

ISSN 2181-7200

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ТАЪЛИМ, ФАН ВА ИННОВАЦИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ

ФАРҒОНА ДАВЛАТ ТЕХНИКА УНИВЕРСИТЕТИ

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



2026. СПЕЦ. ВЫПУСК № 3

**НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ ФГТУ**

**SCIENTIFIC –TECHNICAL
JOURNAL of FSTU**

ФАРҒОНА – 2026

ИЛМИЙ-ТЕХНИКА ЖУРНАЛИ ТАХРИРИЯТИ

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

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

Бош муҳаррир

Р.Р. ТОЖИЕВ

Тахрир хайъати:

Физика-математика фанлари:

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

Механика:

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

Қурилиш:

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------|
| 1. Аббасов Ё.С., т.ф.д., проф. | – ФДТУ |
| 2. Ақромов Х.А., т.ф.д., проф. | – Тош АҚИ |
| 3. Одилхажаяев 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. Касимахунова А.М., т.ф.д., проф. | – ФДТУ |
| 4. Эргашев С.Ф., т.ф.д., проф. | – ФДТУ |

Кимёвий технология ва экология

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

Электрон қурилмалар ва ахборот технологиялари:

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

Ижтимоий-иқтисодий фанлар

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

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издаётся с 1997 года.
Выходит 6 раз в год.

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

Главный редактор

Р.Р. ТОЖИЕВ

Редакционная коллегия:

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

SCIENTIFIC – TECHNICAL JOURNAL

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

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

Editor-in-chief

R.R. TOJIEV

Editorial board members:

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

ФУНДАМЕНТАЛ ФАНЛАР

Haydarov Z., Xalilova G.A., Ashuralieva I.M., Sharobiddinov A.Sh. Arsenid galliy fotoqabulqilgichga ega ionizatsion tizim faoliyatining o'ziga xos xususiyatlari	9
Abdurazakov A.A., Arziqulov Z.O. Chegarada buziladigan parabolik tenglamalar sistemalari uchun chegaraviy masalalarni yechish usuli haqida	13

МЕХАНИКА

Fayzimatov Sh.N., Xomidov J.S., Koraboev E.V. Tokarlik dastgohlarida lazerli keskichlarning yeyilishini oldini olish parametrlarini tahlil qilish	20
Berdiyeva R.A., Oripov J.I., Qosimova Z.A. Zigir, paxta va ipak matolardan tayyorlangan XIX Asr Xorazm ayol kiyimlarining funksional va madaniy tahlili	23
Kasimov B.M. Kontakt yuzalarga mikrosharchalar purkash orqali ishlov berish samaradorligini baholashning asosiy usullari	27
Safayeva D.R., Shin I.G., Shukrullayeva M.S., Tillaev T.U., Oripov J.I. Chop etiluvchi polimer plyonkalarining strukturaviy-energetik holati hamda ularning sirtini tojli razryad bilan modifikatsiyalash	33
Turdiyev M., Akbarova F. Keng imkoniyatli tikuv mashinalarda kerakli mexanizmlarni ishlash prinsiplari	38
Xurramatov A.M., Жураев В.Н. Мўминов Ж.А. Нефть ва газни қайта ишлаш саноатида иссиқлик алмашилиш жараёнининг долзарб муаммолари	42
Djamolov R.K., Akromov M., Jalilova G.X. Jinlashdan keyin chigitni tozalash va qoldiq toladorligi yuqori chigitlarni saralashning texnologik ahamiyati	46
Saidmaxamadov N.M., Xalimjonov T.S., Akramov M.M., To'laboyev D.B., Adxamov X.Z., Abduqaxorov I.S. Elektr pechida suyuqlantirib olingan kulrang cho'yanlarda sifatini oshirish	51
Sulaymanov A.M. Elaksimon tarelkali skrubberning gidravlik qarshiligini nazariy asoslash	57

