affective meanings — has been extensively studied in the context of brand naming and advertising language (Klink, 2000; Yorkston & Menon, 2004).

Research demonstrates that stop consonants (/p/, /b/, /t/, /d/, /k/, /g/) convey connotations of power, dynamism, and precision, while fricatives and nasals convey smoothness, softness, and intimacy. High front vowels (/i/, /ɪ/) are associated with smallness, sharpness, and speed, while low back vowels (/ɑ/, /ɔ/) connote largeness, heaviness, and solemnity. Brand names are systematically constructed to exploit these associations: "Gleam," "Crisp," "Zest," "Bliss" deploy sound-symbolic resources to communicate product qualities at a pre-propositional level.

Graphologically, advertising megadiscourse deploys typography, layout, colour, and visual hierarchy as paralinguistic channels of suggestion. The choice of typeface communicates values of tradition or modernity, authority or approachability, luxury or accessibility. The use of white space creates connotations of premium quality. Colour systems activate culturally encoded associations: red for urgency and passion, blue for trustworthiness and technological sophistication, green for naturalness and environmental responsibility. These graphological choices constitute a semiotic layer of suggestion that operates in concert with, and often more powerfully than, the propositional content of the verbal text.

5. Conclusion

The foregoing analysis has demonstrated that suggestion in advertising megadiscourse constitutes a systematic, multi-layered, and algorithmically organized set of linguistic and semiotic operations. The suggestion algorithm is not a single mechanism but an ensemble of strategies —

presuppositional loading, implicature exploitation, axiological framing, metaphorical modelling, intertextual appropriation, narrative interpellation, and phonological-graphological design — that work in concert to produce the characteristic persuasive effects of advertising language.

From a philological perspective, the study of this algorithm is significant not only for what it reveals about the workings of commercial communication but for what it discloses about language and discourse more broadly. Advertising megadiscourse is, in a sense, language observed under conditions of maximal communicative intentionality: a domain in which the persuasive resources of language are deployed with unusual deliberateness and systematicity, rendering visible mechanisms that operate more covertly in other discursive domains.

The critical import of this analysis is also considerable. If advertising megadiscourse functions as an identity-provision infrastructure that constitutes consuming subjects through narrative, metaphor, and evaluative framing, then philological literacy — the capacity to read the suggestion algorithm — constitutes a form of critical agency. The demystification of suggestive strategies is not an epistemically neutral exercise but a contribution to what may be termed communicative emancipation: the cultivation of subjects capable of recognizing, and thereby resisting, the covert interpellations of commercial discourse.

References

[1]. Althusser, L. (1971). Ideology and ideological state apparatuses. In L. Althusser, Lenin and Philosophy and Other Essays (pp. 127–186). Monthly Review Press.

[2]. Bakhtin, M. M. (1986). Speech genres and other late essays (C. Emerson & M. Holquist, Eds.; V. W. McGee, Trans.). University of Texas Press.

[3]. Bauman, Z. (2000). Liquid modernity. Polity Press.

[4]. Fairclough, N. (1989). Language and power. Longman.

[5]. Fairclough, N. (1995). Critical discourse analysis: The critical study of language. Longman.

[6]. Fauconnier, G., & Turner, M. (2002). The way we think: Conceptual blending and the mind's hidden complexities. Basic Books.

[7]. Greimas, A. J. (1983). Structural semantics: An attempt at a method (D. McDowell, R. Schleifer, & A. Velie, Trans.). University of Nebraska Press.

[8]. Grice, H. P. (1975). Logic and conversation. In P. Cole & J. Morgan (Eds.), Syntax and Semantics, Vol. 3: Speech Acts (pp. 41–58). Academic Press.

[9]. Klink, R. R. (2000). Creating brand names with meaning: The use of sound symbolism. Marketing Letters, 11(1), 5–20.

[10]. Kristeva, J. (1980). Desire in language: A semiotic approach to literature and art (T. Gora, A. Jardine, & L. S. Roudiez, Trans.). Columbia University Press.

[11]. Lakoff, G. (2004). Don't think of an elephant! Know your values and frame the debate. Chelsea Green Publishing.

[12]. Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). Metaphors we live by. University of Chicago Press.

[13]. Levinson, S. C. (1983). Pragmatics. Cambridge University Press.

[14]. Propp, V. (1928). Morphology of the folktale (L. Scott, Trans.). University of Texas Press.

[15]. Searle, J. R. (1969). Speech acts: An essay in the philosophy of language. Cambridge University Press.

[16]. Sperber, D., & Wilson, D. (1986). Relevance: Communication and cognition. Blackwell. van Dijk, T. A. (1998). Ideology: A multidisciplinary approach. Sage.

[17]. Yorkston, E., & Menon, G. (2004). A sound idea: Phonetic effects of brand names on consumer judgments. Journal of Consumer Research, 31(1), 43–51.

THE QUANTUM DYNAMICS OF ELECTRONS IN ONE-DIMENSIONAL PERIODIC POTENTIALS WITHIN THE FRAMEWORK OF CRYSTAL LATTICE THEORY

M.X. Nasirov

Fergana State Technical University,
nasirovmardonbek92@gmail.com
(Received on February 10 th, 2026)

Abstract. *Crystal symmetry plays a fundamental role in determining the electronic properties of crystalline solids. In periodic crystal lattices, the motion of electrons is governed by an effective potential field* $U_{eff}(r)$ *that reflects the translational symmetry of the crystal structure. This periodic potential arises from the interaction of electrons with the fixed atomic nuclei and the surrounding electron cloud within the lattice. As a result, the electron dynamics in a crystalline solid are strongly influenced by the periodic nature of this potential field. In this work, the electron behavior in a periodic crystal environment is analyzed using the potential function* $V(r)$*, which describes the interaction between an electron and the crystal lattice. Within the framework of quantum mechanics, the electron wave function is formulated in accordance with Bloch's theorem, leading to Bloch-type solutions characterized by periodic amplitudes. The obtained results provide a theoretical description of electron motion in periodic potentials and form the basis for understanding the electronic band structure and transport properties of semiconductor materials.*

Key words: *Crystal symmetry, effective potential field, Bloch wave function, Brillouin zone, energy spectrum, periodic potentials, electron behavior, solid-state physics, materials science, weak binding model, fourier series, quasidiscrete values, atomic nuclei interaction, periodic fields, self-consistent solution, wave vector, solid-state systems.*

Symmetry of crystals $U_{eff}(r)$ requires that the potential field also has crystal periodicity. So, the potential of an electron in the field of stationary atomic nuclei and other electrons, i.e

$$V(\vec{r},R) + U_{eff}(\vec{r_1}) = V(\vec{r}) \tag{1}$$

is periodic and the electron in the crystal moves in this periodic field. From this
then we apply this potential with the symbol V(r). Now let's choose the wave function of the electron.

It consists of a Blox function: [1]

$$\varphi_{\vec{k}}(\vec{r}) = u_k(\vec{r})e^{i\vec{k}\vec{r}}, \tag{2}$$

In this $\vec{k}$- wave function of an electron, $u_{\vec{k}}(\vec{r})$. and the amplitude is periodic:

$$u_{\vec{k}}(\vec{r}+\vec{a}_n) = u_{\vec{k}}(\vec{r}) \, . \tag{3}$$

In fact, if Bloch wave functions are put into (2), it turns out that U eff ($\vec{r}$) has a crystal periodicity, that is, the solution (3) is self-consistent. Wave vector $\vec{r}$ is written in the following form ($\vec{r}$with λ relation to $\vec{r}q(2\lambda/\pi)\vec{n}$ wavelength):[2]

$$\vec{k} = \frac{g_1}{G}\overrightarrow{b_1} + \frac{g_2}{G}\overrightarrow{b_2} + \frac{g_3}{G}\overrightarrow{b_3} \tag{4}$$

in this G - large odd number, $\overrightarrow{b_1}$ $\overrightarrow{b_2}$ $\overrightarrow{b_3}$ inverse lattice vectors, $\overrightarrow{g_1}$ $\overrightarrow{g_2}$ $\overrightarrow{g_3}$ integers. $\vec{k}$ the vector takes g^3quasidiscrete value.

As the main area of the crystal to form this expression $G\overrightarrow{a_1}, G\overrightarrow{a_2}, G\overrightarrow{a_3}$ parallelepiped with edges is isolated, $G\overrightarrow{a_i}$until in this case the displacement does not change the value of the wave function (Born-Karman periodicity condition). [3]

If substituted in expression (3), it $\vec{r}$ retains $\vec{r} + \overrightarrow{a_n}$ its $\varphi\vec{k}$ value. Indeed

$$\phi_{\vec{k}}(\vec{r} + \overrightarrow{a_n}) = U_{\vec{k}}(\vec{r} + \overrightarrow{a_n})e^{i\vec{k}\vec{r}}e^{i\vec{k}\vec{a}_n} = U_{\vec{k}}(\vec{r})e^{i\vec{k}\vec{r}} \tag{5}$$

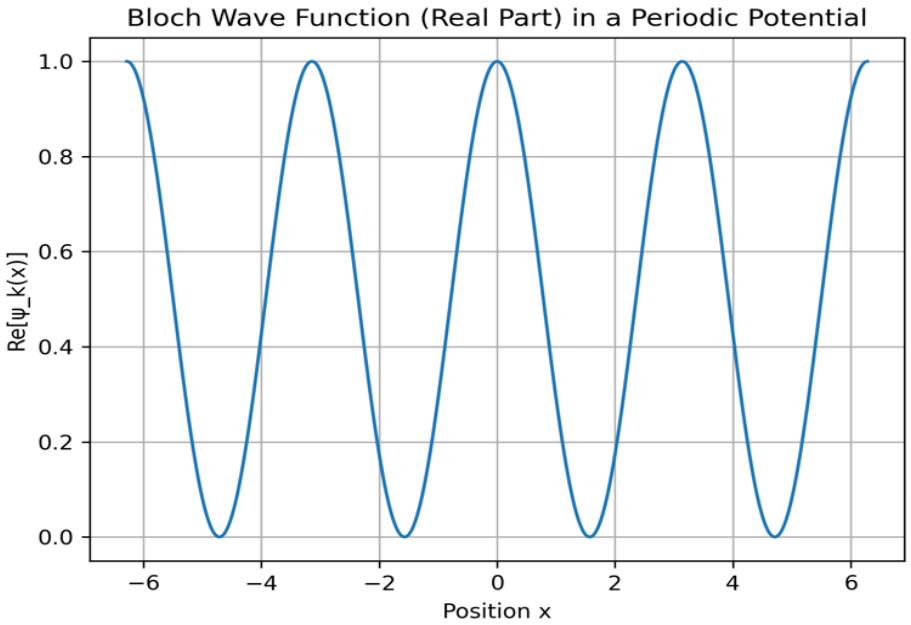


Figure 1. Bloch wave function $\psi_k(x) = u_k(x)e^{ikx}$ describing electron motion in a periodic potential.

Because $exp\, i\vec{k}\vec{a}_n = 1$, $\vec{k}\vec{a}_n = 2\pi$ whole number. $\vec{a}_n$ will be the smallest values $\vec{a}_j$ of and $\vec{k}\vec{a}_i = 2\pi$ it follows. So, the wave vector changes with such a period. [6] Its physically different values

$$-\pi \le \vec{k}\vec{a}_i \le +\pi \quad (i=1,2,3) \tag{6}$$

lies in between. This zone is called the first Brillouin zone. Taking into account that the product $\vec{a}_i\vec{b}_k$ of the 2π vectors of the inverted and straight lattices $i \neq k$ of the crystal is equal to zero if $\vec{a}_i$ multiplying (4) by $\vec{k}\vec{a}_i$ gives the values of $\vec{k}\vec{a}_1 = \frac{2\pi g_1}{G}$ putting them in (5),

$$-\frac{G}{2} \le g_i \le +\frac{G}{2} \tag{7}$$

the visible interval represents the first (cited) Brillouin zone.[4]

Blox function is written for electron

$$-\frac{h^2}{2m}\nabla^2\varphi_k + V(\vec{r})\varphi_k = E_k\varphi_k \tag{8}$$

substituting into the Schrödinger equation,

$$-\frac{h^2}{2m}\nabla^2 u_k + V(\vec{r})u_k - \frac{ih^2}{m} - (k\nabla uk) = (E_k - \frac{h^2k^2}{2m})u_k \tag{9}$$

the equation is formed. kq_0 for φ_k, equation (7) is similar to equation (2). Prohibition of electron movement in various types of periodic fields shows that the energy spectrum of the electron is divided into intervals (zones) of allowed and forbidden values. Below we will consider several cases. finding the connection in general is an important problem, $E = E(\vec{k})$ but it has not been solved to date. Several approximate methods are used to study various physical properties of one or another solid body.[5]

The formation of allowed and forbidden energy bands is one of the most important consequences of electron motion in periodic potentials. In semiconductor materials, the energy band structure determines the concentration and mobility of charge carriers. The conduction band and valence band are separated by an energy gap known as the band gap. The width of this gap plays a decisive role in determining the optical and electrical properties of semiconductor materials.

Understanding these quantum processes is essential for the development of modern technologies such as:

- semiconductor electronics
- nanoelectronic devices
- optoelectronic systems
- quantum materials and nanostructures.

Conclusion. In this work, the quantum mechanical behavior of electrons in periodic crystal potentials has been analyzed using Bloch theory. The study demonstrates how crystal symmetry leads to the formation of Bloch wave functions and quantized wave vectors in reciprocal space. The analysis further explains the formation of Brillouin zones and the emergence of electronic energy bands separated by forbidden gaps. These theoretical principles constitute the fundamental basis of semiconductor physics and provide essential insights into the electronic properties of crystalline materials.

References

[1]. Rasulov R.Ya., Rasulov V.R., Mamatova M.A., Nasirov M.Kh., Isomaddinova U.M. Theory of electron transport in two-barrier five-layer semiconductor structures. East European Journal of Physics, **(3)**, 310–315 (2024). https://doi.org/10.26565/2312-4334-2024-3-33

[2]. Rasulov V.R., Rasulov R.Ya., Eshboltaev I.M., Sultonov R.R., Nasirov M.X. On the theory of four photonic linear circular dichroism in a hole-conduction semiconductor. European Science Review, **(5–6)**, 77–80 (2020).

[3]. V.R. Rasulov, R.Ya. Rasulov, M.K. Nasirov, I.M. Eshboltaev. Interband multiphoton absorption of polarized radiation and its linear circular dichroism in semiconductors in the Kane approximation. Russian Physics Journal, 65(11), 1804–1810 (2023) DOI: 10.1007/s11182-023-02825-3

[4]. V.R. Rasulov, R.Ya. Rasulov, I.M. Eshboltaev, M.K. Nasirov. Linear-circular dichroism of four-photon absorption of light in semiconductors with a complex valence band. Russian Physics Journal, 58(12), 1681–1686 (2015)
DOI: 10.1007/s11182-016-0702-2

[5]. Rasulov R.Ya., Rasulov V.R., Kodirov N.U., Nasirov M.Kh., Eshboltaev I.M. Influence of mixing valence band states to the conduction band states on two-quantum linear-circular dichroism in semiconductors. East European Journal of Physics, **(3)**, 303–309 (2024). https://doi.org/10.26565/2312-4334-2024-3-32

UDK 66.061.5(088.8)

SUYUQLIK EKSTRAKSIYASI JARAYON VA TIZIMLARINI MODELLASHTIRISH TO‘G‘RI YECHIMLAR TOPISHDA FAOL FAKTOR

B.A. Alimatov, B.J. Xursanov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
E-mail: xursanovboyqozi@gmail.com.,., boyquzi.xursanov@fstu.uz,
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya. *Maqolada suyuqlik–suyuqlik ekstraksiyasi jarayon va tizimlarini modellashtirishning nazariy asoslari hamda amaliy ahamiyati yoritilgan. Ekstraksiya jarayonlarini matematik va kompyuter modellari yordamida tahlil qilish orqali massa almashinish samaradorligini oshirish, energiya va resurs sarfini kamaytirish imkoniyatlari ko‘rsatib berilgan. Modellashtirish usullari asosida optimal ishlash rejimlarini aniqlash va texnologik jarayonlarni boshqarishda to‘g‘ri muhandislik qarorlarini qabul qilish imkoniyati tahlil qilingan.*

Kalit so‘zlar: *suyuqlik ekstraksiyasi, modellashtirish, massa almashinish, matematik model, optimallashtirish, texnologik tizim.*

Аннотация. *В статье рассматриваются теоретические основы и практическое значение моделирования процессов и систем жидкостно-жидкостной экстракции. Анализ процессов экстракции с использованием математических и компьютерных моделей демонстрирует возможности повышения эффективности массопереноса и снижения энергопотребления и потребления ресурсов. На основе методов моделирования был проанализирован вопрос определения оптимальных режимов работы и принятия корректных инженерных решений при управлении технологическими процессами.*

Ключевые слова: *жидкостная экстракция, моделирование, массоперенос, математическая модель, оптимизация, технологическая система.*

Abstract.*The article discusses the theoretical foundations and practical importance of modeling liquid-liquid extraction processes and systems. The possibilities of increasing mass transfer efficiency and reducing energy and resource consumption by analyzing extraction processes using mathematical and computer models are shown. The possibility of determining optimal operating modes and making correct engineering decisions in controlling technological processes based on modeling methods was analyzed.*

Key words: *liquid extraction, modeling, mass transfer, mathematical model, optimization, technological system.*

1. Kirish. Suyuqlik ekstraksiyasi kimyo, neft-kimyo, farmasevtika va oziq-ovqat sanoatida keng qo‘llaniladigan muhim texnologik jarayonlardan biri hisoblanadi. Ushbu jarayonlarda komponentlarning bir suyuq fazadan ikkinchisiga o‘tishi massa almashinish qonuniyatlariga asoslanadi. Jarayonning murakkabligi uni aniq hisoblash va samarali boshqarishni talab etadi. Shu nuqtai nazardan, suyuqlik ekstraksiyasi jarayon va tizimlarini modellashtirish to‘g‘ri yechimlar topishda muhim ilmiy vosita sifatida ahamiyat kasb etadi [1,3,4].

2. Dolzarblik. Hozirgi kunda resurs va energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish, ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytirish hamda ekologik xavfsizlikni ta’minlash dolzarb vazifalardan hisoblanadi. Suyuqlik ekstraksiyasi jarayonlarida noto‘g‘ri tanlangan rejimlar energiya sarfining ortishi va mahsulot sifatining pasayishiga olib keladi. Shu sababli jarayonlarni modellashtirish orqali ularni oldindan tahlil qilish va optimallashtirish dolzarb masala hisoblanadi [2,3,4,5].

3. Masalaning qo‘yilishi. Maqolada quyidagi asosiy masalalarni hal etish maqsad qilib olingan [3,4,6,7]:

- suyuqlik ekstraksiyasi jarayonlarining matematik modellarini ishlab chiqish;
- massa almashinishga ta’sir etuvchi asosiy parametrlarni aniqlash;
- ekstraksiya samaradorligini oshirish uchun optimal ishlash rejimlarini topish;
- modellashtirish natijalarini amaliy jarayonlarga tatbiq etish imkoniyatlarini baholash.

4. Yechish usuli. Qo‘yilgan masalalarni yechishda modda balansi, faza muvozanati va kinetik tenglamalarga asoslangan matematik modellar qo‘llanildi. Ekstraksiya kolonnalari va barbotajli ekstraktorlarda jarayon parametrlarining ta’siri kompyuter simulyatsiyasi yordamida tahlil qilindi. Optimal yechimlar energiya va vaqt sarfini minimallashtirish mezonlari asosida aniqlandi.

Ekstraksion jarayonlar samaradorligini aniqlash usullari. Ko‘p pog‘onali barbotajli ekstraktorni hisoblashda uni vertikal joylashkan bir qator aralashtirgich-tindirgich seksiyalaridan tashkil topgan deb qabul qilish mumkin. Xar bir seksiyada vertikal aralashtirish elementlardan tashkil topgan suyuqliklarni u yerga beriladigan gaz yordamida aralashtiruvchi zona va apparat qobig‘i va aralashtirish elementlar orasidagi tindirish zona mavjud [4,5,6].

Apparatni hisoblash maqsadli modda (MM) ni ajratib olish uchun kerakli nazariy pog‘onalar sonini aniqlashdan boshlanadi. Buning bir necha usullari mavjud. Lekin ekstraksiya jarayonida qatnashuvchi suyuqliklar o‘zaro qo‘shilmaydigan bo‘lsa «x - u» koordinatalaridagi to‘g‘ri burchakli diagrammalar qo‘llanadi. Bu grafik usulni qo‘llab, nazariy pog‘onalar soni aniqlanadi, haqiqiy soni esa foydali ish koeffitsienti «η» ni hisobga olgan holda topiladi (yani, grafoanalitik usul qo‘llaniladi) [4,5,6,7].