ҚУРИЛИШ

Davlyatov Sh.M., Xasanov D.D Qurilish konstruksiyalari texnik holatini monitoring qilishda statik va dinamik yondashuvlar tahlili	64
Raximov R.R. Ko'p qavatli binolar poydevorlarida rezina-grunt aralashmali seysmik izolyatsiya tizimining qo'llanilishi: ilmiy tadqiqotlar tahlili	70
Maxsimov K.I., Abdunazarov A. Agressiv muhitli hududlarda turar joy binolarining bazalt armaturali lentasimon poydevorlari	75
Mamatov M.A., Akbarov J.N. Sanoat chiqindilari asosida olingan gipsbeton uchun qo'llaniladigan materiallarning xususiyatlari va tadqiqot usullari	80
Axmedov B.M. Geodezik tarmoqlarni tenglashda parametrik tenglamalar bog'liqligi va tuzatmalar tenglamalarining tipik turlari	85
Sattorov Z.M., Otajonov O.A., Madraymov N.A. Sanoat chiqindisi asosidagi ko'pikkulbeton qorishmasining reologik xossalariga kimyoviy qo'shimchanning ta'siri	90
Abdullayev I.A. Penaizol materialining xossalari va uning qurilishda qo'llanilishi	98

ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Badalov A.A., Badalova D.A., Yembergenova K.B., Auezbaeva F.T., Erkinov R.A. "UCHKURGAN TEXTILE" MCHJ korxonasida energetik tekshiruvni o'tkazish, yoqilg'i-energetik resurslaridan samarali foydalanish va energiya tejash imkoniyatlarini baholash	105
Muxammadjonov M.Sh. Ekspluatatsiyadagi moyli kuch transformatorlarida issiqlik tarqalish jarayonini raqamli modellashtirish	109
Urishev O.M., Sobirjonov I.S. Yong'inning erta aniqlanish texnologiyalari va dunyo tajribasi	112
Rustamov B.O., Boynazarov B.B. Shamol turbinalarining tahlili va ularni mintaqamizda qo'llashdagi muammolar	120
Payzullaxanov M.S., Akbarov R.Yu., Suvonova L.S., Salohidinov X.X., Kuchkarov A.A., Yusupaliyev J.V. Katta quyosh pechida berilgan zichlikdagi konsentrlangan quyosh nurlanishi oqimini shakllantirish xususiyatlari	124
Nazirjonova Sh.S. Kanallar ustiga o'rnatilgan quyosh fotoelektr stansiyalarining samaradorligi	130

ЭЛЕКТРОН ҚУРИЛМАЛАР ВА АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Qo'ldashov O.X., Axmadjonov M.Z. Infraqizil namlik o'lchagich	135
Vaxobov D.A. Aqlli uylarni yaratish texnologiyalari. Aqlli uylarning samaradorligi	140
Urishev O.M., Axmedov M.M. Sun'iy intellekt asosida audiovizual kontentni tarjima qilishning nazariy asoslari	143

КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЭКОЛОГИЯ

Jo'rayev Q.A., Axmedov A.A., Tursunov A.R. Gazlarni suyuqlik va chang zarracharidan tozalash	152
Alimatov B.A., Xursanov B.J. Kimyoviy texnologiya jarayon va tizimlarni modellashtirish tahlili	160
Убайдуллаева Ш.Т., Убайдуллаев М.М. Тажрибада парваришланган ғўза навининг ўсиши ва ривожланишини аниқлаш	164
Mirzaolimov A.N. Magniy xlorat, mepikvat xlorid va trisiloksan alkoksilat asosida suyuq defoliant ishlab chiqarish texnologiyasi	169
Alimatov B.A., Xursanov B.J. Barbotajli ekstraktorlarni qarama-qarshi oqimli va uzluksiz jarayonlarni amalga oshirishda gaz miqdorini o'zgartirish orqali sozlash tahlili	176
Ashurov A.V., Xudoyberdiyev Sh.Z. Makkajo'xori urug'ini maydalovchi drabilka parametrlari bilan tanishish va uning qo'y-echkilar mahsuldorligiga ta'sirini baholash	181

ИЖТИМОЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАНЛАР

Mamatov A. O'rnatilgan tizimlarda mashinali o'qitish va raqamli signallarga ishlov berishning sinergetik integratsiyasi: keng qamrovli sharh va apparat-dasturiy ta'minotni birgalikda loyihalash tahlili (2018–2026 yillar)	186
Rustamova M.M. Mehnat bozori transformatsiyasi sharoitida keramika mahsulotlari korxonalarini ta'minotni boshqarish va marketingga innovatsion yondashuvlar	191
Zakirova Z.T. Innovatsion rivojlanish sharoitida moliyaviy oqimlar va savdo boshqaruvini takomillashtirish	195

ҚИСҚА ХАБАРЛАР

Haydarov Z., Sharobidinov A. Sh., Xalilova G.A., Ashuraliyeva I.M. Yarimo'tkazgichli fotoelektrodga ega o'ta yupqa gaz razryadli tizimning xususiyatlari	201
Abdullayeva M.M., Turdiyev M. Tayyorlov sexining mashina va uskunalari	204
Berdiyeva R.A., Nazarova M. Assimetrik rapportli matolardan ayollar ustki kiyimlarini loyihalashda detallarni joylashtirishning optimal usullari	207
Mamatqulova S.R. Ishlab chiqarish korxonalarida isitish natijasida tikuv maxsulotlarining tashqi ko'rinishini o'zgartirish	210
Kurbanbayev E.B., Boltayev F.B., Toshmirzayev Q.O. Paxtani titkich ta'minlagichini uzun qoziqli barabanlari orasidagi tirqishni uning tozalash samarasiga ta'sirini o'rganish natijalari	213
Yuldasheva D.B. Tabiiy ipakdan yupqa gazlama ishlab chiqarishda to'quv iplarini tayyorlash	216
Sulaymanov A.M. Gazlarni xo'l usulda tozalovchi scrubberning gidravlik qarshiligini tozalash samaraligiga ta'siri	218
Мўминов Ж.А., Хурмаматов А.М. Ҳаволи совитиш курилмаларининг классификацияси ва қиёсий таҳлили	221
Ergashev M.M., Vaxobov A.A. Namga chidamli gazogisobetonning mikrostrukturasi va uning namlikka chidamliligiga ta'siri	224
Mirzajanov M.A., Vaxobov A.A. Gidrofob qo'shimchalar yordamida avtoklavli gazog'isobetonning namga chidamliligini ishlab chiqarish texnologiyasida oshirish	227
Rahimov U.O., Quziboyev Sh.Sh. Egiluvchan betonning xossalari va uning qurilish sohasidagi ahamiyati ...	229
Oxunov Sh.O., Axunov O.T. Robot texnologiyalarini qishloq xo'jaligida qo'llash	231
Batirova R.B., Quchqarova M.M. Blokcheyn orqali qayta tiklanuvchi energiya investitsiyalarini rag'batlantirish mexanizmlari	234
Ashurmatova N.A. O'zbek raqamli mediasida tildan foydalanishning zamonaviy tendensiyalari	236
Xamrakulova S.F. Raqamli muloqotda emotsional leksika: matnli xabarlar va emojilar orqali his-tuyg'ularni ifodalash	239
Ergashov Q.M. Mahsulot sifat ko'rsatkichlariga kosmik ta'sirlar o'rni va ahamiyati	241
Sattarova B., Boltabayeva M. Go'sht va go'sht mahsulotlari kimyoviy tarkibini tadbiq qilish	244
Тўхташев Ф.Э. “УНИ – АГРО” комплекс ўғитини қўллаш усули, муддати ва меъёрларига боғлиқ ҳолда пахта ҳосилига таъсири	246
Madaminova G.M. Siyosiy nutqda paremiologik birliklardan foydalanish	249
Sarimsakov B.R., Ismatullayev K.K., Mirzaabdullayev R.A., Atajanova D.X. Namangan viloyatida kichik biznes subyektlarida moliyaviy resurslardan foydalanish samaradorligini oshirish	253
Usmanova G.B., Xamdamov A.M. Ishlatilgan nam havoni qayta ishlatish istiqbollari	256
Муаллифлар диққатига !	258

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ

Хайдаров З., Халилова Г.А., Ашуралиева И.М., Шаробиддинов А.Ш. Особенности работы ионизационной системы с фотоприёмником из арсенида галлия	9
Абдуразаков А.А., Арзикулов З.О. О методе решения краевых задач для вырождающихся параболических систем уравнений, на границе области	13

МЕХАНИКА

Файзиматов Ш.Н., Хомидов Ж.С., Корабоев Э.В. Анализ параметров предотвращения износа лазерных резцов на токарных станках	20
Бердиева Р.А., Орипов Ж.И., Косимова З.А. Функциональный и культурный анализ женской одежды Хорезма XIX Века, изготовленной из льна, хлопка и шелка	23
Касимов Б.М. Основные методы оценки эффективности обработки контактных поверхностей микрошариками	27
Сафаева Д.Р., Шин И.Г., Шукруллаева М.С., Тиллаев Т.У., Орипов Дж.И. Структурное и энергетическое состояние печатных полимерных пленок и их модификация поверхности коронным разрядом	33
Турдиев М., Акбарова Ф. Принципы работы основных механизмов современных многофункциональных швейных машин	38
Хурмаматов А.М., Жураев В.Н., Муминов Ж.А. Актуальные проблемы процесса теплообмена в нефтегазоперерабатывающей промышленности	42
Джамолов Р.К., Акромов М., Жалилова Г.Х. Технологическое значение очистки семян хлопка после джинирования и сортировки семян с высокой остаточной волокнистостью	46
Саидмахаматов Н.М., Халимжонов Т.С., Акрамов М.М., Тўлабоев Д.Б., Адхамов Х.З., Абдукахоров И.С. Повышение качества серого чугуна, переплавленного в электрической печи	51
Сулайманов А.М. Теоретическое обоснование гидравлического сопротивления скруббера с гибкой пластиной	57