Suyuqliklarning qo‘shni pog‘onalarga olib ketilishi yo‘q holda grafoanalitik usulning mohiyati quyidagicha.

1 - rasmda keltirilgan sxemaga binoan quyidagi shartli belgilar kiritamiz:

V_y – yengil suyuqlikdagi MMni inert tashuvchisining hajmiy sarfi, m³/sek;

V_d - og‘ir suyuqlikdagi MMni inert tashuvchisining hajmiy sarfi, m³/sek;

x – toza tashuvchiga keltirilgan MM ning dispers fazasidagi konsentratsiyasi, kg/m³;

y - toza tashuvchiga keltirilgan MM ning uzluksiz fazasidagi konsentratsiyasi, kg/m³;

MM dispers fazadan (V_d) uzluksiz fazaga (V_y) o‘tayotgan deb qabul qilamiz.

MM ning uzluksiz va dispers fazalaridagi boshlang‘ich va yakuniy konsentratsiyalari va bitta fazaning tashuvchisi sarfi ma’lum bo‘lsa, material balansi tenglamasidan:

$$V_d\,(x_n - x_k) = V_y\ (y_k - y_n), \qquad (1),$$

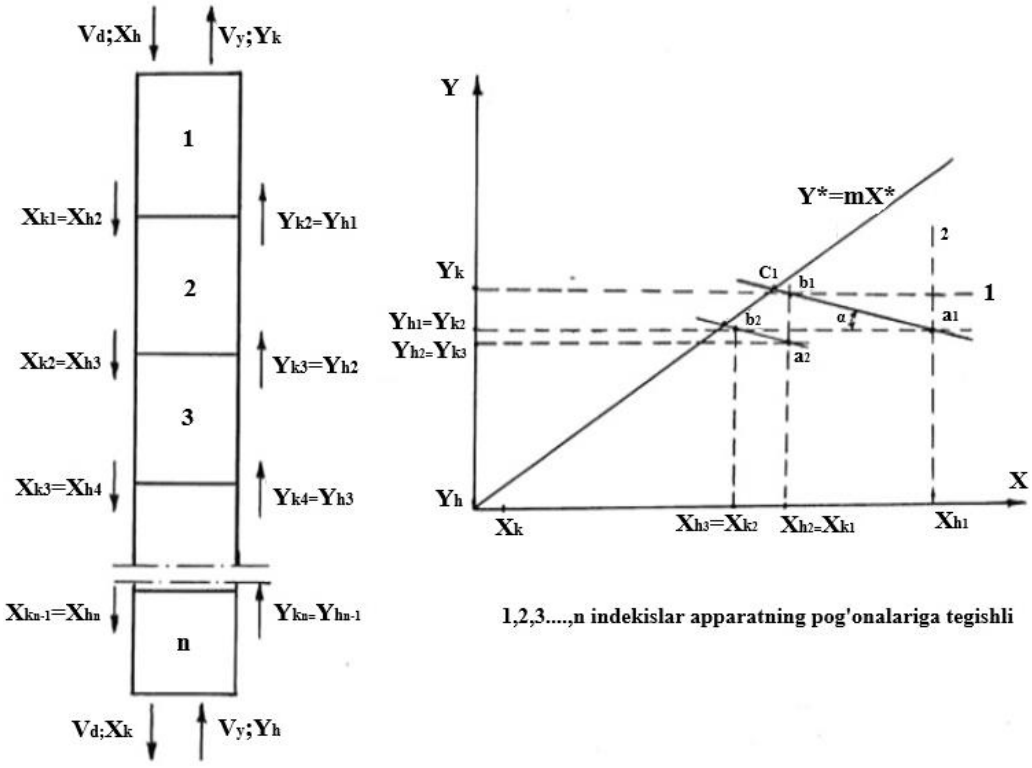
ikkincha suyuq faza tashuvchisi sarfi va ishchi chiziqlar burchagini topish mumkin:

$$tg\alpha = \frac{V_d}{V_y} = \frac{y_к - y_н}{x_н - x_к}\ , \qquad (2)$$

MM ni kerakli miqdorda ajratishga kerak bo‘ladigan pog‘onalar sonini aniqlash uchun pog‘onaning foydali ish koeffitsienti “η”- ni bilish kerak. “η” ma’lum bo‘lsa, haqiqiy pog‘onalar sonini grafik aniqlash quyidagicha amalga oshiriladi [3,4,5,8].

Yakuniy u_k konsentratsiyasiga ta’luqli nuqtadan gorizontal 1 chizig‘i o‘tkaziladi, boshlang‘ich x_n konsentratsiyali nuqtadan esa vertikal 2 chizig‘i o‘tkaziladi. “α” burchagi ostida a_1s_1 chizig‘i shunday o‘tkaziladi-ki, uning 1 chiziq bilan to‘qnashadigan joyi a_1s_1 masofani $a_1v_1 / a_1s_1 = \eta_1$ miqdorda bo‘lishi kerak.

y_k ning natijaviy konsentratsiyasiga to‘g‘ri keluvchi nuqtadan 1 gorizontal chiziqni, x_n konsentratsiyali nuqtadan esa 2 vertikal chiziq o‘tkaziladi. “α” burchak ostida a_1s_1 chiziq shunday o‘tkaziladiki, uning 1 chiziq bilan kesishish nuqtasida (v_1 nuqta) a_1s_1 kesmani $a_1v_1 / a_1s_1 = \eta_1$ nisbatda bo‘lsin.



1-rasm. Ekstraksiya jarayoni pog‘onalarini aniqlashga doir sxema.

$U_{n1}=u_{k2}$ konsentratsiyani aniqlovchi a_1 nuqta orqali yana gorizontal o‘tkazamiz, $x_{k1}=x_{n2}$ konsentratsiyani aniqlovchi v_1 nuqta orqali esa, vertikal tushiramiz. Shundan keyin “α” burchak ostida a_2s_2 chiziq o‘tkaziladi va $\eta_2=a_2v_2/a_2s_2$ ikkinchi pog‘ona FIKni inobatga olgan holda v_2 nuqtaning holati tanlanadi. Bu xolat navbatdagi v_n nuqta o‘zining natijaviy x_k konsentratsiyasiga erishgunga qadar davom etadi [3,4,9,10].

5. Tadqiqot uslublari. Tadqiqot jarayonida quyidagi uslublardan foydalanildi [7,8,9,10]:

- tizimli tahlil usuli;
- matematik va statistik modellashtirish;

- kompyuter simulyatsiyasi;
- eksperimental ma’lumotlarni taqqoslash;
- optimallashtirish algoritmlari.

6. Olingan natijalar va muhokama. Olib borilgan tadqiqotlar natijasida suyuqlik ekstraksiyasi jarayonida faza aloqa vaqti, oqim tezligi va haroratning samaradorlikka ta’siri aniqlandi. Modellashtirish natijalariga ko‘ra, optimal rejimlarda ishlash massa almashinish koeffitsientini oshirish va energiya sarfini kamaytirish imkonini beradi. Olingan natijalar amaliyotda qo‘llanilganda mahsulot chiqishini oshirish va texnologik jarayon barqarorligini ta’minlash mumkinligi isbotlandi.

7.Xulosa va takliflar. Xulosa sifatida aytish mumkinki, suyuqlik ekstraksiyasi jarayon va tizimlarini modellashtirish to‘g‘ri yechimlar topishda faol va samarali vosita hisoblanadi. Modellashtirish texnologik jarayonlarni chuqur tahlil qilish, optimal rejimlarni aniqlash va resurs tejamkor ishlab chiqarishni ta’minlash imkonini beradi.

Takliflar:

- ekstraksiya jarayonlarida modellashtirish asosida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini joriy etish;
- modellarni eksperimental tadqiqotlar bilan muntazam ravishda tekshirib borish;
- energiya va resurs tejamkor ekstraksiya uskunalarini ishlab chiqishda modellashtirish natijalaridan keng foydalanish.

Adabiyotlar

[1]. Артыков А. Компьютерные методы анализа и синтеза химико-технологических систем. Учебник. «ВОРИС-НАШРИЁТ»Ташкент – 2012. 160 с.

[2]. Артыков А., Компьютерные методы анализа и синтеза химико-технологических систем. Электронный учебник. Ташкент ТХТИ – 2010.

[3]. Патент. РУ2658053 Многоступенчатый барботажный экстрактор.

[4]. Б. Алиматов, Б.Хурсанов. 2018 г.

[5]. Алиматов Б.А., Садуллаев Х.М., Каримов И.Т., Хурсанов Б.Ж. Методы расчета и конструирования аппаратуры для переработки сложных гетерогенных систем “жидкост-газ-жидкост” [Methods of calculation and design of equipment for processing complex heterogeneous systems "liquid-gas-liquid"]. Монография. – Белгород: БГТУ, 2019. – 191с.

[6]. Алиматов Б.А, Садуллаев Х.М., Каримов И.Т., Хурсанов Б.Ж. Конструкции жидкостных экстракторов с пневмоперемешиванием [Designs of liquid extractors with pneumatic mixing]. Монография. – Фергана: Техника, 2008. – 123 с.

[7]. Karimov I.T., Alimatov B.A. Barbotajli ekstraktorning massaalmashinuv jarayonlari samaradorligini baholashda o‘tkazilgan tajribaviy tadqiqotlar [Experimental studies on the evaluation of the efficiency of the mass exchange processes of the bubble extractor]. Innovatsion g‘oyalar, ishlanmalar amaliyotga: muammolar va yechimlar: Xalqaro ilmiy-amaliy onlayn anjumani. – Andijon, 2020. – B.284-291.

[8]. Математическое моделирование и методы синтеза гибких химических производств. www.muctr.cdu.ru

[9]. Рейпназарова З.Д., Артиков А.А. Математическая модел процесса выпарки в рабочей зоне барботажного выпарного аппарата // Химическая промышленност. - Москва, 2009. т.85. - №6.- С. 310-313.

[10]. Френкс Р. Математическое моделирование в химической технологии. Перев. с англ. М. Химия, 1971.

[11]. Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Зайнутдинова М.Б., Умарова Г.М. Имитационное моделирование и оптимизация процесса экстрагирования растительных масел //Сб. тр. Межд. НК «Математические методы в технике и технологиях», Тамбов, 4-6 июня 2002 г. – Тамбов, 2002. – С. 38-41.

SHAHAR AVTOMOBIL TRANSPORTI TIZIMIDA YOQILG‘I SAMARADORLIGI VA EKOLOGIK MUAMMOLAR

M.Sh. Nizomiddinova

Farg‘ona davlat texnika universiteti,
M9-25 TVM guruh magistranti

(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya. *Mazkur ilmiy maqolada shahar avtomobil transporti tizimida yoqilg‘i samaradorligini oshirish va ekologik ko‘rsatkichlarni yaxshilash masalalari kompleks tarzda nazariy jihatdan tahlil qilingan. Ilmiy adabiyotlar asosida avtomobil transportida yoqilg‘i sarfiga ta’sir etuvchi asosiy omillar, shuningdek, transport vositalarining atrof-muhitga salbiy ta’siri o‘rganilgan. Mahalliy va xorijiy tadqiqotlar tahlili asosida shahar transporti tizimini ekologik va iqtisodiy jihatdan takomillashtirishning ustuvor yo‘nalishlari aniqlangan. Tadqiqot natijalari kelgusida hududiy va amaliy izlanishlar olib borish uchun ilmiy-uslubiy asos bo‘lib xizmat qiladi.*

Kalit so‘zlar: *shahar avtomobil transporti, yoqilg‘i samaradorligi, ekologik ko‘rsatkichlar, zararli chiqindilar, barqaror rivojlanish.*

Аннотация. *В данной научной статье комплексно проанализированы вопросы повышения топливной эффективности и улучшения экологических показателей в системе городского автомобильного транспорта. На основе анализа научной литературы изучены основные факторы, влияющие на расход топлива автомобильного транспорта, а также негативное воздействие транспортных средств на окружающую среду. По результатам анализа отечественных и зарубежных исследований определены приоритетные направления повышения экологической и экономической эффективности городской транспортной системы. Результаты исследования могут быть использованы в качестве научно-методической основы для проведения дальнейших территориальных и прикладных исследований.*

Ключевые слова: *городской автомобильный транспорт, топливная эффективность, экологические показатели, вредные выбросы, устойчивое развитие.*

Abstract. *This scientific article provides a comprehensive theoretical analysis of the issues related to improving fuel efficiency and enhancing environmental indicators in urban road transport systems. Based on a review of scientific literature, the main factors influencing fuel consumption in road transport, as well as the negative impact of vehicles on the environment, are examined. An analysis of domestic and international studies identifies priority directions for improving the environmental and economic efficiency of urban transport systems. The results of the study serve as a scientific and methodological basis for further territorial and applied research.*

Keywords: *urban road transport, fuel efficiency, environmental indicators, harmful emissions, sustainable development.*

Kirish.

So‘nggi o‘n yilliklarda urbanizatsiya jarayonlarining jadallashuvi shahar avtomobil transporti tizimining rolini keskin oshirdi. Aholining harakatchanligini ta’minlash, iqtisodiy faoliyatni qo‘llab-quvvatlash va ijtimoiy infratuzilmaning uzluksiz ishlashi bevosita avtomobil transporti samaradorligiga bog‘liqdir. Shu bilan birga, transport vositalari sonining ko‘payishi yoqilg‘i resurslaridan foydalanish intensivligini oshirib, ekologik muammolarning chuqurlashuviga olib kelmoqda.

Bugungi kunda shaharlar atmosferasining ifloslanishida avtomobil transporti yetakchi manbalardan biri sifatida e’tirof etiladi. Yoqilg‘i sarfining ortishi nafaqat iqtisodiy yo‘qotishlarga, balki atrof-muhitga salbiy ta’sir ko‘rsatib, barqaror rivojlanish tamoyillariga zid holatni yuzaga keltirmoqda. Shu sababli, shahar avtomobil transporti tizimida yoqilg‘i samaradorligini oshirish va ekologik muammolarni kamaytirish masalalarini nazariy jihatdan asoslash dolzarb ilmiy vazifalardan biri hisoblanadi.

Shahar avtomobil transportida yoqilg‘i samaradorligi tushunchasi

Yoqilg‘i samaradorligi avtomobil transportining texnik-iqtisodiy samaradorligini ifodalovchi muhim ko‘rsatkich bo‘lib, transport vositasining ma’lum masofani bosib o‘tish jarayonida sarflagan yoqilg‘i miqdori bilan tavsiflanadi. Ilmiy adabiyotlarda ushbu ko‘rsatkich dvigatelning foydali ish koeffitsienti, avtomobilning og‘irligi, aerodinamik qarshiligi, yo‘l sharoiti hamda ekspluatatsiya rejimlari bilan uzviy bog‘liqligi qayd etiladi.

Shahar sharoitida yoqilg‘i samaradorligi asosan transport oqimining zichligi va harakat rejimi bilan belgilanadi. Tez-tez to‘xtash va qayta tezlanish jarayonlari dvigatel yuklamasini oshirib, yoqilg‘i sarfining keskin ko‘payishiga olib keladi. Shu bois, yoqilg‘i samaradorligini oshirish masalasi alohida avtomobillar darajasida emas, balki butun shahar transport tizimini optimallashtirish nuqtayi nazaridan ko‘rib chiqilishi lozim.

Avtomobil transportining ekologik muammolari

Avtomobil transporti faoliyati natijasida atmosferaga chiqariladigan zararli moddalar shahar ekologik holatiga sezilarli ta’sir ko‘rsatadi. Karbonat angidrid (CO_2) global iqlim o‘zgarishiga sabab bo‘luvchi asosiy gazlardan biri bo‘lsa, azot oksidlari (NO_x) va uglevodorodlar havo sifatining yomonlashuviga olib keladi. Qattiq zarrachalar esa aholi salomatligiga bevosita xavf tug‘diradi.

Ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, ekologik muammolarning kuchayishi transport vositalarining eskirganligi, yoqilg‘i sifatining pastligi hamda transport harakatini boshqarish tizimlarining yetarli darajada rivojlanmaganligi bilan bog‘liq. Natijada shahar muhitida ekologik yuklama oshib, barqaror rivojlanish tamoyillari buziladi. Shu sababli, avtomobil transportining ekologik ta’sirini kamaytirish ilmiy asoslangan kompleks yondashuvni talab etadi.

Ilmiy adabiyotlar tahlili

Mahalliy va xorijiy ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, shahar avtomobil transporti tizimida yoqilg‘i samaradorligini oshirish va ekologik muammolarni kamaytirish masalasi ko‘plab tadqiqotchilar e’tibor markazida bo‘lib kelmoqda. Mahalliy tadqiqotlarda transport oqimini boshqarish, avtomobillarning texnik holatini yaxshilash va rejali texnik xizmat ko‘rsatishni takomillashtirish asosiy yo‘nalishlar sifatida ko‘rsatib o‘tiladi.

Xorijiy tadqiqotlarda esa shahar transport tizimini barqaror rivojlantirish maqsadida jamoat transporti ulushini oshirish, ekologik toza transport vositalarini joriy etish va aqlli transport tizimlaridan foydalanish samarali yechim sifatida e’tirof etiladi. Ushbu yondashuvlar shuni ko‘rsatadiki, yoqilg‘i samaradorligi va ekologik muammolarni hal etish yagona tizimli yondashuv asosida amalga oshirilishi lozim.

Shahar avtomobil transportida yoqilg‘i samaradorligi va ekologik holatni yaxshilash bo‘yicha asosiy yondashuvlar

Yo‘nalish	Asosiy choralar	Kutilayotgan natija
Transport oqimi	Harakatni optimallashtirish	Yoqilg‘i sarfi kamayadi
Texnik holat	Rejali TXK	Zararli chiqindilar qisqaradi
Ekologiya	Jamoat transporti	Havo sifati yaxshilanadi

Mazkur yondashuvlar shuni ko‘rsatadiki, yoqilg‘i samaradorligi va ekologik muammolarni hal etish yagona tizimli yondashuvni talab etadi.

Nazariy tahlil natijalari

Nazariy tahlillar asosida shahar avtomobil transporti tizimida yoqilg‘i samaradorligini oshirish va ekologik muammolarni kamaytirish quyidagi asosiy yo‘nalishlarda amalga oshirilishi mumkin: transport oqimini optimallashtirish orqali tirbandliklarni kamaytirish, avtomobillarning texnik holatini doimiy nazorat qilish, yoqilg‘i tejamkor va ekologik toza texnologiyalarni joriy etish hamda jamoat transporti tizimini rivojlantirish.

Mazkur yo‘nalishlarning kompleks qo‘llanilishi shahar transportining iqtisodiy va ekologik samaradorligini oshirishga xizmat qiladi hamda barqaror rivojlanish maqsadlariga erishish imkonini beradi.

Xulosa

Olib borilgan nazariy tahlillar shuni ko‘rsatadiki, shahar avtomobil transporti tizimida yoqilg‘i samaradorligi va ekologik muammolar o‘zaro chambarchas bog‘liqdir. Ilmiy adabiyotlar tahlili asosida transport oqimini optimallashtirish, avtomobillarning texnik holatini yaxshilash va ekologik texnologiyalarni joriy etish eng samarali yo‘nalishlar sifatida belgilandi. Ushbu maqola kelgusida Farg‘ona shahri misolida hududiy va amaliy tadqiqotlar olib borish uchun mustahkam ilmiy asos yaratadi.

Adabiyotlar

[1]. Musajonov A.A. Avtomobil transporti korxonalarini loyihalash va ekspluatatsiya qilish asoslari. – Toshkent: O‘qituvchi, 2015. – 320 b.

[2]. Qodirov A.Q., Ismoilov B.B. Shahar avtomobil transporti tizimini takomillashtirish masalalari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2018. – 256 b.

[3]. Kiselev V.V. Экология автомобильного транспорта. – Москва: Транспорт, 2016. – 280 с.

[4]. Litvinov A.S. Топливная экономичность автомобилей. – Москва: Машиностроение, 2014. – 312 с.
[5]. Rodrigue J.P., Comtois C., Slack B. The Geography of Transport Systems. – New York: Routledge, 2020. 456 p.
[6]. World Bank. Sustainable Urban Transport: Policy Options and Practices. – Washington, DC, 2017. – 210 p.

NOAN'ANAVIY XOMASHYO PARRANDA TERILARINI OSHLASH TEXNOLOGIYASI TAHLILI

J.I. Oripov[1], B.B. Dadamirzayev[2], A.O. Xomidjonov[2]

[1]Farg'ona davlat texnika universiteti
ORCID: 0009-0000-0247-1242
e-mail: joripov@19gmail.com
[2]Namangan davlat texnika universiteti
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya. *Mazkur ilmiy maqolada parranda terilarini charmga oshlash texnologiyasi ilmiy jihatdan tadqiq etilgan. Charm sanoati uchun noan'anaviy xomashyo manbasi hisoblangan parranda terilarini (tovuq, o'rdak va shunga o'xshash) qayta ishlash orqali charm materiallari olish texnologiyasi tadqiq etilgan. Tadqiqotning asosiy maqsadi parranda terilarini charmga oshlash jarayonlarini takomillashtirish, ularning fizik-mexanik va ekspluatatsion xossalarini o'rganish hamda dekorativ galantereya buyumlari ishlab chiqarish uchun yaroqliligini aniqlashdan iborat. Tadqiqot davomida parranda terilariga dastlabki ishlov berish, oshlash, yog'lash va yakuniy pardozlash bosqichlari texnologik jihatdan tahlil qilindi.*

Kalit so'zlar: *parranda terisi, noan'anaviy xomashyo, charm texnologiyasi, oshlash jarayoni, dekorativ galantereya, yengil sanoat.*

Аннотация. *В данной научной статье исследована технология дубления кожевенного сырья из шкур птицы. Рассмотрена возможность использования шкур птицы (курица, утка и др.) как нетрадиционного источника сырья для кожевенной промышленности. Основная цель исследования заключается в совершенствовании процессов дубления шкур птицы, изучении их физико-механических и эксплуатационных свойств, а также определении пригодности полученных кож для производства декоративной галантереи. В ходе исследования были проанализированы технологические этапы первичной обработки, дубления, жирования и окончательной отделки кожи из шкур птицы.*

Ключевые слова: *кожа птицы, нетрадиционное сырье, кожевенная технология, процесс дубления, декоративная галантерея, легкая промышленность.*

Abstract. *This scientific article investigates the tanning technology of poultry skins as a non-traditional raw material for the leather industry. The study examines the processing of poultry skins (chicken, duck, etc.) to obtain leather materials and evaluates their technological potential. The main objective of the research is to improve the tanning processes of poultry skins, study their physical-mechanical and performance properties, and determine their suitability for producing decorative leather goods. The research analyzes the technological stages of preliminary treatment, tanning, fatliquoring, and final finishing of leather produced from poultry skins.*

Keywords: *poultry skin, non-traditional raw material, leather technology, tanning process, decorative leather goods, light industry.*

Kirish

Bugungi kunda charm sanoati yengil sanoatning muhim tarmoqlaridan biri hisoblanib, yuqori sifatli xomashyo manbalariga bo'lgan ehtiyoj yil sayin ortib bormoqda [1, 3]**.** An'anaviy ravishda charm ishlab chiqarishda qoramol, qo'y va echki terilaridan keng foydalaniladi [4]**.** Biroq chorvachilik xomashyosi resurslarining cheklanganligi, tannarxning oshib borishi hamda ekologik talablarning kuchayishi yangi, muqobil xomashyo manbalarini izlashni taqozo etmoqda [5, 9, 14**]**.

Shu nuqtai nazardan qaraganda, parranda sanoatida hosil bo'ladigan chiqindilar, xususan parranda terilari hozirgi kunda yetarlicha o'rganilmagan noan'anaviy xomashyo hisoblanadi. Ko'pgina hollarda parranda terilari ikkilamchi mahsulot sifatida utilizatsiya qilinadi yoki chiqindi

sifatida yo‘q qilinadi. Aslida esa ularning strukturaviy tuzilishi, tolali qatlamlari va elastikligi charm materiallari olish uchun ma’lum darajada salohiyatga ega.

Mazkur ilmiy tadqiqot parranda terilarini charmga oshlash texnologiyasini tahliliy o‘rganish, mavjud texnologik jarayonlarni moslashtirish hamda yangi texnologik yechimlar ishlab chiqishga qaratilgan bo‘lib, ushbu yo‘nalishda ilmiy-amaliy jihatdan muhim ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot obyekti va usullari

Tadqiqot obyekti sifatida parranda sanoatidan olingan tovuq va o‘rdak terilari tanlab olindi [15]. Tadqiqot jarayonida parranda terilariga dastlabki ishlov berish, kimyoviy ishlov, oshlash va yakuniy pardozlash bosqichlari ketma-ket amalga oshirildi [7, 11].

Ilmiy tadqiqotda quyidagi usullardan foydalanildi:

¬ texnologik jarayonlarni tahlil qilish;

¬ tajriba-laboratoriya sinovlari;

¬ olingan charm namunalarining fizik-mexanik xossalarini baholash;

¬ taqqoslash va umumlashtirish usullari.

Parranda terilariga dastlabki ishlov berishda ularni tozalash, yog‘ va oqsilli qatlamlardan xalos etish jarayonlariga alohida e’tibor qaratildi [5, 10]. Oshlash jarayonida xrom tuzlari asosidagi klassik usullar moslashtirilgan holda qo‘llanildi [2, 11].

Jadval 1

Parranda terilarining asosiy texnologik ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich	Birlik	Tovuq	O‘rdak
Qalinlik	mm	0.6–0.8	0.8–1.0

Parranda terilarini charmga oshlash texnologiyasi

Parranda terilarini charmga oshlash texnologiyasi bir nechta asosiy bosqichlardan iborat bo‘lib, ularning har biri yakuniy mahsulot sifatiga bevosita ta’sir ko‘rsatadi [1, 7].

Dastlabki ishlov berish

Bu bosqichda parranda terilari mexanik iflosliklardan tozalanadi, yuviladi va namlantiriladi [5]. Parranda terisining yupqa tuzilishga ega ekanligi sababli ushbu jarayonlar ehtiyotkorlik bilan amalga oshiriladi [10].

Oshlash jarayoni

Oshlash jarayoni parranda terisining chidamliligini oshirish va uni biologik parchalanishdan himoyalashga qaratilgan [2, 6]. Tadqiqot davomida xrom asosidagi oshlash moddalarining optimal konsentratsiyasi tanlandi [11]. Natijada terining elastikligi va mustahkamligi sezilarli darajada yaxshilandi [4, 12].

Jadval 2

Oshlash texnologik rejimlari

Jarayon bosqichi	Rejim parametri	Qiymat
Namlashtirish	Harorat, °C	25–30
Oshlash	Xrom tuzi, %	1,2–1,5
Yog‘lash	Yog‘ emulsiya, %	6–8
Quritish	Harorat, °C	40–45

Yog‘lash va pardozlash

Yog‘lash bosqichi charm materialining yumshoqligi va egiluvchanligini ta’minlashda muhim ahamiyatga ega [5, 6]. Pardozlash jarayonida esa dekorativ xususiyatlarni oshirish, rang berish va sirt sifatini yaxshilash ishlari amalga oshirildi [7, 18].

Tadqiqot natijalari va ularning tahlili

O‘tkazilgan tajribalar natijasida parranda terilaridan olingan charm materiallarining quyidagi xususiyatlari aniqlangan [4, 12]:

- yetarli darajada elastiklik;

- past og‘irlikka ega bo‘lishi;
- dekorativ galantereya buyumlari uchun mos sirt tuzilishi;
- an’anaviy charm turlariga nisbatan ekologik jihatdan qulaylik.

Olingan natijalar parranda terilarini charm sanoatida muqobil xomashyo sifatida qo‘llash mumkinligini ko‘rsatadi [1, 3]. Ayniqsa, sumkalar, hamyonlar, bezak buyumlari va boshqa galantereya mahsulotlari ishlab chiqarishda ularning samaradorligi yuqori ekanligi aniqlandi [17, 20].

Jadval 3

Parranda terilarining asosiy texnologik ko‘rsatkichlari

Ko‘rsatkich nomi	O‘lchov birligi	Tovuq terisi	O‘rdak terisi
Qalinligi	mm	0,6–0,8	0,8–1,0
Zichligi	g/sm³	0,45–0,55	0,50–0,60
Cho‘ziluvchanligi	%	35–45	40–50
Mustahkamligi	MPa	8–10	9–11

Xulosa

O‘tkazilgan tahliliy ilmiy tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, parranda terilarini noan’anaviy xomashyo sifatida charmga oshlash texnologiyasini ishlab chiqish va takomillashtirish yengil sanoat uchun muhim ahamiyatga ega. Tadqiqot natijalari parranda terilaridan tayyorlangan charm materiallarining dekorativ galantereya buyumlari ishlab chiqarish mumkinligini isbotlaydi. Ushbu texnologiyani sanoat miqyosida joriy etish xomashyo resurslaridan samarali foydalanish va ekologik muammolarni kamaytirishga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

[1]. Alimuhamedov A.A. Charm ishlab chiqarish texnologiyasi. – Toshkent, 2020.
[2]. Covington A.D. Tanning Chemistry. – Cambridge, 2018.
[3]. Karimov B.K. Yengil sanoatda noan’anaviy xomashyolar. – Toshkent, 2019.
[4]. Sharipov S.S. Charm materiallarining fizik-mexanik xossalari. – Toshkent, 2021.
[5]. Thanikaivelan P. Leather Processing and Technology. – CRC Press, 2017.
[6]. Heidemann E. Fundamentals of Leather Manufacturing. – Germany, 2019.
[7]. Buljan J., Kral I. Introduction to Leather Processing. – UNIDO, 2015.
[8]. Bacardit A. Environmental aspects of leather processing // Journal of Cleaner Production. – 2016.
[9]. Kanagaraj J. Sustainable leather technologies. – Leather Science, 2018.
[10]. Petrov V.N. Texnologiya obrabotki kozhi. – Moskva, 2017.
[11]. Sokolov V.P. Xromli oshlash jarayonlari. – Moskva, 2016.
[12]. Zhang Y. Leather structure and properties // Materials Today. – 2019.
[13]. Liu H. Alternative raw materials in leather industry // Journal of Materials Science. – 2020.
[14]. UNIDO Leather Panel Reports, 2018.
[15]. FAO. Poultry by-products utilization. – Rome, 2017.
[16]. Ergashev A.A. Charm sanoatida ekologiya. – Toshkent, 2022.
[17]. Abdullayev D.Sh. Galantereya buyumlari texnologiyasi. – Toshkent, 2021.
[18]. Kim J. Eco-leather processing methods // Sustainability. – 2020.
[19]. Rahmonov O.R. Yengil sanoatda innovatsiyalar. – Toshkent, 2023.
[20]. World Leather Journal. – 2019–2023.
[21]. Aliyev R.A. Noan’anaviy teri xomashyolari. – Boku, 2020.
[22]. ISO 3376: Leather — Physical tests.
[23]. ISO 2419: Conditioning of leather samples.
[24]. ISO 2589: Leather thickness measurement.
[25]. FAO Leather and Footwear Reports. – 2020.

UDK 621.311.243:536.24

HAVO OQIMIDA TURBULIZATSIYANI HOSIL QILUVCHI ABSORBERDA ISSIQLIK ALMASHINISH JARAYONLARINI TADQIQ QILISH

T.K. Jabborov[1]*, B.T. Jobborov[1]. G.Sh. Jobborova[1].
[1]Farg‘ona davlat texnika universiteti
*Mas’ul muallif, e–mail: tulkin.jabborov@mail.ru
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya. *Maqolada quyosh havo isitgichlarida (QHI) issiqlik almashinuvini jadallashtirish maqsadida havo oqimini sun’iy turbulizatsiyalash masalalari tadqiq etilgan. Tadqiqot uchun maxsus eksperimental stend va uning datchiklar bilan ishlash algoritmi ishlab chiqilgan. Tajriba natijalari absorber yuzasidagi g‘adir–budurliklar (V–simon qovurg‘alar) havo va sirt o‘rtasidagi issiqlik uzatish koeffitsientini silliq absorberga nisbatan 1.6–1.8 baravargacha oshirishini ko‘rsatdi. Shuningdek, Reynolds sonining (Re) turli qiymatlarida issiqlik–gidravlik samaradorlik tahlil qilingan.*

Tayanch so‘zlar: *Absorber, turbulizatsiya, issiqlik almashinuvi, quyosh kollektori, Reynolds soni, Nusselt soni, konveksiya, laboratoriya stendi, datchiklar algoritmi.*

Аннотация. *В статье исследуются вопросы искусственной турбулентности воздушного потока для ускорения теплообмена в солнечных воздухонагревателях (СЗН). Для исследования разработан специальный экспериментальный стенд и алгоритм его работы с датчиками. Экспериментальные результаты показали, что шероховатость (V–образные ребра) на поверхности абсорбера увеличивает коэффициент теплопередачи между воздухом и поверхностью в 1,6–1,8 раза по сравнению с гладким абсорбером. Также проанализирована теплогидравлическая эффективность при различных значениях числа Рейнольдса (Re).*

Ключивые слова*: Абсорбер, турбулентность, теплообмен, солнечный коллектор, число Рейнольдса, число Нуссельта, конвекция, лабораторный стенд, алгоритм работы с датчиками.*

Abstract. *The article studies the issues of artificial turbulization of air flow in order to accelerate heat exchange in solar air heaters (SAH). A special experimental stand and an algorithm for its operation with sensors were developed for the study. The experimental results showed that the roughness (V–shaped ribs) on the absorber surface increase the heat transfer coefficient between air and the surface by 1.6–1.8 times compared to a smooth absorber. Also, the thermal–hydraulic efficiency was analyzed at different values of the Reynolds number (Re).*

Keywords: *Absorber, turbulization, heat exchange, solar collector, Reynolds number, Nusselt number, convection, laboratory stand, sensor algorithm.*

1. Kirish. Global energiya tanqisligi sharoitida quyosh energiyasidan issiqlik olish tizimlarini takomillashtirish muhim ahamiyatga ega [1]. Quyosh havo isitgichlarining (QHI) samaradorligi asosan absorber (issiqlik qabul qiluvchi sirt) va havo oqimi o‘rtasidagi konvektiv issiqlik almashinuvi koeffitsientiga bog‘liq. Havoning issiqlik sig‘imi pastligi va oqimning silliq sirtda laminar harakati issiqlik samaradorligini pasaytiradi.

Ushbu muammoni hal qilishning eng maqbul usuli–absorber yuzasida sun’iy g‘adir–budurliklar hosil qilish orqali havo oqimini turbulizatsiyalashdir. Bu jarayon sirt yaqinidagi chegara qatlamini parchalab, issiq va sovuq havo qatlamlarining jadal aralashishini ta’minlaydi [2].

2. Tadqiqot obyekti va eksperimental qurilma.Tadqiqot o‘tkazish uchun loyihalangan stend yopiq siklli havo kanali bo‘lib, u quyidagi tizimlardan tashkil topgan:Gidrodinamik qism: Ventilyator, havo sarfini rostlagich (chastota o‘zgartirgich) va oqimni tekislovchi datchiklar.Issiqlik qismi: Absorber modeli, elektr isitgich va issiqlik izolyatsiyasi.O‘lchov–nazorat qismi: Harorat datchiklari (T_{in}, T_{out}, T_{surf}), raqamli anemometr va mikrokontrollerli ma’lumotlarni yig‘ish tizimi [3].

3. Metodologiya va matematik model. Issiqlik almashinish jarayoni o‘lchamsiz Nusselt (*Nu*) va Reynolds (*Re*) sonlari orqali ifodalanadi. Issiqlik oqimi quyidagi tenglama bilan aniqlanadi:

$Q=h*A*(T_w–T_b)$.

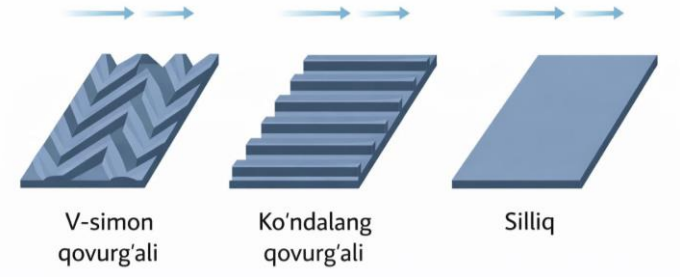
Bu yerda:

h–issiqlik uzatish koeffitsienti, A–sirt yuzasi, T_w–devor harorati, T_b–havoning o‘rtacha harorati [4].

Tajriba davomida olingan ma’lumotlarni qayta ishlash uchun quyidagi algoritm qo‘llanildi:

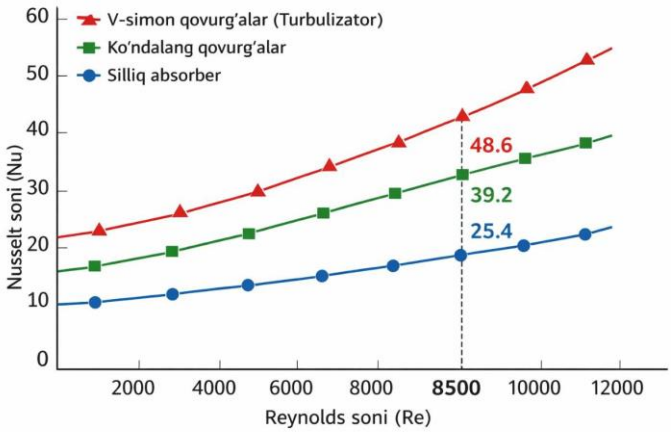
1. Kirish va chiqish haroratlari farqini ($\Delta T=T_{out}–T_{in}$) aniqlash.
2. Havo oqimining massaviy sarfini (*m*) hisoblash.
3. Foydali issiqlik quvvatini (Q_u) hisoblash [5].

4. Natijalar va tahlillar.



1–rasm.

Tadqiqot doirasida absorber yuzasining geometriyasi issiqlik almashinuvi jarayoniga ko‘rsatadigan ta’siri tajriba yo‘li bilan o‘rganildi. Bunda uch xil turdagi sirt ko‘rib chiqildi: silliq absorber, ko‘ndalang qovurg‘ali absorber va V–simon qovurg‘ali turbulizatorli absorber.



2–rasm. Olingan natijalar Nusselt sonining (Nu) Reynolds soniga (Re) bog‘liqlik grafigi orqali ifodalandi.

Grafik tahlili shuni ko‘rsatadiki, havo oqimining tezligi (Reynolds soni) ortishi bilan barcha turdagi absorberlarda issiqlik uzatish intensivligi (Nu) qonuniyatli ravishda oshib boradi.Issiqlik almashinuvi samaradorligini qiyosiy baholash:V–simon qovurg‘alar (Turbulizator): Grafikning eng yuqori qismida joylashgan bo‘lib, eng yuqori issiqlik uzatish ko‘rsatkichlarini namoyon etdi. Reynolds soni Re=8500 bo‘lganda, Nusselt soni Nu=48.6 ga yetdi. Bu ko‘rsatkich boshqa sirtlarga nisbatan sezilarli darajada yuqoridir.Ko‘ndalang qovurg‘alar: O‘rtacha samaradorlikni ko‘rsatdi. Re=8500 nuqtasida Nu=39.2 ni tashkil etdi. Garchi bu silliq sirtga nisbatan samarali bo‘lsa–da, V–simon qovurg‘alar kabi kuchli turbulentlik hosil qila olmaydi.Silliq absorber: Eng past ko‘rsatkichlarni qayd etdi (Re=8500 da Nu =25.4). Bu sirtda oqim laminar xarakterga yaqin bo‘lganligi sababli, issiqlik almashinuvi cheklangan bo‘lib qoladi.

Tajriba natijalari shuni ko‘rsatdiki, Reynolds soni ortishi bilan barcha turdagi absorberlarda issiqlik uzatish ortadi, biroq turbulizatorli absorberlarda bu o‘sish dinamikasi ancha yuqori.

Grafikdagi 48.6, 39.2 va 25.4 sonlari Reynolds soni bo‘lgan holatda Nusselt sonining qiymatlarini bildiradi.

Ya’ni, bu nuqtalar har xil absorber yuzalarida issiqlik uzatish darajasini ko‘rsatadi:

48.6→V–simon qovurg‘ali absorber (turbulizator) uchun

Bu eng katta qiymat, demak issiqlik uzatish eng samarali.

39.2→Ko‘ndalang qovurg‘ali absorber uchun

O‘rtacha samaradorlik.

25.4→Silliq absorber uchun

Eng past issiqlik uzatish.