СТРОИТЕЛЬСТВО

Давлятов Ш.М., Хасанов Д.Д. Анализ статических и динамических подходов при мониторинге технического состояния строительных конструкций	64
Рахимов Р.Р. Применение системы сейсмической изоляции резино-грунтовой смеси в фундаментах многоэтажных зданий: анализ научных исследований	70
Максимов К.И., Абдуназаров А. Агрессив мухитли худудларда турар жой биноларининг базалт арматурали лентасимон пойдеворлари	75
Маматов М.А., Акбаров Ж.Н. Свойства материалов и методы исследования, применяемые для гипсобетона, полученного на основе промышленных отходов	80
Ахмедов Б.М. Связь параметрических уравнений и типичные типы уравнений поправок при уравнивании геодезических сетей	85
Сатторов З.М., Отажонов О.А., Мадраймов Н.А. Влияние химических добавок на реологию пенозобетонной смеси на основе промышленных отходов	90
Абдуллаев И.А. Свойства пеноизола и его применение в строительстве	98

ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА

Бадалов А.А., Бадалова Д.А., Йембергенова К.Б., Ауезбаева Ф.Т., Эркинов Р.А. Проведение энергетического обследования на предприятии ООО «UCHKURGAN TEXTILE», эффективное использование топливно-энергетических ресурсов и оценка возможностей энергосбережения	105
Мухаммаджонов М.Ш. Цифровое моделирование процесса теплопроводности в масляных силовых трансформаторах в эксплуатации	109
Уришев О.М., Собиржонов И.С. Технологии раннего обнаружения пожаров и мировой опыт	112
Рустамов Б.О., Бойназаров Б.Б. Анализ ветровых турбин и проблемы их применения в нашем регионе	120
Пайзуллаханов М.С., Акбаров Р.Ю., Сувонова Л.С., Салохидинов Х.Х., Кучкаров А.А., Юсупалиев Ж.В. Особенности формирования потока концентрированного солнечного излучения заданной плотности на большой солнечной печи	124
Назиржонova Ш.С. Эффективность солнечных фотоэлектрических электростанций, установленных на каналах	130

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Кулдашов О.Х., Ахмадженов М.З. Инфракрасный влагомер	135
Вахобов Д.А. Технологии создания «умных домов». Эффективность «умных домов»	140
Уришев О.М., Ахмедов М.М. Теоретические основы перевода аудиовизуального контента на основе искусственного интеллекта	143

ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ

Жураев К.А., Ахмедов А.А., Турсунов А.Р. Очистка газов от жидкости и пылевых частиц	152
Алимов Б.А., Хурсанов Б.Ж. Анализ моделирования процессов и систем в химической технологии	160
Убайдуллаева Ш.Т., Убайдуллаев М.М. Определение роста и развития возделываемого в опыте сорта хлопчатника	164
Мирзаолимов А.Н. Технология производства жидких дефолиантов на основе хлората магния, мепикватхлорида и трисилоксана алкоксилата	169
Алимов Б.А., Хурсанов Б.Ж. Анализ регулировки барботажных экстракторов путем изменения количества газа в противоточных и непрерывных процессах	176
Ашуров А.В., Худойбердиев Ш.З. Введение в параметры кукурузной мельницы и оценка ее влияния на производительность овец и коз	181

СОЦИАЛЬНО - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ

Маматов А. Синергетическая интеграция машинного обучения и цифровой обработки сигналов во встроенных системах: комплексный обзор и анализ совместного проектирования аппаратного и программного обеспечения (2018–2026 гг.)	186
Рустамова М.М. Инновационные подходы к управлению обеспечением и маркетингом предприятий керамических изделий в условиях трансформации рынка труда	191
Зокирова З.Т. Совершенствование управления финансовыми потоками и обеспечением продаж в условиях инновационного развития	195

КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

Хайдаров З., Шаробидинов А. Ш., Халилова Г.А., Ашуралиева И.М. Характеристики сверхтонкой газоразрядной системы с полупроводниковым фотоэлектродом	201
Абдуллаева М.М., Турдиев М. Машины и оборудование подготовительного цеха	204
Бердиева Р.А., Назарова М. Оптимальные методы размещения деталей при проектировании женской верхней одежды из тканей с асимметричным плетением	207
Маматкулова С.Р. Изменение внешнего вида швейных изделий в результате нагрева на производственных предприятиях	210
Курбанбаев Е.Б., Болтаев Ф.Б., Тошмирзаев К.О. Результаты исследования влияния зазора между барабанами хлопкоуборочной машины с длинным ворсом на эффективность ее очистки	213
Юлдашева Д.В. Подготовка ткацких нитей при производстве тонких тканей из натурального шелка .	216
Сулайманов А.М. Влияние гидравлического сопротивления мокрого газоочистителя на эффективность очистки	218
Муминов Ж.А., Хурмамов А.М. Классификация и сравнительный анализ воздушных охладителей	221
Эргашев М.М., Вахобов А.А. Микроструктура влагостойкого автоклавного газобетона и его влияние на влагостойкость	224
Мирзажанов М.А., Вахобов А.А. Повышение влагостойкости автоклавного газобетона путем применения гидрофобизирующих добавок в технологии производства	227
Рахимов У.О., Кузиев Ш.Ш. Свойства гибкого бетона и его значение в строительной сфере	229
Охунوف Ш.О., Ахунوف О.Т. Применение робототехнологий в сельском хозяйстве	231
Батирова Р.Б., Кучкарова М.М. Механизмы стимулирования инвестиций в возобновляемую энергетику на основе технологии блокчейн	234
Ашурматова Н.А. Современные тенденции использования языка в узбекских цифровых медиа	236
Хамракулова С.Ф. Эмоциональная лексика в цифровом общении: выражение эмоций посредством текстовых сообщений и эмодзи	239
Эргашов К.М. Роль и значение космических влияний на показатели качества продукции	241
Саттарова Б., Болтабаева М. Применение химического состава мяса и мясных продуктов	244
Тухташев Ф.Э. Влияние способа применения, сроков и норм внесения комплексного удобрения «UNI-AGRO» на урожайность хлопчатника	246
Мадаминава Г.М. Использование паремииологических единиц в политическом дискурсе	249
Саримсаков Б.Р., Исмаилов К.К., Мирзаабдуллаев Р.А., Атаджанова Д.Х. Совершенствование механизмов повышения эффективности использования финансовых ресурсов в субъектах малого бизнеса Наманганской области	253
Усманова Г.Б., Хамдамов А.М. Перспективы повторного использования отработанного влажного воздуха	256
К сведению авторов !	259

CONTENTS

FUNDAMENTAL SCIENCES

Khaidarov Z., Khalilova G.A., Ashuralieva I.M., Sharobiddinov A.Sh. Features of operation of an ionization system with a gallium arsenide photodetector	9
Abdurazakov A.A., Arziqulov Z.O. On a method of solving boundary value problems for systems of parabolic equations degenerating at the boundary of a domain	13

MECHANICS

Fayzimatov Sh.N., Xomidov J.S., Koraboev E.V. An analysis of the parameters of laser cutter wear prevention on turning machine	20
Berdiyeva R.A., Oripov J.I., Qosimova Z.A. Functional and cultural analysis of 19Th-Century Khorezm women's clothing made of flax, cotton, and silk	23
Kasimov B.M. Key methods for evaluating the effectiveness of contact surface treatment by micro-shot peening	27
Safayeva D.R., Shin I.G., Shukrullayeva M.S., Tillaev T.U., Oripov J.I. Structural and energetic state of printed polymer films and their surface modification by corona discharge	33
Turdiyev M., Akbarova F. Principles of operation of necessary mechanisms in large-capacity sewing machines .	38
Khurmamatov A.M., Jurayev V.N. Muminov J.A. Actual problems of the heat exchange process in the oil and gas processing industry	42
Djamolov R.K., Akromov M., Jalilova G.K. Technological importance of cotton seed cleaning after ginning and sorting seeds with high residual fiber content	46
Saidmakhamadov N.M., Khalimjonov T.S., Akramov M.M., Tolaboev D.B., Adkhamov Kh.Z., Abduqahhorov I.S. Improving the quality of grey cast iron melted in an electric furnace	51
Sulaymanov A.M. Theoretical justification of the hydraulic resistance of a scrubber with a flexible plate	57