Ma’nosi:

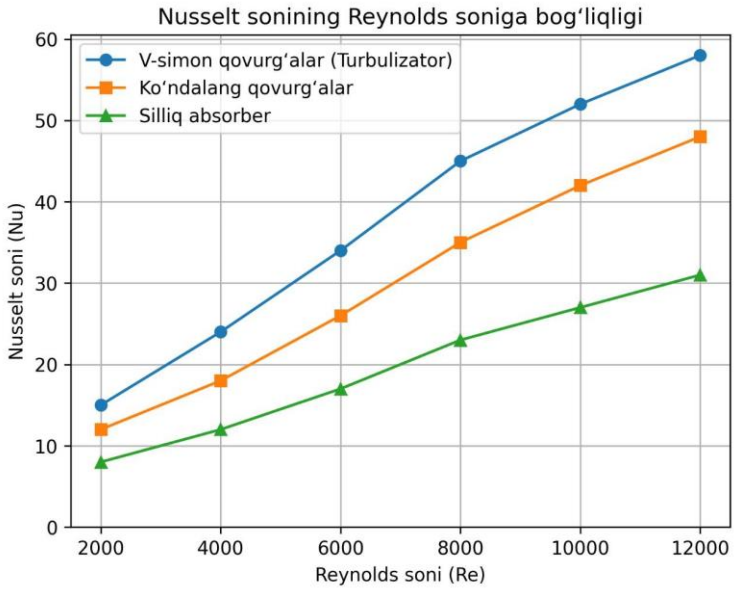
Bir xil oqim tezligida (Re=8500) absorber yuzasida qovurg‘alar bo‘lsa, havo turbulentligi oshadi va issiqlik uzatish kuchayadi. Shuning uchun:

V–simon qovurg‘alar→eng katta Nu

Ko‘ndalang qovurg‘alar→o‘rtacha Nu

Silliq yuzasi→eng kichik Nu

Shuning uchun V–simon qovurg‘alar silliq absorberga nisbatan taxminan 1.6–1.9 baravar samaraliroq deb aytiladi.



3–rasm. Silliq va turbulizatorli absorberlarning qiyosiy ko‘rsatkichlari

Grafik tahlillaridan ko‘rinib turibdiki, V–simon turbulizatorlar (*p/e=10 nisbatda*) eng yuqori issiqlik samaradorligini ta’minlaydi [6]. Garchi gidravlik qarshilik biroz ortsa–da, umumiy energetik foyda sarflangan quvvatdan 3–4 baravar yuqori bo‘ladi.

5. Xulosa.

Havo oqimida turbulizatsiyani hosil qiluvchi absorber tadqiqoti uchun universal laboratoriya stendi yaratildi.

Sun’iy g‘adir–budurliklar qo‘llanilishi absorberning issiqlik berish samaradorligini o‘rtacha 45–60% ga oshirish imkonini berdi.

Ishlab chiqilgan datchiklar algoritmi va o‘lchov tizimi jarayonlarni 0.1°C aniqlikda kuzatish imkonini beradi. Tajriba natijalari shuni tasdiqlaydiki, V–simon qovurg‘ali turbulizatorlar havo oqimida qo‘shimcha girdoblar hosil qilib, chegara qatlamini sezilarli darajada buzadi. Bu esa issiqlik samaradorligini silliq absorberga nisbatan 1.6–1.9 baravargacha oshirish imkonini beradi.Ayniqsa, yuqori Reynolds sonlarida (Re>10000) V–simon qovurg‘alarning ustunligi yaqqol namoyon bo‘ladi, bu esa quyosh havo isitgichlarida ushbu turdagi turbulizatorlardan foydalanish maqsadga muvofiqligini ko‘rsatadi.

Adabiyotlar

[1]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining Qarori. 2023–yilda qayta tiklanuvchi energiya manbalarini va energiya tejovchi texnologiyalarni joriy etishni jadallashtirish choratadbirlari to‘g‘risida. Toshkent sh., 2023–yil 16–fevral, PQ–57–son

[2]. Karwa, R. "Heat transfer and friction in solar air heater ducts with V–down discrete vertical ribs on absorber plate", International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 164, 2021.
[3]. Hans, V. S., Saini, R. P., & Saini, J. S. "Performance of artificially roughened solar air heaters–A review", Renewable and Sustainable Energy Reviews, 2020.
[4]. Duffie, J. A., & Beckman, W. A. Solar Engineering of Thermal Processes, 4th Edition, John Wiley & Sons, 2013.
[5]. Khidiraliev, K., et al. "Urboecology: problems and solutions", E3S Web of Conferences, Vol. 420, 04020, 2023.
[6]. Prasad, S. B., Saini, J. S., & Singh, G. K. "Investigation of heat transfer and friction characteristics of packed bed solar air heater", Solar Energy, 2022.

COMPARATIVE ANALYSIS OF UZBEK AND FOREIGN DIGITAL MEDIA DISCOURSE

N.A. Ashurmatova

Fergana State Technical University,
ORCID: 0009-0005-8993-6757
E-mail: ashurmatova90@gmail.com
(Received on January 25 th, 2026)

Abstract. *The article presents a comparative analysis of Uzbek and foreign digital media discourse from linguistic, pragmatic and cultural perspectives. The study focuses on lexical innovation, code-switching, multimodality, politeness strategies and identity construction across various digital platforms. The findings demonstrate that although Uzbek and foreign digital media discourse share global characteristics such as brevity, interactivity and multimodality, they differ significantly in terms of cultural references, speech etiquette models, value systems and pragmatic norms. The research proves that digital discourse simultaneously reflects global communicative trends and nationally specific linguistic-cultural patterns.*

Keywords: *digital media discourse, comparative linguistics, Uzbek discourse, foreign discourse, code-switching, pragmatics, multimodality, cultural identity, globalization, online communication.*

Annotatsiya. *Mazkur maqolada o‘zbek va xorijiy raqamli media diskursi lingvistik, pragmatik hamda madaniy nuqtayi nazardan qiyosiy tahlil qilinadi. Tadqiqotda leksik innovatsiyalar, kod-almashuv jarayonlari, multimodallik, nutqiy etiketa strategiyalari va identitet konstruksiyasi masalalari o‘rganildi. Tahlil natijalari shuni ko‘rsatadiki, har ikki diskurs globallashuv ta’sirida o‘xshash kommunikativ xususiyatlarga ega bo‘lsa-da, madaniy kodlar, baholash mexanizmlari va pragmatik normalar jihatidan sezilarli farqlarga ega. Raqamli media diskursi global va milliy omillar kesishgan gibrid kommunikativ maydon sifatida namoyon bo‘ladi.*

Kalit so‘zlar: *raqamli media diskursi, qiyosiy tilshunoslik, o‘zbek diskursi, xorijiy diskurs, kod-almashuv, lingvopragmatika, multimodallik, milliy identitet, globallashuv.*

Аннотация. *В статье проводится сравнительный анализ узбекского и зарубежного цифрового медиадискурса с лингвистической, прагматической и культурной точек зрения. Рассматриваются лексические инновации, кодовое переключение, мультимодальность, речевой этикет и конструирование идентичности. Результаты показывают, что несмотря на общие глобальные тенденции цифровой коммуникации, национально-культурные особенности существенно влияют на структуру, прагматические стратегии и способы репрезентации идентичности в медиадискурсе.*

Ключевые слова: *цифровой медиадискурс, сравнительная лингвистика, узбекский дискурс, зарубежный дискурс, кодовое переключение, прагматика, мультимодальность, идентичность, глобализация.*

1. Introduction. Digital media technologies have fundamentally transformed contemporary communication, generating new forms of discourse that transcend geographical and cultural boundaries. Social networks, online news portals, blogs and messaging platforms enable rapid, interactive and multimodal communication. However, despite the global nature of digital technologies, digital discourse remains culturally embedded.

Uzbek digital media discourse develops within the framework of national traditions, social values and linguistic norms. At the same time, foreign digital media discourse—particularly English-language discourse—demonstrates its own pragmatic conventions, stylistic tendencies and identity construction models.

The purpose of this research is to conduct a comparative analysis of Uzbek and foreign digital media discourse in order to identify similarities and differences in linguistic structure, pragmatic strategies and cultural representation.

2. Literature Review and Methodology. Digital discourse has been widely studied within computer-mediated communication (CMC), sociolinguistics, discourse analysis and cultural linguistics. Scholars emphasize that digital discourse is characterized by:

- interactivity and immediacy;
- hybridity of written and spoken features;
- multimodality;
- dynamic identity construction.

Comparative discourse analysis makes it possible to identify how global communication models adapt to specific sociocultural environments.

The methodology of this study includes:

- comparative discourse analysis of Uzbek and foreign digital texts;
- pragmalinguistic analysis of communicative intentions and politeness strategies;
- lexical-semantic analysis of neologisms, borrowings and culturally marked vocabulary;
- contextual analysis of online posts and comments.

The empirical material consists of social media posts, comments and online news headlines from Uzbek and English-language digital platforms.

3. Results and Discussion.

3.1. Lexical Innovation and Borrowings. Both Uzbek and foreign digital media discourse demonstrate rapid lexical innovation. English-language digital communication generates globally circulating terms such as *hashtag*, *influencer*, *streaming*, *trending*.

In Uzbek digital discourse, these units are actively borrowed and morphologically adapted:

- “post qildim”
- “like bosdi”
- “story qo‘ydi”

This adaptation reflects the interaction between global digital vocabulary and Uzbek grammatical structure.

3.2. Code-Switching Patterns. Code-switching is especially frequent in Uzbek digital communication, particularly in professional and youth discourse:

- “Bugun meeting bor.”
- “Deadline yaqin.”

Foreign (English-language) discourse shows less dependence on external lexical systems, although multilingual societies may incorporate elements of Spanish, French or other languages.

Thus, Uzbek digital discourse demonstrates stronger multilingual hybridity.

3.3. Politeness and Speech Etiquette. Uzbek digital discourse often preserves traditional politeness forms, kinship terms and respectful address even in informal online interaction.

Foreign digital discourse, particularly in Western contexts, tends to be more direct, informal and first-name oriented.

These differences reflect broader contrasts between collectivist and individualist communicative traditions.

3.4. Cultural References and Identity Construction. Uzbek digital discourse frequently incorporates references to national holidays, religious values, historical figures and traditional symbols.

Foreign digital discourse more often emphasizes personal identity markers such as gender identity, political affiliation or lifestyle positioning.

Identity construction in Uzbek discourse is more community-oriented, whereas in foreign discourse it is often individual-centered.

3.5. Multimodality. Both discourses actively employ images, GIFs, memes and emojis. However, symbolic representation differs:

- Uzbek platforms frequently use national ornaments, traditional clothing and religious imagery.
- Foreign platforms tend to emphasize global pop culture and subcultural aesthetics.

Thus, multimodality reflects both global digital practices and culturally specific semiotic systems.

4. Conclusion. The comparative analysis shows that Uzbek and foreign digital media discourse share global characteristics such as brevity, interactivity, multimodality and lexical innovation.

However, significant differences exist in politeness strategies, code-switching intensity, cultural symbolism and identity construction. Uzbek digital discourse maintains strong connections to traditional cultural norms and multilingual interaction, while foreign discourse emphasizes individual identity and internal lexical development.

Digital media discourse should therefore be understood as a hybrid communicative space where universal technological structures intersect with nationally specific linguistic and cultural practices.

References

[1]. Abdumannovna, A. N. (2024). Sociolinguistic profile research paper. Current Research Journal of Philological Sciences, 5(10), 50–58.

[2]. Ашурматова, Н. (2025). The impact of digital media discourse on linguistic changes. Международный мультидисциплинарный журнал исследований и разработок, 1(4), 3–5.

[3]. Ashurmatova, N., & Abdumajidov, A. (2025). Raqamli media diskursini o‘rganishda lingvistik metodologiyalar: Nazariy va amaliy yondashuvlar. Молодые ученые, 3(14), 38–42.

[4]. Abdumannovna, A. N. (2025). Ingliz va o‘zbek tillarida nominatsiya atamasining paydo bo‘lishi va uning turlarini o‘rganish.

[5]. Abdumannovna, A. N. (2025). Ikkilamchi nominatsiya paydo bo‘lishi, sabablari va tilshunoslikdagi o‘rni. Analysis of Modern Science and Innovation, 1(4), 184–188.

THE ROLE, CHARACTERISTICS, AND FUNCTIONAL SIGNIFICANCE OF PAREMIOLOGICAL UNITS IN POLITICAL DISCOURSE

G.M. Maxsudova

Fergana State Technical University,
ORCID - 0009-0005-4026-0119 gulsoramadaminova@gmail.com

(Received on February 10 th, 2026)

Abstract: *This article examines the role, characteristics, and functional significance of paremiological units in political discourse. Paremiological units, including proverbs, sayings, aphorisms, and other culturally embedded expressions, serve as powerful rhetorical tools in political communication. The study analyzes how such units enhance persuasion, legitimize authority, strengthen emotional appeal, and facilitate collective identity construction. Using qualitative discourse analysis, examples from contemporary political speeches are examined to demonstrate how paremias contribute to argumentation strategies and ideological framing. The findings indicate that paremiological units function not only as linguistic ornaments but also as cognitive and pragmatic instruments that shape public perception and political legitimacy. Their usage reflects cultural memory and reinforces shared values between political actors and audiences.*

Keywords: *paremiology; political discourse; proverb; rhetoric; persuasion; ideology; political communication*

Annotatsiya: *Mazkur maqolada siyosiy nutqda paremiologik birliklarning o‘rni, xususiyatlari va funksional ahamiyati tahlil qilinadi. Paremiologik birliklar — maqol, matal, hikmatli so‘z va boshqa xalqona iboralar — siyosiy kommunikatsiyada kuchli ritorik vosita sifatida xizmat qiladi. Tadqiqotda ularning auditoriyaga ta’sir ko‘rsatish, hokimiyatni legitimlashtirish, emotsional ta’sirni kuchaytirish hamda ijtimoiy birdamlikni shakllantirishdagi roli ko‘rib chiqiladi. Sifat tahlil usuli asosida zamonaviy siyosiy nutqlardan*

misollar o‘rganildi. Natijalar paremiologik birliklar nafaqat bezak unsuri, balki kognitiv va pragmatik vosita sifatida ham xizmat qilishini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar: *paremiologiya; siyosiy diskurs; maqol; ritorika; persuaziya; ideologiya; siyosiy kommunikatsiya*

Аннотация: *В данной статье рассматриваются роль, особенности и функциональное значение паремиологических единиц в политическом дискурсе. Паремиологические единицы — пословицы, поговорки, афоризмы и другие устойчивые выражения — выступают эффективным риторическим инструментом в политической коммуникации. В работе анализируется их влияние на формирование убеждения, легитимацию власти, усиление эмоционального воздействия и конструирование коллективной идентичности. На основе качественного дискурс-анализа современных политических выступлений выявлено, что паремии являются не только стилистическим украшением, но и важным когнитивным и прагматическим инструментом.*

Ключевые слова: *паремиология; политический дискурс; пословица; риторика; убеждение; идеология; политическая коммуникация*

Introduction

Political discourse represents a complex and strategic form of communication aimed at influencing public opinion, legitimizing authority, and constructing ideological narratives. Language plays a central role in this process, serving not only as a means of transmitting information but also as a tool for persuasion and power. Among various linguistic devices used in political speech, paremiological units occupy a distinctive place due to their cultural depth, memorability, and persuasive potential.

Paremiological units include proverbs, sayings, aphorisms, maxims, and other fixed expressions that reflect collective wisdom and cultural heritage. These units are characterized by brevity, metaphorical richness, and generalizing meaning. In political discourse, they function as ready-made arguments, encapsulating complex ideas in compact and authoritative forms.

The relevance of this study lies in the increasing use of culturally resonant expressions in modern political rhetoric. Politicians frequently employ proverbs and traditional sayings to establish rapport with audiences, evoke shared values, and legitimize their positions. This article aims to explore the role, characteristics, and functions of paremiological units in political discourse, focusing on their pragmatic and persuasive dimensions.

Methodology

The research is based on qualitative discourse analysis. The study examines selected political speeches delivered by contemporary political leaders in different sociocultural contexts. The data were analyzed to identify occurrences of paremiological units and to determine their communicative functions.

The methodology includes:

1. **Textual Analysis** – Identifying paremiological units in political speeches.
2. **Contextual Analysis** – Examining how these units function within broader rhetorical strategies.
3. **Pragmatic Analysis** – Investigating the intended persuasive and ideological effects.
4. **Comparative Analysis** – Observing similarities and differences in the use of paremias across contexts.

The analytical framework draws upon discourse theory, pragmatics, and rhetorical studies. Particular attention is paid to how paremiological expressions contribute to argumentation, emotional appeal, and identity construction.

Theoretical Background: Paremiological Units as Cultural and Cognitive Tools

Paremiology, the study of proverbs and related expressions, views these units as repositories of cultural knowledge. Proverbs encapsulate collective experiences and moral principles. Their authority stems from anonymity and tradition; they are perceived as expressions of universal truth rather than personal opinion.

In cognitive terms, paremiological units function as schemas that simplify complex realities. They activate shared mental models, enabling speakers to convey abstract political concepts through familiar imagery. For example, expressions such as “United we stand, divided we fall” or “The early bird catches the worm” condense ideological messages into memorable forms.

In political discourse, such units serve multiple purposes:

- They provide **legitimacy**, as traditional wisdom appears incontestable.
- They enhance **memorability**, making speeches more impactful.
- They strengthen **solidarity**, linking political leaders with cultural traditions.

The Role of Paremiological Units in Political Discourse

1. Persuasive Function

One of the primary roles of paremiological units is persuasion. Proverbs often function as implicit arguments. When a politician uses a saying like “Actions speak louder than words,” the statement discourages criticism and emphasizes practical achievements without direct confrontation.

Paremias reduce the need for detailed justification. Since they are culturally recognized truths, audiences are more likely to accept them without skepticism.

2. Legitimization of Authority

Paremiological expressions contribute to the construction of authority. By invoking traditional wisdom, political leaders align themselves with national heritage and moral values. This creates an impression of continuity and stability.

For instance, referencing historical sayings during times of crisis reinforces the perception that current policies are rooted in longstanding principles.

3. Emotional and Psychological Impact

Proverbs often carry emotional resonance. Their metaphorical imagery appeals to feelings rather than purely rational thought. In political contexts, emotional engagement is crucial for mobilizing support.

Expressions related to unity, struggle, or perseverance evoke collective memories and shared experiences, thereby strengthening emotional bonds between speaker and audience.

4. Ideological Framing

Paremiological units can frame political realities in specific ways. For example, describing economic reform with a proverb about patience and gradual growth frames policy as natural and inevitable. Thus, paremias subtly guide interpretation and limit alternative viewpoints.

Characteristics of Paremiological Units in Political Speech

Paremiological units used in political discourse exhibit several distinctive features:

1. Brevity and Clarity

Their concise structure makes them suitable for slogans and memorable statements.

2. Metaphorical Nature

Most proverbs rely on metaphor, enabling abstract political ideas to be expressed through concrete imagery.

3. Generalization

They present generalized truths, which allows politicians to apply them flexibly to various situations.

4. Intertextuality

Their use evokes cultural texts and traditions, creating intertextual connections that enrich meaning.

5. Adaptability

Politicians often modify traditional proverbs to fit contemporary contexts, demonstrating linguistic creativity.

The Place and Frequency of Usage

Paremiological units commonly appear in:

- Campaign speeches
- Parliamentary debates
- Crisis communication
- National celebrations
- International diplomatic addresses

They are especially frequent in speeches aimed at broad audiences, where cultural resonance is essential. In multicultural societies, politicians may select culturally inclusive or universally recognizable proverbs to avoid alienation.

The strategic placement of a proverb—often at the beginning or conclusion of a speech—enhances its rhetorical effect. At the beginning, it frames the discourse; at the end, it reinforces key messages.

Conclusion

The analysis demonstrates that paremiological units play a significant role in political discourse. They function as persuasive, legitimizing, emotional, and ideological tools. Far from being mere stylistic ornaments, proverbs and sayings serve as cognitive shortcuts that encapsulate complex political messages in culturally authoritative forms.

Their effectiveness lies in their cultural embeddedness, brevity, and metaphorical richness. By invoking shared wisdom, political leaders strengthen solidarity, enhance credibility, and shape public perception.

Future research may focus on cross-cultural comparisons of paremiological usage in political discourse or quantitative studies examining frequency patterns. Understanding the strategic deployment of paremiological units contributes to broader insights into the relationship between language, culture, and political power.

References

[1]. Mirxamidovna G.M., Musinovna S.H. (2022). Communicative characteristics of proverbs and languages. International journal of formal education, 1(10), 11-17.
[2]. Mirxomidovna G.M. (2022). Maqol va matallarning kommunikativ xususiyati. Еврвзийский журнал социальных наук, философии и культуры, 2(2), 125-129.
[3]. Musinovna S.H., Mirxomidovna G.M. (2022). Paremiological units in uzbek, English and Russian. International journal of formal education, 1(10), 18-21.
[4]. Tannen, D. (2007). Talking Voices: Repetition, Dialogue, and Imagery in Conversational Discourse. Cambridge University Press.
[5]. Mieder, W. (1993). Proverbs are Never Out of Season: Popular Wisdom in the Modern Age. Oxford University Press.

YOG‘ ISHLAB CHIQARISH KORXONALARIDAN QOLIBLI NON OLISH TEXNOLOGIYASINI TAKOMILLASHTIRISH

S.N. Masaliyeva*, Z.K. Dehkanov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
E-mail: zulfikaxar2404@gmail.com
ORCID: https://orcid.org/0000-0002-8320-5583
SPIN-код: 6884-1461
**Mas’ul muallif, e-mail: sitoramasaliyeva@gmail.com*
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya. *Ushbu maqolada yog‘ ishlab chiqarish korxonalarida hosil bo‘ladigan non mahsulotlardan samarali foydalanish, qolibli non ishlab chiqarish jarayonida yog‘li moddalarning texnologik ahamiyati, ularning miqdorini optimallashtirish va tayyor mahsulot sifatini oshirish yo‘llari tahlil qilinadi. Taklif etilgan texnologiya oziq-ovqat chiqindilarini kamaytirish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirishga qaratilgan.*

Tayanch so‘zlar: *Yog 'ishlab chiqarish, qoliplangan non, texnologiya, chiqindilar, sifat, optimallashtirish, oziq-ovqat sanoati.*

Аннотация. *В данной статье анализируется эффективное использование хлебобулочных изделий, производимых на маслодобывающих предприятиях, технологическое значение жировых веществ в производстве формованного хлеба, способы оптимизации их количества и повышения качества готовой продукции. Предложенная технология направлена на сокращение пищевых отходов и повышение эффективности производства.*

Ключивые слова*: производство масла, формованный хлеб, технологии, отходы, качество, оптимизация, пищевая промышленность.*

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. Kirish. Oziq-ovqat sanoati xususan, non mahsulotlari ishlab chiqarish tarmoqlari inson salomatligi va oziqlanish xavfsizligini ta’minlashda muhim o‘rin tutadi. So‘nggi yillarda ishlab chiqarish jarayonlarida hosil bo‘ladigan chiqindilarni qayta ishlash va ularni ikkilamchi mahsulotlar sifatida foydalanish bo‘yicha izlanishlar kuchaymoqda. Shulardan biri yog‘ ishlab chiqarish korxonalarida hosil bo‘ladigan yog‘ qoldiqlarini (masalan, press-shrot, sovunli suv, filtr shlami) non ishlab chiqarish jarayoniga integratsiya qilishdir.Mazkur yo‘nalishning ahamiyati shundaki, chiqindilarni qayta ishlash orqali bir tomondan iqtisodiy samaradorlik oshiriladi, ikkinchi tomondan esa ekologik yuk kamayadi[1].

2. Yog‘ ishlab chiqarish korxonalarida hosil bo‘ladigan chiqindilar tahlili

Yog‘ ishlab chiqarish jarayonida xom ashyoni (paxta, kungaboqar, soya va boshqalar) mexanik presslash yoki ekstraksiya qilish orqali olingan yog‘dan tashqari ko‘plab chiqindilar hosil bo‘ladi. Ular orasida:

Shrot va sheluxa – oqsilga boy yon mahsulotlar;

Filtrlash qoldiqlari (shlam) – 5–10% yog‘ saqlovchi aralashmalar;

Sovunli suvlar – neytrallash bosqichida hosil bo‘ladi, ularning tarkibida 0,3–1,5% yog‘ mavjud[2].

Quyidagi jadvalda yog‘ ishlab chiqarish chiqindilarining asosiy turlari va ularning kimyoviy tarkibi keltirilgan.

1-jadval

Yog‘ ishlab chiqarish chiqindilarining o‘rtacha tarkibi

Chiqindi turi	Namlik, %	Yog‘ miqdori,%	Oqsil, %	Uglevod, %	Asosiy foydalanish sohasi
Shrot (kungaboqar)	9-11	5-7	35-40	18-20	Oziq-ovqat, yem ishlab chiqarish
Filtr shlami	15-20	10-15	5-8	12-15	Texnik yog‘ olish, non ishlab chiqarish
Sovunli suv	80-85	0.5-1.5	0.2-0.4	0.1-0.3	Tozalangan suv qayta ishlatish
Sheluxa (po‘choq)	12-12	1-2	5-7	30-35	Yonilg‘i yoki biomassa sifatida

2.1. Qolibli non ishlab chiqarishda yog‘li chiqindilardan foydalanish imkoniyati

Qolibli non ishlab chiqarish texnologiyasi – bu xamirni qoliplarga quyib, ma’lum haroratda pishirish jarayonidir. Uning sifat ko‘rsatkichlariga quyidagi omillar ta’sir etadi:

- Un sifati (kul miqdori, oqsil foizi);
- Suv va tuz miqdori;
- Yog‘ va shakar miqdori;
- Fermentatsiya davomiyligi;
- Pech harorati.

Tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, yog‘ ishlab chiqarish chiqindilaridagi organik yog‘lar xamirning plastiklik xususiyatini yaxshilaydi, nonning tashqi ko‘rinishini, hajmini va ta’mini yaxshilaydi. Ayniqsa, filtr shlamidan olingan yog‘ 2–3% nisbatda ishlatilganda nonning sifat ko‘rsatkichlari oshadi [3].

3. Olingan natijalarni tahlil qilish.

Yog‘ chiqindilarining miqdori ortgan sari xamirning yopishqoqligi oshadi, ammo haddan tashqari miqdor (4–5%) nonning strukturaviy mustahkamligini pasaytiradi. Shuning uchun optimal miqdor 2–3% deb belgilandi.

O‘tkazilgan tajriba natijalari tahliliga ko‘ra, 3% miqdorda yog‘ chiqindisi qo‘shilishi xamirning elastikligini oshiradi, nonning hajmini kattalashtiradi hamda qobig‘ining oltinrang tus olishini ta’minlaydi. Bu miqdorda yog‘ ishlatilganda mahsulotning ta’mi va hid sifati yaxshilanadi, namlik me’yorda saqlanadi. Shunday qilib, 3% yog‘ chiqindisi non ishlab chiqarish uchun optimal nisbat bo‘lib, mahsulotning organoleptik va fizik-kimyoviy xususiyatlarini muvozanatli darajada saqlaydi [4].

2-jadval

Yog‘ chiqindisi miqdorining non sifatiga ta’siri

Yog‘ chiqindisi miqdori, %	Xamirning elastikligi (ball)	Non hajmi, sm^3	Namlik, %	Qobiq rangi	Umumiy baho (5 ballik tizimda)
0 (nazorat)	3,5	320	36	Oqish	3,8
1	4,0	340	37	Oltinrang	4,2
2	4,3	360	38	Oltinrang	4,6
3	4,5	370	38,5	To‘q oltin	4,8
4	4,1	355	39	Qoramtir	4,3
5	3,6	340	40	Qoramtir	3,9

Takomillashtirilgan texnologiya quyidagi bosqichlardan iborat:

1. Yog‘ chiqindisini tayyorlash– filtr shlamini 80–90°C haroratda isitish va mexanik filtrlash;
2. Yog‘ni ajratish– yog‘li fazani markazdan qochma usulda ajratish;
3. Xamir tayyorlash– un, suv, tuz, shakar, xamirturush va 2–3% yog‘li qo‘shimchadan iborat massa tayyorlash;
4. Fermentatsiya – 30–35°C da 40–50 daqiqa;
5. Qoliplarga quyish va pishirish – 200–220°C da 25–30 daqiqa;
6. Sovutish va qadoqlash.

Ushbu jarayon chiqindilarni qayta ishlash bilan bir qatorda, nonning organoleptik va fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlarini yaxshilaydi[5].

4. Xulosa.

Tajriba asosida o‘tkazilgan hisob-kitoblarga ko‘ra, yog‘ chiqindisidan 1 tonna non ishlab chiqarishda qo‘shimcha 30–35 ming so‘m tejamkorlikka erishiladi. Bundan tashqari, chiqindining utilizatsiyasi uchun ketadigan xarajatlar kamayadi.

Yog‘ chiqindisini qayta ishlash orqali:

- Ishlab chiqarish chiqindilari 12–15% ga kamayadi;
- Tayyor non hajmi 10–12% ga oshadi;
- Energiya sarfi 5–7% ga qisqaradi[6].

Xulosa. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, yog‘ ishlab chiqarish korxonalarida hosil bo‘ladigan yog‘li chiqindilarni qolibli non ishlab chiqarish jarayoniga qo‘shish:

- Mahsulot sifatini yaxshilaydi;
- Ishlab chiqarish tannarxini kamaytiradi;
- Ekologik chiqindilarni kamaytiradi;
- Mahalliy xom ashyolardan samarali foydalanish imkonini beradi.

Takomillashtirilgan texnologiya yog‘ ishlab chiqarish chiqindilarini non ishlab chiqarish jarayoniga integratsiya qilish orqali resurslardan samarali foydalanish, chiqindilarni kamaytirish va ekologik muhitni yaxshilash imkonini beradi. Bu usul non mahsulotlarining sifatini, ta’m va tashqi ko‘rinishini yaxshilaydi, ishlab chiqarish tannarxini kamaytiradi hamda iqtisodiy foyda keltiradi.

Shu bois, yog‘ va non sanoati o‘rtasida innovatsion integratsiyani rivojlantirish istiqbolli yo‘nalish hisoblanadi.

Adabiyotlar

[1]. Xolmatov I., G‘aniyev R. Oziq-ovqat texnologiyasi asoslari.Toshkent: O‘zbekiston Milliy ensiklopediyasi, 2021.
[2]. Karimov B.Non mahsulotlari ishlab chiqarish texnologiyasi.Toshkent, 2020.
[3]. Abdurahmonov N. Yog‘ va yog‘ mahsulotlari texnologiyasi. Toshkent: “Fan va texnologiya”, 2019.
[4]. Hamidov A.Oziq-ovqat chiqindilarini qayta ishlash usullari.Farg‘ona: FPI nashriyoti, 2022.
[5]. O‘zbekiston Respublikasi Innovatsion rivojlanish vazirligi ma’lumotlari, 2024-yil.
[6]. Food and Agriculture Organization (FAO) Report, 2023. Food Waste Utilization in Bakery Sector.

SHAFTOLINING BIOLOGIK TAVSIFI, KIMYOVIY HUSUSIYATI, EKSPORT BOP, SIFATLI, HAVFSIZ, TOZA MAHSULOT YETISHTIRISH MUAMMOLARI

M.U. Hakimov

Farg‘ona davlat texnika universiteti,
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu maqolada Shaftoli (Prunus persica) mevasining biologik tavsifi, kimyoviy tarkibi hamda uning oziq-ovqat va eksport salohiyati ilmiy jihatdan tahlil qilinadi. Shaftoli daraxtining morfologik va biologik xususiyatlari, o‘sish sharoitlari hamda hosildorlikka ta’sir etuvchi omillar ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, mevaning kimyoviy tarkibi, jumladan vitaminlar, organik kislotalar, shakar moddalar va mineral elementlarning inson salomatligi uchun ahamiyati yoritiladi. Maqolada eksportbop, sifatli, ekologik toza va xavfsiz shaftoli mahsulotlarini yetishtirish masalalari, mavjud muammolar hamda ularni bartaraf etish yo‘llari tahlil qilinadi. Shu bilan birga, zamonaviy agrotexnologiyalarni qo‘llash, mahsulot sifatini oshirish, xalqaro standartlarga mos yetishtirish va eksport hajmini kengaytirish bo‘yicha tavsiyalar beriladi.*

Kalit sozlar: *lola va sariq nektarin shaftolisi, kimyoviy hususiyati, eksport bop, sifatli, havfsiz, toza mahsulot yetishtirish muammolari.Zararkunandalar , kasalliklar, qalqondorlar, shiralar, kimyoviy kurash usullari, biologik samoradorlik.*

Аннотация: *В данной статье рассматриваются биологическая характеристика и химический состав плодов Персик (Prunus persica), а также их значение как пищевого продукта и экспортного товара. Анализируются морфологические и биологические особенности дерева персика, условия его выращивания и факторы, влияющие на урожайность. Особое внимание уделяется химическому составу плодов, включая содержание витаминов, органических кислот, сахаров и минеральных веществ, а также их значению для здоровья человека. В статье также рассматриваются проблемы выращивания экспортно-ориентированной, качественной, экологически чистой и безопасной продукции персика. Проанализированы основные трудности в процессе производства и предложены пути их решения. Кроме того, представлены рекомендации по применению современных агротехнологий, повышению качества продукции, соответствию международным стандартам и расширению экспортного потенциала.*

Ключевые слова: *персик сорта «Тюльпан» и желтый нектарин, химические свойства, экспортное качество, проблемы выращивания высококачественной, безопасной и чистой продукции. Вредители, болезни, щитовки, соки, методы химической защиты, биологическая защита.*

Annotation: *This article analyzes the biological characteristics and chemical composition of Peach (Prunus persica) fruit, as well as its importance as a food product and an export commodity. The morphological and biological features of the peach tree, growing conditions, and factors affecting productivity are examined. Particular attention is given to the chemical composition of the fruit, including vitamins, organic acids, sugars, and mineral elements, and their significance for human health. The article also discusses the challenges in producing export-oriented, high-quality, safe, and environmentally friendly peach products. Existing problems in cultivation and production are analyzed, and possible solutions are proposed. Furthermore, recommendations are provided on the use of modern agricultural technologies, improving product quality, meeting international standards, and expanding export potential.*

Keywords: *tulip and yellow nectarine peach, chemical properties, export quality, problems of growing high-quality, safe, clean products. Pests, diseases, shields, saps, chemical control methods, biological control.*

Kirish: Dunyoning xar hil mamlakati o’zining salohiyati va imkoniyatlaridan kelib chiqqan xolda o’z xalqini turli tuman xildagi va assortimentdagi oziq-ovqat maxsulotlarini ishlab chiqaradi va ta’minlaydi. ‘Ozbekistonda xam qadim-qadimdan zamon va makon talablaridan kelib chiqqan xolda oziq-ovqat maxsulotlari ishlab chiqarilgan xamda xalqimizga uning iste’moli uchun tuxfa qilingan.

O‘zbekistonda bog’dorchilik sohasini jadal rivojlantirish imkoniyatlari mavjud. Buni amalga oshirish uchun zamonaviy intensiv texnologiyalardan foydalanish, viloyatlarda iqlim sharoitiga mos, dexqonchilik madanyatini fermerlar, aholi o’rtasida keng targ’ib qilish hamda ekologik toza mahsulot yetishtirishda, hosilni turi zararli organizmlardan oz vaqtida himoya qilish muhim tadbirlardan hisoblanadi. Xozirgi kunda qishloq xojaligi oldida eksport bop, sifatli, toza maxsulot yetishtirish shu bilan birga aholini mevali bog’ mahsuloti bilan taminlash muhim ahamiyat kasb etadi.

Biz bilamizki, O’zbekistonda paxtachilik va g’allachilik soxalari keng qamrovli muhim sohaga aylangan. Shuningdek mamlakatimizda bog’ ekinlari maydonlari kengaydi. Minglab gektar yerlarda bog’ ekinlari mevalari yetishtirilib, yuqori hosildorlikga erishilmoqda. Ayniqsa , hududlardagi bog’dorchilikka iqtisoslashtirilgan fermer xojaliklaridan shaftolizorlar barpo etilmoqda. Bundan asosiy maqsad iqtisodiy islohatlarni amalga oshirish muhim ahamiyat kasb etadi. buning zamirida chetelga shaftoli mahsulotini eksport qilish muhim ahamiyat kasb etadi. Bunday masalani hal qilishda bir qator ekologik muammolar: mevaning orgonoletnik hususiyatlari, kimyoviy tarkibi davlat standartlariga mos kelishi sifatli va toza mahsulot yetishtirish imkoniyatlari nazarda tutiladi shu bilan birga oz vaqtida shaftoli zararkunanda va kasalliklardan himoya qilish ham asosiy chora tadbirlardan hisoblanadi.

Madaniy o'simliklar orasida mevali bog' daraxtlari turli zararkunandalar bilan eng ko'p shikastlanadi. Bunga asosiy sabab, uzoq vegetatsiya hamda daraxt tanasining nisbatantan yirikligidir. Bu erda oziqlanish jihatidan turli guruh, bo'g'imoyoqli jonivorlarning namunalarini uchratish mumkin: barg, novda, meva va ildiz zararkunandalari. Umuman, O‘zbekiston sharoitida mevali daraxtlarda 300 dan ortiq bo'g'imoyoqli jonivorlar oziqlanadi. Hududimizning iqlim sharoiti keskin kontinental hisoblanib. Yozning jazirama issig'i qishning nisbatan sovuq kunlari bilan almashinishi sababli, ayrim tropik iqlimga moslashgan turlar yashay olmaydi. Ikkinchilari esa o'z rivojlanishida albatta qishki noqulay sharoitni boshdan kechirish uchun moslashib diapauza davrini o'taydi. Urug‘li (olma, nok, behi) va danakli (o‘rik, shaftoli, olcha, gilos) mevali daraxtlarga zarar keltiruvchi asosiy zararkunandalarni oziqlanish turiga qarab so'ruvchi va kemiruvchi guruhlarga ajratish mumkin. Biz asosiy etiborni shaftolining sariq nektarin, lola navlariga qaratib ularning bioekologik xususiyatlarini tahlil qildik. (N.V Saburov) malumotlariga kora uning mevasida fruktoza 3.9-4.4% ni, saxaroza 10% gacha, bir qator arganik kislotalar yani limon va pectin kislotalari hamda vitaminlardan – vitamin C (askarbion kislota) 12- 20%, karotin A -6% vitamin B1 (tiamin) 0,25% vitamin B 2 (riboflavin) -0,6%, vitamin PP (nikotin kislota) -9,5% mavjud.

Yuqoridagilardan korinib turibdiki, shaftoli mevasi inson organizmidagi moddalar almashinuvida muhim rol oynaydi. Respublikamizda eksport bop, ekologik toza, sifatli, havfsiz maahsulot yetishtirishga katta etibor qaratilmoqda. O’zbekiston Rassiya va Qozog’iston Respublikasiga shaftoli mevasini eksport qiladi. Oz navbatida mevaning sifati, standart normalariga, ekologik tozaligi (zararkunanda va kasalloiklarga qarshi chora-tadbirlar korilganligi), sanitariya –gigiena qoidalariga rioya etilishi hisobga olinadi. Biz o'z ilmiy izlanishlarimizni, Farg'ona viloyati qo'shtepa tumani dexqon-fermer xo'jaliklarida otqazdik. Asosiy etiborni Farg'ona viloyatida eksportdan, sifatli, xavfsiz, ekologik toza mahsulot yetisgtirishga qaratdik. Shuningdek adabiyotlar sharhi bo'yicha, shaftoli navlari, ularning kelib chiqishi, bioekologik xususiyatlari, uning mevasini kimyoviy tarkibi, zararkunanda va kasalliklardan himoya qilish yo'llarin i tahlil qildik.

Farg'ona viloyatidan eksport qilinayotgan shaftolilarning "Lola" va ;;sariq nektarin" navlarining biologik tavsifi va xususiyalariga toxtalib o'tamiz. O’zbekistonda shaftolining oltin yubiley, kamberlent, lola, sariq nektarin, oq va qizil lufchak, qizil maskva, elbert, chenpion, anjir va boshqa navlari keng kolamda yetishtiriladi. Biz asosiy etiborni xozirgi kunda aholiga va

eksportga jonatilayotgan sariq nektarin va lola navlariga qaratdik. Sariq nektarin R.R.Shreder nomidagi I.T.I da yaratilgan. Daraxti orta boyli, sharsimon, tana postlog'I qalin, bir yillik kurtagi kokish-sariq rangli bargi ortacha.

Mevaning og'irligi 50 -70 g, o'rtacha kattalikda, mevasi tuksiz, tiniq-sariq rangda , suvli, aromatic xidli, yoqimli nordon-shirin tamli. Xosilga 2-3 yilda kiradi, asosan 5 yildan song toliq hosilga kiradi, mevasi ser hosil xar yili meva hosili beradi. Lola, R.R.Shreder nomidagi I.T.I da yaratilgan. Daraxti orta boyli, keng piramiadal, tana postlog'I qalin, bir yillik kurtagi kokish-sariq rangli bargi ortacha.

Mevaning og'irligi 60 -70 g, o'rtacha kattalikda, mevasi tuksiz, tiniq-sariq rangda , suvli, aromatic xidli, yoqimli nordon-shirin tamli. Xosilga 2-3 yilda kiradi, asosan 5 yildan song toliq hosilga kiradi, mevasi ser hosil xar yili meva hosili beradi. Shaftoliga asosan zararkunandalardan gunafsha rang qalqondor, kasalliklarda esa un shudring zarar keltiradi. Bu esa oz navbatida shaftolining sifatiga, tozaligiga tasir korsatadi. Shu nuqtaiy nazardan gunafsha rang qalqondorining bioekologik xususiyatlarini ularning zarar keltirish darajalarini adabiyotlar tahlili asosida korib chiqdik.

Gunafsha rangli qalqondor

— Parlatoria oleae Colvee

Gunafsha barcha mevali daraxtlarni shikastlaydi. Barg va novdasidan tashqari mevalarni sanchib so‘radi. Buning natijasida mevada, masalan, olmada binafsha rangli yumaloq izlar paydo bo‘ladi, mahsulot sifati va ko‘rinishi buziladi.

Ta’rifi. Binafsha rang qalqondor mayda hasharot (1–1,3 mm). Uning urg‘ochisi beshburchak shaklida, semiz, binafsha rangida (2–2,5 mm), oq yoki kulrang. Erkak zoti maydaroq (1 mm), shakli cho‘zig‘roq, rangi oqish, o‘rtasida dog‘i bor.

Hayot kechirishi. Urug‘langan urg‘ochi zot qalqon tagida qishlab chiqadi. Sovuqqa chidamsiz: -15 °C da qirilib ketadi. Bahorda (mart–aprel) urg‘ochi zot qalqon ostida tuxum qo‘yishga kirishadi. 70 tagacha tuxum qo‘yadi. 5–13 kundan keyin lichinkalar (daydi) ochib chiqib, daraxt bo‘ylab tarqab ketadi va qulay joy tanlagach, yopishib oladi. Mavsum mobaynida 2 bo‘g‘in beradi. (Sentabr–oktyabrda) urug‘langan urg‘ochi zot qalqon ostida qishlab qoladi. Qattiq zararlangan daraxtlarda olma hosili 35–38% gacha kamayadi, meva sifati esa (dog‘lar oqibatida) pasayib ketadi.

Tadqiqot o’tkazilgan joy va tajriba otqazish uslublari. Ilmiy izlanishlar Farg’ona viloyati shaftolizorlarida olib borildi. Ilmiy izlanishlar otqazish uslublari agrotaksikalogiya va pestesidlar haqidagi malumotlar asosida shakillantirilgan. Bunda asosan dala tajribalarini otqazish uslublari (maqolalar toplami, Sh. Nurmatov, K. Mirzajonov, A. Avliyoqulov va boshqalar. Taxririyati ostida).-Toshkent: UzPITA, 2007.-147-bet. Dospexov B.A. metodika polevogo opta. – M.:Kolos, 1979. -415 s. Insektisid, akarisid, biologic faol moddalar va fungisidlarni sinash boyicha uslubiy korsatmalar (maqolalar toplami, Sh. T Xojayiv tahlili ostida).- Toshkent : Davlat kimyo komissiyasi. 2004.-103-bet.

Biz oz ilmiy izlanishlarimizni shaftoli zararkunanda va kasalliklardan himoya qilish ishlarini tashkillashga va kuzatishga qaratdik. Kuzatishlar shuni korsatdiki, shaftolizorlarda kimyoviy kurash usuli palapartish shablon tarzida olib borilayotgani, ishlatish normalariga rioya etilmayotgani qayd etildi. Shu nuqtai nazardan zararkunanda va kasalliklarga qarshi kurashda kimyoviy dorilar sarfini kamaytirishga asosiy etiborni qaratdik. Bunda dorilarni aralashtirib ishlatish masalasi organildi.

Fungisidlardan tapas,100% k.e , entolikor 22,5% , zararkunandalarga qarshi mospilan 20% n,k kukun nurell d 55% k,e ni ishlatdik.

Olingan natijalar shuni korsatdiki kimyoviy dorilarni ishlatish va uning samaradorligi yaxshi natija berib biologik samaradorlik 85-90% ni tashkil etdi. Bunda tapas 0.3 L / ga + mospilan 0.5 kg ga, entalikor 0.3 -0.5ga + nurel d,55% k.e 1.5L/ga yaxshi samara berdi.

Adabiyitlar

[1]. Dala tajribalarini otqazish uslublari (maqolalar toplami, Sh. Nurmatov, K. Mirzajonov, A. Avliyoqulov va boshqalar. Taxririyati ostida).-Toshkent: UzPITA, 2007.-147-bet.

[2]. Dospexov B.A. metodika polevogo opta. – M.:Kolos, 1979. -415 s.

[3]. Insektisid, akarisid, biologic faol moddalar va fungisidlarni sinash boyicha uslubiy korsatmalar (maqolalar toplami, Sh. T Xojayiv tahlili ostida).- Toshkent : Davlat kimyo komissiyasi. 2004.-103-bet.
[4]. I.I Yastrebov. Priusadebniy sad I agarod. Frunze. Kirgizistan 1990.-s 26-28.
[5]. Sh. T. Xojayev. Osimliklarni zararkunandalardan uyg'unlashgan ximoya qilinishining zamonaviy usul va vositalari. <Navroz nashriyoti 2014>.

PAXTA MOYINI ADSORBSIYALI OQARTIRISH JARAYONIDA ADSORBENTNING TARKIBIY ASOSIY XUSUSIYATLARI

tayanch doktorant M.B. Niyozov, A.N. Axmedov

Qarshi davlat texnika universiteti,
mamurniyozov43@gmail.com
a.ahmedov80@mail.ru
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya: *Ushbu maqolada Xitoydan import qilingan adsorbentda oqlangan paxta moyining fizik-kimyoviy ko'rsatkichlari keltirilgan bo'lib, kislota soni press usulida olingan moyda 0,24-0,23 mg KOH/g oralig'ida, ekstraksiya usulida olingan moyda esa 0,31-0,30 mg KOH/g diapazonda saqlanib qolgan. Press usulida olingan moyda sovunlanmaydigan moddalar 0,63 dan 0,52% gacha (≈17%), ekstraksiya usulida olingan moyda esa 0,83 dan 0,74% gacha kamayganligi kuzatilgan. Shuningdek, Xitoy adsorbentining moy sig'imi yuqoriroq qiymatlarda (press usulida olingan moyda 36-40 %, ekstraksiya usulida olingan moyda 38-41 %) qayd etilgan. Natijada oqartirilgan moyning chiqishi 99,61 dan 98,81% gacha (press) va 99,58 dan 98,75% gacha (ekstraksiya) kamayganligi aniqlangan.*

Аннотация: *В данной статье представлены физико-химические характеристики хлопкового масла, рафинированного на адсорбенте, импортированном из Китая. Кислотное число оставалось в диапазоне 0,24-0,23 мг KOH/г для масла, полученного методом прессования, и 0,31-0,30 мг KOH/г для масла, полученного методом экстракции. Было установлено, что содержание неомыляемых веществ в масле, полученном методом прессования, снизилось с 0,63 до 0,52% (≈17%), а в масле, полученном методом экстракции, — с 0,83 до 0,74%. Также была зафиксирована более высокая маслоемкость китайского адсорбента (36-40% в масле, полученном методом прессования, 38-41% в масле, полученном методом экстракции). В результате было установлено, что выход рафинированного масла снизился с 99,61 до 98,81% (прессование) и с 99,58 до 98,75% (экстракция).*

Abstract: *This article presents the physicochemical characteristics of cottonseed oil refined on an adsorbent imported from China, and the acid number remained in the range of 0.24-0.23 mg KOH/g for the oil obtained by pressing, and 0.31-0.30 mg KOH/g for the oil obtained by extraction. It was observed that the unsaponifiable matter in the oil obtained by pressing decreased from 0.63 to 0.52% (≈17%) and in the oil obtained by extraction from 0.83 to 0.74%. Also, the oil capacity of the Chinese adsorbent was recorded at higher values (36-40% in the oil obtained by pressing, 38-41% in the oil obtained by extraction). As a result, it was found that the yield of the refined oil decreased from 99.61 to 98.81% (press) and from 99.58 to 98.75% (extraction).*

Kalit so'zlar: *Paxta moyi, adsorbsiyali oqartirish, oqartiruvchi tuproq, bentonit, rang ko'rsatkichi.*

Kirish. Dunyoda o'simlik moylarini tozalash uchun yuqori samarali sorbentlarni yaratishga qaratilgan tadqiqotlar bo'yicha katta hajmdagi ma'lumotlar mavjud bo'lib, bu sohada J.A.Pollard, S.A.Kapustin, M.A.Usman, V.I.Ekwueme, T.O.Alaje, Y.G.Wang, A.Q.Kormosh va boshqalarning ishlarida turli tabiiy va sintetik polifunksional birikmalarni saqlagan sorbentlarni ishlab chiqish bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan. Shu bilan birga hozirgi kunda mahalliy xomashyo zaxiralari asosida paxta moylarga oqatirishda qo'llaniladigan yangi sorbentlar olish texnologiyalarini ishlab chiqish va tadbiq etish yo'nalishida ilmiy ishlar olib borilmoqda [1].

O'simlik moylarini oqartirishda aktivlashtirilgan tuproqlarning samaradorligi ularning minerologik tarkibi va kislotali markazlari zichligiga bog'liqligini ko'rsatgan. Mualliflar pigmentlar adsorbsiyasi asosan monomolekulyar qatlam hosil qilish mexanizmi asosida kechishini va jarayon Langmuir tipidagi izoterma bilan tavsiflanishini aniqlaganlar [2].

Oqartiruvchi tuproq miqdorining oshishi moydagi sovunlanmaydigan moddalar va oksidlanish mahsulotlarini kamaytirishi isbotlangan. Biroq adsorbentning yuqori moy sig‘imi natijasida texnologik yo‘qotishlar ortishi qayd etilgan [3]. Turli ishlab chiqaruvchilarga mansub adsorbentlarni taqqoslab, yuqori aktiv yuzaga ega bentonitlar rangni samaraliroq kamaytirishini, biroq ayrim arzon analoglarda selektivlik pastroq bo‘lishini aniqlangan [4]. Oqartirish jarayonida peroksid sonining kamayishi asosan gidroperoksidlarning qisman adsorbsiyalanishi bilan bog‘liq, ammo bu bosqich oksidlanishni to‘liq bartaraf eta olmaydi [5].

Tadqiqot metodikasi. Namlik va yengil uchuvchan moddalarning massaviy ulushi moyni quritish shkafida 105°C haroratda, massasi o‘zgarmas bo‘lgunga qadar quritish orqali aniqlangan [6].

Yog‘ bo‘lmagan aralashmalarning massaviy ulushi (massa bo‘yicha cho‘kma) atseton va kalsiy xlorid eritmasida ajralgan qatlamning balandligi yordamida aniqlangan [7].

Oqlovchi tuproqning moy sig‘imi, belgilangan massaga ega oqlovchi tuproq, oqlash jarayonidan keyingi massasiga nisbatan foizda oshgan miqdorini hisoblash orqali aniqlangan [8].

Oqlangan moyning chiqishi, oqlash jarayonidan so‘ng moyning massasini boshlang‘ichga nisbatan foizda hisoblash orqali aniqlangan [9].

Tadqiqot natijasi va uning muhokamasi.

1-jadval

Xitoydan import qilingan adsorbentda oqlangan paxta moyining fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari

T/r	Ko‘rsatkichlar nomi	O‘lchov birligi	Oqlovchi tuproqning sarfi, %				
			1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
Press usulida olingan rafinatsiyalangan, oqlanmagan paxta moyi							
1.	Rangi, doimiy 35 sariq birlikdagi:	qizil birlik	10,1	7,8	6,2	5,1	4,7
		ko‘k birlik	0,7	0,4	0,2	0,1	0,0
2.	Kislota soni	mg KOH/g	0,24	0,24	0,23	0,23	0,23
3.	Namlik va yengil uchuvchan moddalarning massaviy ulushi	%	0,06	0,06	0,05	0,05	0,05
4.	Sovunlanmaydigan moddalarning massaviy ulushi	%	0,63	0,60	0,57	0,54	0,52
5.	Perekis soni	mmol aktiv O/kg	3,2	3,1	3,0	2,9	2,9
6.	Oqlovchi tuproqning moy sig‘imi	%	36,4	39,1	40,3	39,8	38,9
7.	Oqlangan moyning chiqishi	%	99,61	99,39	99,17	98,98	98,81
Ekstraksiya usulida olingan rafinatsiyalangan, oqlanmagan paxta moyi							
1.	Rangi, doimiy 35 sariq birlikdagi:	qizil birlik	15,3	13,1	11,4	9,9	8,6
		ko‘k birlik	1,6	1,2	0,9	0,5	0,2
2.	Kislota soni	mg KOH/g	0,31	0,31	0,31	0,30	0,30
3.	Namlik va yengil uchuvchan moddalarning massaviy ulushi	%	0,07	0,06	0,06	0,05	0,05
4.	Sovunlanmaydigan moddalarning massaviy ulushi	%	0,83	0,80	0,78	0,75	0,74
5.	Perekis soni	mmol aktiv O/kg	5,6	5,5	5,4	5,3	5,3
6.	Chaqnash harorati	°C	239,0	239,0	241,0	240,0	242,0
7.	Oqlovchi tuproqning moy sig‘imi	%	37,9	38,4	41,2	40,5	39,7
8.	Oqlangan moyning chiqishi	%	99,58	99,37	99,13	98,94	98,75

1-jadvaldagi natijalardan ko‘rish mumkinki, press usulida olingan moyda adsorbent miqdori 1,0 dan 3,0% gacha oshirilganda qizil birlik 10,1 dan 4,7 gacha kamaygan (≈53%), ko‘k birlik esa 0,7 dan 0,0 gacha tushgan. Rangning kamayish tendensiyasi adsorbsion jarayonning intensiv kechishini ko‘rsatadi, biroq kamayish dinamikasi 2,0% dan keyin sezilarli sekinlashadi (6,2→ 5,1→ 4,7). Bu adsorbent yuzasining aktiv markazlari bosqichma-bosqich to‘yinayotganligini bildiradi. Ekstraksiya usulida olingan moyda ham qizil birlik 15,3 dan 8,6 gacha kamaygan (≈44%). Biroq yakuniy rang qiymatlari press moyiga nisbatan yuqoriroq bo‘lib qolmoqda.

Kislota soni press usulida olingan moyda 0,24-0,23 mg KOH/g oralig‘ida, ekstraksiya usulida olingan moyda esa 0,31-0,30 mg KOH/g diapazonda saqlanib qolgan. Namlik va yengil uchuvchan moddalar miqdorining biroz kamayishi (0,06-0,05 %) jarayon harorati va vakuum sharoiti bilan bog‘liq.

Press usulida olingan moyda sovunlanmaydigan moddalar 0,63 dan 0,52% gacha kamaygan (≈17%). Ekstraksiya usulida olingan moyda esa 0,83 dan 0,74% gacha kamaygan (≈11%). Bu natija adsorbentning yuqori molekulyar komponentlarni qisman ushlash qobiliyatini ko‘rsatadi, biroq selektivlik darajasi cheklangan.

Press usulida olingan moyda perekis soni 3,2 dan 2,9 mmol aktiv O/kg gacha kamaygan (≈9%), ekstraksiya usulida olingan moyda esa 5,6 dan 5,3 mmol aktiv O/kg gacha pasaygan (≈5%).

Xitoy adsorbentining moy sig‘imi yuqoriroq qiymatlarda (press usulida olingan moyda 36-40 %, ekstraksiya usulida olingan moyda 38-41 %) qayd etilgan. Bu adsorbentning moyni ko‘proq ushlab qolishini ko‘rsatadi. Natijada oqartirilgan moyning chiqishi 99,61 dan 98,81% gacha (press) va 99,58 dan 98,75% gacha (ekstraksiya) kamaygan.

Xulosa qilganda, tahlillar shuni ko‘rsatadiki, Xitoy adsorbenti past selektivlik va yuqori moy sig‘imi bilan xarakterlanadi.

Adabiyotlar

[1]. Boyjanov, Nodirbek I. and Serkayev, Kamar P. (2024) "The effectiveness of bleaching vegetable oils of bentonite and opokoid clay compositions chemistry and chemical engineering : Vol. 2024: No. 3, Article 7.
[2]. Rossi, M., Gianazza, M., Alamprese, C., Stanga, F. (2001). The effect of bleaching earths on oil quality and refining performance. Journal of the American Oil Chemists’ Society, 78(10), 1051–1056.
[3]. Dijkstra, A.J. (2016). Edible Oil Processing: Refining. AOCS Press, Urbana.
[4]. Sabah, E., Çelik, M.S. (2005). Interaction of bleaching earth with vegetable oils. Food Chemistry, 92, 29–36.
[5]. Lin, L., Cunshan, Z., Vittayapadung, S., Xiangqian, L., Mingdong, Z. (2014). Opportunities and challenges for biodiesel fuel. Applied Energy, 88, 1020–1031.
[6]. Zschau, W. (2004). Bleaching of edible fats and oils. European Journal of Lipid Science and Technology, 106, 1–5.
[7]. Boki, K., et al. (1992). Adsorption of pigments from vegetable oils by bleaching earth. Journal of the American Oil Chemists’ Society, 69(3), 232–236.
[8]. ГОСТ 11812-2022. Масла растительные. Методы определения влаги и летучих веществ.
[9]. ГОСТ 5481-2014. Масла растительные. Метод определения нежировых примесей и отстоя.
[10]. O‘zDSt 816:2015. Масло хлопковое рафинированное. Технические условия.

ВЛИЯНИЕ НОРМ ВНЕСЕНИЯ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ И СИСТЕМЫ ПОСЕВА НА ГУСТОТУ СТОЯНИЯ СОИ И ВЫЖИВАЕМОСТЬ РАСТЕНИЙ

М. Мамаюсипова

Ферганский государственный технический университет
Автор для корреспонденции, e-mail: muqaddammamayusipova@gmail.com.

(Получена 22.02.2026 г.)

Аннотация. *При выращивании сои сорта «Нафис» в качестве основной культуры нормы минеральных удобрений и системы посева оказали положительное влияние на густоту всходов и приживаемость растений, а при использовании нормы минеральных удобрений N_{90} P_{90} K_{60} кг/га, урожайность была в 0,3-0,7% раза выше, чем при использовании*

нормы минеральных удобрений N30 P90 K60 кг/га. А при внесении минеральных удобрений в норме N_{120} P_{90} K_{60} кг/га установлено, что потери оказались на 0,8-1,1% меньше. Что касается систем посева, то было отмечено, что в вариантах, посеянных по системе 60х6-1 погибло на 0,1–1,4% меньше растений, чем в вариантах, посеянных по системам 60х4-1 и 60х5-1.

Ключевые слова. *соя, минеральные удобрения, азот, фосфор, калий, система посева, густота стояния.*

Abstract. *When growing soybeans of the Nafis variety as the main crop, the rates of mineral fertilizers and the sowing system had a positive effect on the density of seedlings and plant survival, and when using the rate of mineral fertilizers N_{90} P_{90} K_{60} kg/ha, the yield was 0.3-0.7% higher than when using the rate of mineral fertilizers N_{30} P_{90} K_{60} kg/ha. And when applying mineral fertilizers at the rate of N_{120} P_{90} K_{60} kg/ha, it was found that the losses were 0.8-1.1% less. As for the sowing systems, it was noted that in the variants sown according to the 60x6-1 system, 0.1-1.4% fewer plants died than in the variants sown according to the 60x4-1 and 60x5-1 systems.*

Keywords. *soybean, mineral fertilizers, nitrogen, phosphorus, potassium, sowing system, stocking density.*

Annotatsiya *“Asosiy ekin sifatida “Nafis” navli soya yetishtirishda mineral o‘g‘itlar me’yori va ekish tizimi nihollar qalinligi hamda o‘simliklarning yashab qolishiga ijobiy ta’sir ko‘rsatdi. Mineral o‘g‘itlar* ***$N_{90}P_{90}K_{60}$ kg/ga*** *me’yorida qo‘llanilganda hosildorlik* ***$N_{30}P_{90}K_{60}$ kg/ga*** *me’yoriga nisbatan* ***0,3–0,7 %*** *yuqori bo‘ldi. Mineral o‘g‘itlar* ***$N_{120}P_{90}K_{60}$ kg/ga*** *me’yorida berilganda o‘simliklarning nobud bo‘lishi* ***0,8–1,1 %*** *ga kamligi aniqlangan.Ekish tizimlariga kelsak,* ***60×6-1*** *tizimida ekilgan variantlarda o‘simliklarning nobud bo‘lishi* ***60×4-1*** *va* ***60×5-1*** *tizimlarida ekilgan variantlarga nisbatan* ***0,1–1,4 %*** *ga kam bo‘lgan.*

Kalit so‘zlar.*soya, mineral o‘g‘itlar, azot, fosfor, kaliy, ekish tizimi, o‘simliklar qalinligi.*

Уровень изученности проблемы. Для прорастания семян сои необходима эффективная температура 12–14°С (выше 10°С). При междурядьях 60-70 см. для посева необходимо использовать 70-80 кг семян на гектар в зависимости от размера семян сои. Это позволит получить в среднем 330–400 тысяч кустов растений на гектар. Также рекомендуется завершить посев сои на основных площадях в южных регионах с конца марта по первую декаду апреля, в центральных регионах - в первой половине апреля, а в северных регионах - со второй декады апреля до конца месяца [6].

В условиях лугово-аллювиальных почв Республики Каракалпакстан количество всходов на контрольном варианте без применения минеральных удобрений составило 330,8 тыс. шт./га, в конце вегетации количество всходов составило 270,6 тыс. шт./га, а количество погибших растений составило 18,2%. При внесении минеральных удобрений в дозах N_{120} P_{90} K_{60} и N_{150} P_{90} K_{60} кг/га количество взошедших кустов составило соответственно 335,9 и 336,0 тыс. шт./га, где гибель всходов была на 7,1 и 6,3% ниже, чем в контрольном варианте без удобрений [8].

Условия и методы исследования. Наши исследования проводились на полях опытного участка Ферганской научно-опытной станции НИИССАВХ в 2022-2024 гг. На фоне сои сорта «Нафис», где вносились минеральные удобрения N_{30} P_{90} K_{60}, N_{60} P_{90} K_{60}, N_{90} P_{90} K_{60} и N_{120} P_{90} K_{60} кг/га испытывались системы посева 60х4-1, 60х5-1, 60х6-1. Данный полевой опыт включал 12 вариантов, каждый из которых занимал площадь 120 м^2, из которых 60 м^2 было учетным. Полевые эксперименты проводились в трехкратной повторности, общая площадь эксперимента составила 4320 м^2.

В опыте посев сои сорта «Нафис» производился во второй декаде апреля по схемам 60х4-1, 60х5-1, 60х6-1 на глубину 4-5 см.

Исследования проводились в полевых и лабораторных условиях с постановкой полевого опыта, расчетами и наблюдениями на основе руководства «Методика проведения полевых опытов» [2].

Минеральные удобрения, используемые при выращивании сои, включают: аммиачную селитру (N 33-34%), аммофос (N 11-12%, P_2O_5-46%), суперфос (N 5-6%, P_2O_5-32%), хлористый калий (K_2O -60%).

Результаты исследования и их обсуждение. Установлено, что на густоту всходов сои сорта «Нафис» и их приживаемость влияют нормы минеральных удобрений и системы посева.

По полученным данным в начале вегетации сои густота всходов в начале вегетации составила 233,6-355,0 тыс. шт./га, а в конце вегетации - 221,7-332,0 тыс. шт./га. Установлено, что количество погибших растений составило 11,9-23,0 тыс. шт./га, а процент гибели - 5,1-6,5%. На фоне внесения минеральных удобрений N_{30} P_{90} K_{60} кг/га самые высокие показатели густоты всходов сои наблюдались в варианте посева по системе 60х4-1, на начало срока внесения - 355,0 тыс. шт./га, 332,0 тыс. шт./га на конец периода вегетации. Количество пораженных растений составило 23 000 шт./га, а процент гибели составил 6,5% (таблица 1).

На фоне внесения минеральных удобрений N_{60} P_{90} K_{60} кг/га густота стояния всходов в начале срока внесения составила 234,3-356,1 тыс. шт./га, в конце срока внесения 222,8-334,7 тыс. шт./га, количество погибших растений составило 11,5-21,4 тыс. шт./га, а процент гибели - 4,9-6,0%. На фоне внесения минеральных удобрений из расчета N_{60} P_{90} K_{60} кг/га самые высокие показатели густоты стояния всходов сои наблюдались в варианте посева по системе 60х4-1, на начало вегетации их было 356,1 тыс. шт./га. в период применения и 334,7 тыс. шт./га в конце периода вегетации. Количество погибших растений составило 21,4 тыс. шт./га, а уровень смертности составил 6,0%.

Таблица 1

Влияние норм внесения минеральных удобрений и систем поева на густоту стояния сои и выживаемость растений (2023 год)

№	Нормы внесения минеральных удобрений, кг/га (NPK)	В начале вегетационного периода, шт/м2	Теоретическая густота стояния, тыс. шт./га	В начале вегетационного периода, тыс. шт./га	В конце вегетационного периода, тыс. шт./га	Пораженные, тыс. шт./га	Количество пораженных растений, %
1	N_{30} P_{90} K_{60}	60х4-1	416,7	355,0	332,0	23,0	6,5
2		60х5-1	333,3	282,9	267,1	15,8	5,6
3		60х6-1	277,8	233,6	221,7	11,9	5,1
4	N_{60} P_{90} K_{60}	60х4-1	416,7	356,1	334,7	21,4	6,0
5		60х5-1	333,3	281,2	266,8	14,4	5,1
6		60х6-1	277,8	234,3	222,8	11,5	4,9
7	N_{90} P_{90} K_{60}	60х4-1	416,7	357,8	336,8	21,0	5,9
8		60х5-1	333,3	283,4	269,5	13,9	4,9
9		60х6-1	277,8	232,1	220,9	11,2	4,8
10	N_{120} P_{90} K_{60}	60х4-1	416,7	353,6	333,8	19,8	5,6
11		60х5-1	333,3	284,1	271,3	12,8	4,5
12		60х6-1	277,8	235,5	225,4	10,1	4,3

На фоне внесения минеральных удобрений N_{90} P_{90} K_{60} кг/га густота стояния всходов в начале периода вегетации составила 232,1-357,8 тыс. шт./га, в конце периода вегетации 220,9-336,8 тыс. шт./га, количество погибших растений составило 11,2-21,0 тыс. шт/га, где что процент гибели составил 4,8-5,9%. На фоне внесения минеральных удобрений из расчета N_{90} P_{90} K_{60} кг/га самые высокие показатели густоты стояния всходов сои наблюдались в варианте посева по системе 60х4-1, на начало вегетации их было 357,8 тыс. шт./га., в конце

периода вегетации 336,8 тыс. шт./га. Количество поргибших растений составило 21 тыс. шт./га, а уровень смертности 5,9%.

На фоне внесения минеральных удобрений N_{120} P_{90} K_{60} кг/га густота стояния всходов в начале вегетационного периода составила 235,5-253,6 тыс. шт./га, в конце 225,4-333,8 тыс. шт./га, количество погибших растений составила 10,1-19,8 тыс. шт./га. Определено, что процент смертности составил 4,3-5,6%. На фоне внесения минеральных удобрений N_{120} P_{90} K_{60} кг/га самые высокие показатели густоты стояния всходов сои наблюдались в варианте посева по системе 60х4-1, составившей в начале вегетационного периода 353,6 тыс. шт./га и 333,8 тыс. шт./га в конце вегетационного периода. Количество погибших растений составило 19,8 тыс. растений/га, а процент смертности составил 5,6%.

Заключение. При выращивании сои сорта «Нафис» в качестве основной культуры нормы минеральных удобрений и системы посева оказали положительное влияние на густоту всходов и приживаемость растений. При применении минеральных удобрений из расчета N_{90} P_{90} K_{60} кг/га смертность была ниже на 0,3-0,7% по сравнению с нормой внесения N_{30} P_{90} K_{60} кг/га, а при применении минеральных удобрений из расчета N_{120} P_{90} K_{60} кг/га, смертность составила 0,8-1,1%. Что касается систем посева, то было отмечено, что в вариантах, посеянных по системе 60х6-1, погибло на 0,1–1,4% меньше растений, чем в вариантах, посеянных по системам 60х4-1 и 60х5-1.

Список литературы

[1]. Атабаева Х.Н., Ачилов Ф.С. Соя етиштириш технологияси. Учебное пособие. Ташкент, “Фан зиёси”, 2021. – 236 с.

[2]. Дала тажрибаларини ўтказиш услублари – УзНИИХ, Ташкент. 2007. 180 с.

[3]. Иминов А.А., Намозов Ф.Б., Соя етиштириш агротехникаси //приложение “Agro-ilm” журнала “O’zbekiston qishloq xo’jaligi”. Тошкент - 2018. №2 (52). С. 29-31.

[4]. Иминов А.А. Диссертационная работе для получения ученой степени доктора сельскохозяйственных наук по теме «Совершенствование агротехнологий для получения высоких и качественных урожаев основных и второстепенных культур в короткорядных севооборотах» Ташкент. 2020. 200 с.

[5]. Караев Г.Р. «Разработка технологии междурядного возделывания сои на луговых сероземах Джизакской области». Диссертационная работа для получения ученой степени доктора философии сельскохозяйственных наук (PhD). Ташкент. 2022. 120 с.

[6]. Мўминов А, Якубов З ва Узаков Ф. Соя етиштиришдаги агротехник тадбирлар. Журнал Ўзбекистон қишлоқ ва сув хўжалиги №3. 2019 г. 8-с.

[7]. Холиқов А.Т. «Разработка оптимальных систем посева весенней сои в типичных условиях орошаемых сероземов». Диссертационная работа для получения ученой степени доктора философии сельскохозяйственных наук (PhD). Ташкент. 2022. 120 с.

[8]. Утамбетов О.П. « «Влияние сроков сева и норм минеральных удобрений на рост, развитие и урожайность сортов сои (в условиях среднезасоленных луговых почв Республики Каракалпакстан)». Диссертационная работа для получения ученой степени доктора философии сельскохозяйственных наук (PhD). Ташкент. 2024. 120 с.

SHINJON USULIDA PAXTA YETISHTIRISH TEXNOLOGIYASI VA UNING SAMARADORLIGI

Sh.Sh. Akramov

Oziq-ovqat texnologiyasi va muhandislari xalqaro instituti
Shohruhakramov46@gmail.com

(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya. *Mazkur ilmiy maqolada paxta yetishtirishda qo‘llanilayotgan zamonaviy texnologiyalardan biri bo‘lgan Shinjon usulining ilmiy asoslari, agrotexnik tadbirlari hamda uning iqtisodiy samaradorligi yoritilgan. Tadqiqot davomida tomchilatib sug‘orish, polietilen plyonka ostida ekish, mineral o‘g‘itlardan foydalanish hamda yuqori hosilli navlardan foydalanish kabi agrotexnik omillar o‘rganildi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, Shinjon texnologiyasini qo‘llash orqali suv resurslarini tejash, hosildorlikni oshirish hamda mehnat samaradorligini yaxshilash mumkin.*

Kalit so‘zlar: *paxta, Shinjon texnologiyasi, tomchilatib sug‘orish, agrotexnika, hosildorlik, suv tejash texnologiyalari.*

Abstract. *This scientific article examines the scientific basis, agrotechnical measures, and economic efficiency of the Xinjiang method, one of the modern technologies used in cotton cultivation. During the research, agrotechnical factors such as drip irrigation, planting under polyethylene film, the use of mineral fertilizers, and the use of high-yield cotton varieties were studied. The results show that the application of Xinjiang technology allows saving water resources, increasing crop yield, and improving labor efficiency.*

Keywords: *cotton, Xinjiang technology, drip irrigation, agrotechnics, productivity, water-saving technologies.*

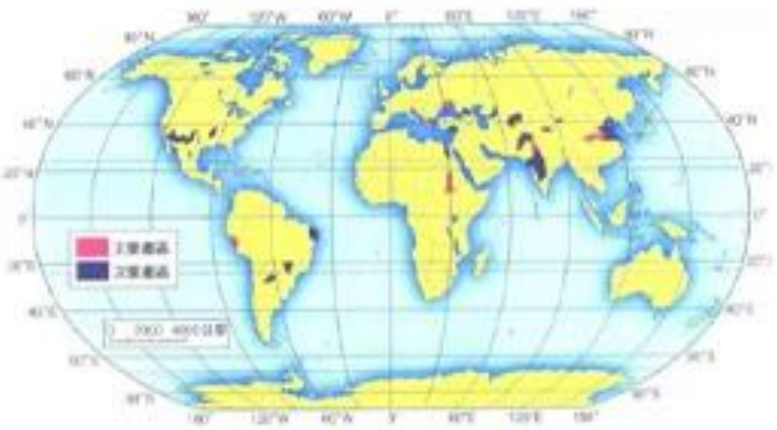
Аннотация. *В данной научной статье рассматриваются научные основы, агротехнические мероприятия и экономическая эффективность синьцзянского метода, который является одной из современных технологий выращивания хлопка. В ходе исследования были изучены такие агротехнические факторы, как капельное орошение, посев под полиэтиленовой пленкой, использование минеральных удобрений, а также применение высокоурожайных сортов хлопчатника. Результаты показывают, что применение синьцзянской технологии позволяет экономить водные ресурсы, повышать урожайность и улучшать эффективность труда.*

Ключевые слова: *хлопок, синьцзянская технология, капельное орошение, агротехника, урожайность, водосберегающие технологии.*

Kirish. Dunyoning eng yirik paxta iste'molchisi va ikkinchi yirik paxta ishlab chiqaruvchisi sifatida, Xitoyning paxta ishlab chiqarish hajmi 2020/2021 haqida 5.95 million tons, ga yaqin umumiy talab bilan 7.8 million tonna va yillik kamomad taxminan 1.85 million tonna. Ular orasida, Shinjonning paxta ishlab chiqarishmillion tonnaillion tons, haqida buxgalteriya hisobi 87% ichki mahsulot va 67% ichki iste'mol. Shinjon uzun shtapelli paxta, dunyodagi eng yuqori, yorgan qiling, issiq, nafas oladigan, qulay, uzoq taklif talabdan oshib ketadi.Ichki talabni qondirish uchun, Xitoy haqida import qilish kerak 2 har yili million tonna paxta yetishtiriladi. Yaqin o'tkan yillarda, Xitoy mahalliy paxta yetkazib berish zanjiri barqarorligini ta'minlash uchun import kanallarini faol ravishda kengaytirdi. Xitoy, shuningdek, paxta fermerlarining xavfsizligini ta'minlash uchun paxta zaxirasi tizimini yaratdi. Dunyoning paxta yetishtiruvchi rayonlari 38-kenglik orasida taqsimlangan° ~ 46° N va kenglik 35° S. Kenglik bo'yicha, dunyoda paxta yetishtiruvchi hududlarni uchta zonaga bo'lish mumkin: shimol, middle and south.The northern belt is at 46° ~ 20° north latitude. Osiyodagi paxta yetishtiruvchi mamlakatlarning aksariyati, Shimoliy Amerika va Yevropa bu kamarda, accounting for about 80% jahon paxta yetishtirish hajmi. O‘rta zona 20 da joylashgan° ~ 0&deshimoliy kenglikude. Afrika va Janubiy Amerikaning shimolidagi paxta yetishtiruvchi mamlakatlarning aksariyati shu zonada joylashgan, accounting for about 10% jahon paxta yetishtirish hajmi.Janubiy kamar 0 kenglikda° ~ 30°, va paxta yetishtiruvchi Janubiy Amerika va Okeaniya mamlakatlari bu kamarda, accounting fhaqida buxgalteriya hisobixta ishlab chiqarish hajmi. Shinjondagi paxta maydonlari asosan janubiy va shimoliy Shinjonni o'z ichiga oladi. Hududda quyosh yetarli., qurg'oqchil iqlim va kam yog'ingarchilik, sug'oriladigan paxtaga mansub. Dehqonchilik tizimi yiliga bir hosil, paxta maydonlari jamlangan, ekish miqyosi yuqori, mexanizatsiya darajasi yuqori;Maydon birligidan hosildorlik darajasi yuqori, Shinjondagi paxta yetishtirish esa taxminan 50% Xitoyning paxta ishlab chiqarish hajmi, Xom paxtaning rangi va tarkibi yaxshi “uchta ipak” boshqa paxta maydonlariga qaraganda pastroq.

Shinjon paxta tolasining mustahkamligi Xuanj va Yantszi daryolariga qaraganda past, asosan namlikning kamligi tufayli.

Paxta yetishtirish qishloq xo‘jaligining muhim tarmoqlaridan biri bo‘lib, u ko‘plab mamlakatlar iqtisodiyotida muhim ahamiyatga ega. Markaziy Osiyo davlatlari, jumladan O‘zbekiston, paxta yetishtirish bo‘yicha dunyodagi yetakchi mamlakatlar qatoriga kiradi. Shuning uchun paxta yetishtirishda samarali agrotexnologiyalarni joriy etish, hosildorlikni oshirish hamda suv va resurslarni tejash masalalari dolzarb hisoblanadi. So‘nggi yillarda global iqlim o‘zgarishi, suv resurslarining kamayishi va tuproq degradatsiyasi kabi muammolar qishloq xo‘jaligida yangi texnologiyalarni joriy etishni talab qilmoqda. Shu nuqtai nazardan, Xitoyning Shinjon hududida ishlab chiqilgan paxta yetishtirish texnologiyasi yuqori samaradorligi bilan ajralib turadi.



1-rasm. Shinjon usulda paxta yetishtirish tadbiq etilgan hududlar.

Shinjon usulida paxta yetishtirish texnologiyasi bir nechta asosiy elementlardan iborat bo‘lib, ular quyidagilarni o‘z ichiga oladi:
tomchilatib sug‘orish tizimi
polietilen plyonka ostida ekish
o‘g‘itlarni suv bilan birga berish (fertigatsiya)
zamonaviy qishloq xo‘jaligi texnikalaridan foydalanish
Ushbu texnologiya natijasida paxta hosildorligini sezilarli darajada oshirish va suv sarfini kamaytirish imkoniyati mavjud.

Tadqiqot maqsadi va vazifalari. Mazkur ilmiy tadqiqotning asosiy maqsadi Shinjon usulida paxta yetishtirish texnologiyasining samaradorligini o‘rganish hamda uning agrotexnik afzalliklarini aniqlashdan iborat.

Tadqiqot vazifalari quyidagilardan iborat:
Shinjon texnologiyasining ilmiy asoslarini o‘rganish
ushbu texnologiyaning asosiy agrotexnik elementlarini tahlil qilish
hosildorlikka ta’sir etuvchi omillarni aniqlash
suv tejash imkoniyatlarini baholash
texnologiyaning iqtisodiy samaradorligini aniqlash

Shinjon usulida paxta yetishtirish texnologiyasi quyidagi bosqichlardan iborat.

Tuproqni tayyorlash

Paxta yetishtirish jarayonida tuproqni sifatli tayyorlash muhim ahamiyatga ega. Tuproqni chuqur haydash, tekislash va yumshatish o‘simlik ildiz tizimining yaxshi rivojlanishini ta’minlaydi.

Shinjon texnologiyasida tuproq quyidagi bosqichlarda tayyorlanadi:
kuzgi chuqur haydash
bahorgi kultivatsiya
tuproqni tekislash
Bu jarayonlar tuproqning suv va havo rejimini yaxshilaydi.

Polietilen plyonka ostida ekish

Shinjon texnologiyasining asosiy xususiyatlaridan biri paxta urug‘larini polietilen plyonka ostida ekish hisoblanadi. Bu usul quyidagi afzalliklarga ega:
tuproq namligini saqlaydi
tuproq haroratini oshiradi
begona o‘tlarning o‘sishini kamaytiradi
urug‘larning tez unib chiqishini ta’minlaydi
Natijada o‘simliklarning vegetatsiya davri tezlashadi.

Tomchilatib sug‘orish tizimi

Tomchilatib sug‘orish Shinjon texnologiyasining eng muhim qismidir. Ushbu tizimda suv maxsus quvurlar orqali bevosita o‘simlik ildiziga yetkaziladi. Tomchilatib sug‘orishning

asosiy afzalliklari:
suv sarfi 30–40 % ga kamayadi
o‘simliklar suvni samarali o‘zlashtiradi
tuproq eroziyasi kamayadi
o‘g‘itlar samaradorligi oshadi

Mineral o‘g‘itlardan foydalanish

Paxta yetishtirishda mineral o‘g‘itlar muhim rol o‘ynaydi. Shinjon texnologiyasida o‘g‘itlar sug‘orish suvi bilan birga beriladi. Bu usul quyidagi afzalliklarni beradi:
o‘g‘itlar o‘simlik tomonidan tez o‘zlashtiriladi
o‘g‘it sarfi kamayadi
hosildorlik oshadi

Shinjon texnologiyasining afzalliklari

Ushbu texnologiyaning bir qator muhim afzalliklari mavjud.

Suvni tejash. Tomchilatib sug‘orish orqali suv sarfi an’anaviy sug‘orishga nisbatan sezilarli darajada kamayadi.

Hosildorlikni oshirish. Ilmiy tadqiqotlar natijasiga ko‘ra, Shinjon texnologiyasi qo‘llanilganda paxta hosildorligi 10–20 sentnergacha oshishi mumkin.

1-jadval

Tajriba natijalari

Ko‘rsatkich	**An’anaviy usul**	**Shinjon usuli**
Hosildorlik	30 s/ga	42 s/ga
Suv sarfi	8000 m³	4800 m³
O‘g‘it samaradorligi	o‘rtacha	yuqori

Shinjon texnologiyasi Markaziy Osiyo sharoitida ham samarali qo‘llanishi mumkin. Biroq uni joriy etishda quyidagi muammolar yuzaga kelishi mumkin:
boshlang‘ich investitsiya talab etilishi
texnik vositalarning yetishmasligi
fermerlarning yangi texnologiyaga moslashishi. Shunga qaramay, uzoq muddatli istiqbolda ushbu texnologiya katta iqtisodiy foyda keltiradi.

Xulosa. Olib borilgan tadqiqotlar natijasida Shinjon usulida paxta yetishtirish texnologiyasi zamonaviy va yuqori samaradorlikka ega agrotexnologiyalardan biri ekanligi aniqlandi. Ushbu texnologiya tomchilatib sug‘orish, polietilen plyonka ostida ekish hamda o‘g‘itlarni samarali qo‘llash kabi ilg‘or usullarni o‘z ichiga olgan bo‘lib, paxta yetishtirish jarayonida resurslardan oqilona foydalanish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki, Shinjon texnologiyasini qo‘llash orqali suv sarfi sezilarli darajada kamayadi, tuproq namligi saqlanadi hamda o‘simliklarning o‘sishi uchun qulay sharoit yaratiladi. Natijada paxta hosildorligi an’anaviy usullarga nisbatan oshib, ishlab chiqarish samaradorligi ortadi. Shu bilan birga, mazkur texnologiya o‘g‘itlardan foydalanish samaradorligini ham oshirib, tuproq unumdorligini saqlashga xizmat qiladi.

Shuningdek, Shinjon usuli yuqori darajada mexanizatsiyalashgan bo‘lib, mehnat resurslaridan samarali foydalanish imkonini beradi. Biroq ushbu texnologiyani keng joriy etishda boshlang‘ich investitsiya talab etilishi, texnik vositalarning yetishmasligi hamda fermerlarning yangi usullarga moslashuvi kabi muammolar mavjud.

Umuman olganda, Shinjon usulida paxta yetishtirish texnologiyasi O‘zbekiston sharoitida ham istiqbolli yo‘nalishlardan biri hisoblanadi. Uni amaliyotga keng tatbiq etish orqali suv resurslarini tejash, hosildorlikni oshirish va qishloq xo‘jaligi samaradorligini yanada yaxshilash mumkin.

Adabiyotlar

[1]. Qodirov A. Paxta yetishtirish agrotexnologiyasi. Toshkent, 2020.
[2]. Atabayeva X.N., Xudayqulov J.B. O‘simlikshunoslik. Darslik. “NIF-MSH”, Toshkent-2020 y.
[3]. Abdullayev B. Qishloq xo‘jaligida suv tejovchi texnologiyalar. Toshkent, 2021.

[4]. Xitoy qishloq xo‘jaligi ilmiy tadqiqot institutining ma’lumotlari.
[5]. O‘zbekiston qishloq xo‘jaligi jurnali, 2022.
[6]. Paxtachilik bo‘yicha ilmiy tavsiyalar to‘plami.

THE CONCEPTOSPHERE OF KHOLID HAMID: LITERARY CONCEPTS AND CULTURAL SEMANTICS IN MODERN UZBEK PROSE

S.N. Khamidova*, student M.S. Solijonova[2]

Fergana State Technical University,
**Corresponding author, e-mail: sayyorahamidova2@gmail.com*
ORCID: 0009-0007-2823-3649
E-mail:muxlisasolijonova2007@gmail.com
(Received on February 10 th, 2026)

Abstract: *The article investigates the conceptosphere of Kholid Hamid, one of the representatives of modern Uzbek prose, focusing on the system of literary concepts that structure his artistic worldview. The study interprets the conceptosphere as a set of culturally and ideologically marked notions embodied in the author’s texts. These concepts are analyzed within the framework of cognitive linguistics and literary semiotics, revealing the interaction between individual-authorial meanings and national cultural values.*

Keywords: *conceptosphere, literary concept, cognitive linguistics, Kholid Hamid, Uzbek prose, cultural semantics.*

Annotatsiya: *Maqola zamonaviy o‘zbek nasrining vakillaridan biri bo‘lgan Xolid Hamidning kontseptualosferasini o‘rganib, uning badiiy dunyoqarashini shakllantiruvchi adabiy tushunchalar tizimiga e’tibor qaratadi. Tadqiqotda kontseptualosfera muallif matnlarida mujassamlangan madaniy va mafkuraviy jihatdan belgilangan tushunchalar to‘plami sifatida talqin qilinadi. Bu tushunchalar kognitiv lingvistika va adabiy semiotika doirasida tahlil qilinib, individual-mualliflik ma’nolari va milliy madaniy qadriyatlar o‘rtasidagi o‘zaro ta’sirni ochib beradi.*

Kalit so‘zlar: *kontseptualosfera, adabiy tushuncha, kognitiv lingvistika, Xolid Hamid, o‘zbek nasri, madaniy semantika.*

Аннотация: *В статье исследуется концептуальная сфера Холида Хамида, одного из представителей современной узбекской прозы, с акцентом на систему литературных концепций, структурирующих его художественное мировоззрение. Исследование интерпретирует концептуальную сферу как совокупность культурно и идеологически маркированных понятий, воплощенных в текстах автора. Эти концепции анализируются в рамках когнитивной лингвистики и литературной семиотики, выявляя взаимодействие между индивидуально-авторскими значениями и национальными культурными ценностями.*

Ключевые слова: *концептуальная сфера, литературная концепция, когнитивная лингвистика, Холид Хамид, узбекская проза, культурная семантика.*

1. Introduction. In contemporary linguistics and literary studies, increasing attention is paid to the cognitive nature of artistic texts. Literature is no longer viewed merely as an aesthetic phenomenon but as a complex system of conceptual representations reflecting the author’s worldview. Within this paradigm, the notion of conceptosphere has become a key analytical tool for exploring the mental and cultural structures underlying a writer’s works.

The conceptosphere is understood as an organized network of concepts that shape an author’s individual picture of the world. Each writer forms a unique conceptual field in which national traditions, personal experience, ethical ideals, and historical memory intersect. The prose of Kholid Hamid occupies a significant place in modern Uzbek literature, as it reflects social transformation, moral crisis, and the search for spiritual stability in the post-Soviet period. Therefore, the analysis of his conceptosphere is essential for understanding both his artistic method and the broader cultural processes in Uzbek society.

2. Methodology. The present study employs a theoretical-descriptive and cognitive-semiotic methodology. The research is based on the principles of cognitive linguistics, particularly the works of George Lakoff, Ronald Langacker, and A. V. Karasik, who interpret concepts as mental units reflecting collective and individual experience.

The analysis also incorporates elements of literary semiotics, drawing on the ideas of Yuri Lotman and T. A. Sebeok. Within this framework, literary concepts are treated as semiotic constructs encoded in narrative structures, metaphors, character systems, and symbolic imagery. The study does not rely on empirical data but instead focuses on conceptual interpretation and qualitative analysis of textual fragments from Kholid Hamid's prose.

3. Analysis. The conceptosphere of Kholid Hamid is structured around several dominant conceptual clusters that reveal the axiological core of his artistic worldview. These include concepts related to national identity, spirituality, ethical responsibility, and social reality. Unlike purely descriptive narratives, Hamid's prose is deeply reflective, and each central concept functions as a carrier of cultural memory and moral evaluation.

From a cognitive perspective, these concepts are not isolated units but interconnected mental structures. For example, the concept of homeland is inseparably linked with faith, memory, and sacrifice, forming a stable conceptual chain. This interrelation shows that the author's worldview is holistic, where personal destiny is always embedded in the collective fate of the nation.

4. Results and discussion. In Kholid Hamid's prose, the concept of homeland is not limited to geographical space. It is represented as a moral and emotional category symbolizing roots, responsibility, and historical continuity. The homeland functions as a spiritual center that defines the identity of the characters and motivates their actions.

The concept of faith occupies a central place in the author's conceptosphere. It is interpreted not only in a religious sense but also as trust in moral values and human integrity. Faith becomes a source of inner strength that allows characters to overcome existential crises.

Moral duty in Hamid's works reflects the ethical dimension of human existence. Characters are constantly confronted with choices between personal benefit and social responsibility. This concept reveals the author's critical attitude toward moral degradation in modern society.

Human dignity is conceptualized as an inherent value that cannot be lost even in the most difficult circumstances. It serves as a criterion for evaluating both individual behavior and social processes.

The concept of spiritual struggle unites the entire conceptosphere of the writer. It reflects the internal conflict between material desires and moral ideals, emphasizing the dynamic and dramatic nature of human existence.

5. Conclusion. The analysis of the conceptosphere of Kholid Hamid demonstrates that his prose is constructed on a stable system of interrelated literary concepts reflecting national culture, ethical values, and personal experience. The dominant concepts of homeland, faith, moral duty, human dignity, and spiritual struggle form the semantic core of his artistic worldview.

The study confirms that the conceptosphere serves as a cognitive and semiotic foundation of literary creativity, allowing the researcher to penetrate deeper into the author's mental world. Thus, the investigation of Kholid Hamid's conceptosphere contributes not only to Uzbek literary studies but also to the development of cognitive and cultural approaches in modern linguistics.

References

[1]. Hamid, K. (2010). Selected Prose and Short Stories. Tashkent: Sharq Publishing House.
[2]. Karasik, V. I. (2002). Language Circle: Personality, Concepts, Discourse. Volgograd: Peremena.
[3]. Lakoff, G., & Johnson, M. (1980). Metaphors We Live By. Chicago: University of Chicago Press.
[4]. Langacker, R. W. (1991). Concept, Image, and Symbol: The Cognitive Basis of Grammar. Berlin: Mouton de Gruyter.

UDK: 37.016:811.111:796

THE IMPORTANCE OF BODY LANGUAGE IN ORGANIZING ENGLISH LANGUAGE LESSONS FOR SPORTS COACHES

A.L. Melikuziev

Fergana State Technical University,
(Received on February 10 th, 2026)

Abstract: *Body language plays a significant role in the teaching and learning process, especially in practical and communicative fields such as sports training. The purpose of this study is to analyze the importance of body language in organizing English language lessons for sports coaches. Since sports coaches frequently use gestures, facial expressions, and physical demonstrations during training sessions, integrating body language into English language instruction can improve comprehension, communication efficiency, and practical vocabulary acquisition. The study highlights how nonverbal communication enhances the understanding of sports terminology and instructional commands. The results show that body language supports visual learning, increases student engagement, and facilitates faster language acquisition in sports-oriented educational environments.*

Key words: *Body language, sports coaching, English language teaching, nonverbal communication, sports terminology.*

Annotatsiya: *Tana tili o‘qitish va o‘rganish jarayonida muhim ahamiyatga ega bo‘lib, ayniqsa sport kabi amaliy va kommunikativ sohalarda yanada dolzarb hisoblanadi. Ushbu tadqiqotning maqsadi sport turlari bo‘yicha trenerlar uchun ingliz tili darslarini tashkil qilishda tana tilining ahamiyatini tahlil qilishdan iborat. Sport murabbiylari mashg‘ulot jarayonida ko‘pincha imo-ishoralar, mimika va jismoniy harakatlardan foydalanadilar, shuning uchun ingliz tilini o‘qitishda tana tilini qo‘llash tushunishni, kommunikativ samaradorlikni va amaliy lug‘atni o‘zlashtirishni yaxshilaydi. Tadqiqot natijalari tana tilining vizual o‘rganishni kuchaytirishi, o‘quvchilarning faolligini oshirishi va sportga yo‘naltirilgan ta’lim muhitida tilni tezroq o‘zlashtirishga yordam berishini ko‘rsatadi.*

Kalit so‘zlar: *tana tili, sport murabbiyligi, ingliz tilini o‘qitish, noverbal kommunikatsiya, sport terminologiyasi.*

Аннотация: *Язык тела играет важную роль в процессе обучения, особенно в практических и коммуникативных сферах, таких как спортивная подготовка. Цель данного исследования проанализировать значение языка тела при организации уроков английского языка для тренеров по видам спорта. Поскольку тренеры активно используют жесты, мимику и физические демонстрации во время тренировок, интеграция языка тела в процесс обучения английскому языку способствует лучшему пониманию, повышает эффективность коммуникации и помогает усвоению профессиональной лексики. Результаты исследования показывают, что язык тела усиливает визуальное восприятие информации, повышает активность обучающихся и способствует более быстрому освоению языка в спортивной образовательной среде.*

Ключевые слова: *язык тела, спортивное тренерство, обучение английскому языку, невербальная коммуникация, спортивная терминология.*

INTRODUCTION

In modern education, the integration of verbal and nonverbal communication has become increasingly important, particularly in professional fields such as sports coaching. Sports trainers often rely on demonstrations, gestures, and body movements to explain techniques, strategies, and physical actions. When English is taught to sports coaches, body language becomes an essential pedagogical tool that facilitates understanding of instructions and professional vocabulary. The organization of English language lessons for sports trainers therefore requires the incorporation of visual and kinesthetic learning methods. Body language helps bridge the gap between theoretical language learning and practical sports communication, enabling learners to associate words with physical actions.

METHODS

The research employed qualitative and descriptive methods to analyze the role of body language in English language teaching for sports coaches. Observational analysis of sports training sessions and English classes designed for sports professionals was conducted to identify common

nonverbal communication patterns. Additionally, comparative analysis of teaching techniques that incorporate gestures, demonstrations, and physical movements was used to evaluate their effectiveness. The data were also supported by theoretical literature on paralinguistics, sports pedagogy, and communicative language teaching. These methods allowed the study to examine how body language contributes to the learning process in sports-oriented language education.

RESULTS

The research results demonstrate that the integration of body language into English language lessons for sports coaches significantly improves the effectiveness of the learning process. First, the use of gestures, physical demonstrations, and facial expressions helps learners understand sports-related instructions more quickly and accurately. When coaches are introduced to English commands such as “jump,” “run,” “stretch,” or “pass the ball,” the simultaneous demonstration of these actions through body movement allows learners to associate vocabulary with concrete physical activity. This multimodal approach reduces misunderstandings and helps learners grasp the meaning of new terminology without relying solely on translation.

Secondly, the results indicate that body language contributes to stronger vocabulary retention. Sports terminology often consists of action-based verbs and expressions that are closely connected with movement and physical performance. When learners observe or perform the movements associated with these words, the information is stored more effectively in memory. This kinesthetic and visual reinforcement supports long-term learning and enables sports coaches to recall and use the vocabulary more confidently in real training situations.

Another important result of the study is the increase in learner engagement and motivation during English lessons that incorporate body language. Traditional language teaching methods may appear abstract for sports professionals who are accustomed to practical and action-oriented environments. However, lessons that include demonstrations, role-playing activities, and gesture-based explanations create a dynamic and interactive learning atmosphere. As a result, learners become more active participants in the lesson, ask more questions, and demonstrate a greater willingness to practice speaking.

The study also revealed that body language helps overcome linguistic barriers in the early stages of language learning. Sports coaches who have limited English proficiency can still understand key instructions when they are supported by clear physical demonstrations. This reduces anxiety and builds confidence in communication. Furthermore, body language allows teachers to simplify complex explanations, especially when introducing tactical or technical terms used in sports training.

DISCUSSION

The discussion of the research results highlights that body language is not only a supportive element but also a fundamental component in the process of teaching English to sports coaches. In sports training environments, communication is largely based on physical movement, demonstration, and visual guidance. Therefore, integrating body language into English language lessons creates a natural and context-based learning environment. When learners observe gestures, postures, and demonstrations while hearing corresponding English expressions, they are able to establish a direct connection between language and physical action. This connection significantly improves comprehension and facilitates the practical application of new vocabulary during training sessions.

Another important aspect revealed in the study is that body language contributes to the development of multimodal learning strategies. Modern pedagogical approaches emphasize that learners acquire knowledge more effectively when different sensory channels visual, auditory, and kinesthetic are involved simultaneously. In sports-related English lessons, body language naturally activates these channels. For example, when a teacher demonstrates a sports movement while explaining it in English, learners simultaneously see the action, hear the command, and may physically imitate the movement. This integrated learning process enhances cognitive processing and supports deeper understanding of language structures and terminology.

Furthermore, the findings suggest that body language plays a crucial role in reducing communication barriers in multilingual and multicultural sports environments. Sports coaches often interact with athletes, referees, and trainers from different countries where English functions as a lingua franca. In such situations, body language serves as an additional communicative tool that clarifies meaning and prevents misunderstandings. Gestures and demonstrations help ensure that instructions are interpreted correctly even when linguistic proficiency varies among participants. Consequently, incorporating body language in English language training prepares coaches for real-life professional communication in international sports contexts.

References

[1]. Birdwhistell, R. Kinesics and Context: Essays on Body Motion Communication. Philadelphia: University of Pennsylvania Press, 1970.
[2]. Knapp, M., Hall, J., Horgan, T. Nonverbal Communication in Human Interaction. Boston: Cengage Learning, 2014.
[3]. Brown, H. D. Principles of Language Learning and Teaching. New York: Pearson Education, 2007.
[4]. Harmer, J. How to Teach English. London: Longman, 2007.
[5]. Argyle, M. Bodily Communication. London: Routledge, 1988.
[6]. Richards, J., Rodgers, T. Approaches and Methods in Language Teaching. Cambridge: Cambridge University Press, 2014.
[7]. Lightbown, P., Spada, N. How Languages Are Learned. Oxford: Oxford University Press, 2013.

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.ferstu.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.ferstu.uz (faoliyat→ilmiy faoliyat→ilmiy jurnal).

Статьи, не оформленные согласно вышеуказанным правилам, редакцией не принимаются.

INFORMATION TO THE AUTHORS !

1. On pages “Scientific – Technical Journal” are published articles and short messages in the field of the fundamental and technical science, containing new or more than 50% earlier not published scientific results, in Uzbek, Russian or English languages according to the following sections: fundamental sciences; mechanics; construction; power, electrical equipment; electronic devices and information technologies; chemical technology and ecology; social and economic sciences; short messages.

2. Article is submitted in duplicate on white paper of the standard A4 format with fields: at the left 30 mm, above and below on 20 mm, on the right 1,5 mm; Times New Roman 12 pt font, interlinear distance one interval. The total amount of article shouldn't exceed eight pages, apart from drawings, the short messages, no more than three pages. The second copy of article is submitted with signatures of all authors.

3. To article are applied: the direction of establishment in which work is performed; the expert opinion (for authors from the Republic of Uzbekistan); in Uzbek, Russian and English languages the summary (from 5-6 lines of the identical contents), key words, article name; data on authors (work place, position, phone, e-mail). In case of absence among authors of the doctor of science the recommendation of the doctor of science in the field of this specialty is submitted.

4. For writing of formulas in the text the Word Math Type editors need to use. Formulas are numbered in a through order. For designation of physical, mathematical and chemical quantities, including indexes, exclusively Latin and Greek letters are applied. It is impossible to designate various sizes the same letter the Prepared drawings and charts have to conform to standard requirements and not exceed the sizes more than 10x10 cm, inscriptions, indexes or alphabetic references, it is desirable to specify and explain on pages of article or in annexes to drawings.

5. The list of references is submitted at the end of article in the following order: First name, middle initial, last name authors, the name of the book (journal), year of the edition (for books), the issue of the journal, pages (for Journal). On pages of article of the link to quoted literature are represented as a mention in the Arab figure in square brackets, for example: [1].

6. Consider to the style of the article attentively which has to meet the requirements of high extent of editing as concerning scientific character, and grammar. Avoid long phrases of the superficial contents. For the best perception of big article readers recommend to break the text into sections: for example, 1. Introduction, 2. Experiment technique, 3. Experimental results, 4. Conclusion. It is necessary to specify surely a main objective of work, statement of tasks, relevance and the present of a problem, methods and ways of the decision, the received new scientific results and their analysis, and also concrete conclusions.

7. Articles presented to edition go for reviewing to members of edition or other corresponding experts. Are defined, whether there corresponds article to journal subject, whether there are accurately formulated according to new scientific results in it, whether it is enough reliably valid conclusions, whether the material is clearly stated. If necessary article can be edited.

8. In case of article return to authors for completion, the term of its receipt in edition, is considered from the date of receipt of its last option.

At the press of materials of the journal the text editor of doc.MS Word 97 (2003) is applied. For timely publication of article, authors need to present the electronic version of article gathered on the computer with use of the specified program.

9. The electronic version of the journal is available on the FSTU website, http://www.ferstu.uz (faoliyat→ilmiy faoliyat→ilmiy jurnal).

Articles that are not prepared based on the specified rules will not be accepted by the editorial office.

ИЛМИЙ-ТЕХНИКА ЖУРНАЛИ
ТАҲРИРИЯТИ:

Масъул муҳаррир	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: 24.02.2026 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.