BUILDING

Davlyatov Sh.M., Khasanov D.D. Analysis of static and dynamic approaches to monitoring the technical condition of building structures	64
Rakhimov R.R. Application of a rubber-soil mixed seismic insulation system in the foundations of multi-story buildings: analysis of scientific research	70
Maksimov K.I., Abdunazarov A. Basalt reinforced strip foundations of residential buildings in areas with aggressive environments	75
Mamatov M.A., Akbarov J.N. Properties of materials and research methods used for gypsum concrete produced on the basis of industrial waste	80
Akhmedov B.M. Relation of parametric equations and typical types of correction equations for equalization of geodetic networks	85
Sattorov Z.M., Otajonov O.A., Madraymov N.A. The influence of chemical additives on the rheology of foam ash concrete mixture based on industrial waste	90
Abdullayev I.A. Properties of penaizol material and its application in construction	98

ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING

Badalov A.A., Badalova D.A., Yembergenova K.B., Auezbaeva F.T., Erkinov R.A. Conducting an energy audit at "UCHKURGAN TEXTILE" LLC, ensuring the efficient use of fuel and energy resources, and assessing energy-saving opportunities	105
Mukhammadjonov M.Sh. Digital modeling of the heat transfer process in oil power transformers in operation	109
Urishev O.M., Sobirjonov I.S. Early fire detection technologies and world experience	112
Rustamov B.O., Boynazarov B.B. Analysis of wind turbines and problems of their application in our region	120
Paizullakhanov M.S., Akbarov R.Yu., Suvonova L.S., Salokhidinov Kh.Kh., Kuchkarov A.A., Yusupaliyev J.V. Features of formation of a concentrated solar radiation flux with a specified density in a large solar furnace	124
Nazirjonova Sh.S. Efficiency of solar photovoltaic power plants installed on canals	130

ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES

Kuldashov O.Kh., Akhmadjonov M.Z. Infrared moisture meter	135
Vakhobov D.A. Technologies for creating smart homes. Efficiency of smart homes	140
Urishev O.M., Akhmedov M.M. Theoretical foundations of translating audiovisual content based on artificial intelligence	143

CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY

Juraev Q.A., Akhmedov A.A., Tursunov A.R. Gas cleaning from liquid and dust particles	152
Alimatov B.A., Khursanov B.J. Chemical technology process and systems modeling analysis	160
Ubaydullaeva Sh.T., Ubaydullaev M.M. Determination of the growth and development of the cotton variety cultivated in the experiment	164
Mirzaolimov A.N. Technology for the production of liquid defoliants based on magnesium chlorate, mepiquat chloride and trisiloxane alkoxylate	169
Alimatov B.A., Khursanov B.J.. Analysis of the adjustment of bubble extractors by changing the amount of gas in countercurrent and continuous processes	176
Ashurov A.V., Khudoyberdiev Sh.Z. Introduction to the parameters of the corn grinder and assessment of its impact on the productivity of sheep and goats	181

SOCIAL AND ECONOMIC SCIENCES

Mamatov A. Synergistic Integration of Machine Learning and Digital Signal Processing in Embedded Systems: A Comprehensive Review and Hardware-Software Co-Design Analysis (2018–2026)	186
Rustamova M.M. Innovative approaches to supply management and marketing of ceramic products enterprises in the context of labor market transformation	191
Zakirova Z.T. Improving the management of financial flows and sales in the context of innovative development	195

SHORT MESSAGES

Khaydarov Z., Sharobidinov A. Sh., Khalilova G.A., Ashuraliyeva I.M. Characteristics of a superfine gas discharge cell with a semiconductor electrode	201
Abdullaeva M.M., Turdiyev M. Machines and equipment of the preparation shop	204
Berdiyeva R.A., Nazarova M. Optimal methods of placing details when designing women's outerwear from fabrics with asymmetric rapport	207
Mamatqulova S.R. Changing the appearance of sewing products as a result of heating in manufacturing enterprises	210
Kurbanbayev E.B., Boltayev F.B., Toshmirzayev Q.O. Results of a study of the effect of the gap between the long-pile drums of a cotton picker on its cleaning efficiency	213
Yuldasheva D.B. Preparation of weaving threads in the production of thin fabrics from natural silk	216
Sulaymanov A.M. Effect of hydraulic resistance of a wet gas scrubber on the cleaning efficiency	218
Muminov J.A., Khurmamatov A.M. Classification and comparative analysis of air-cooled heat exchangers .	221
Ergashev M.M., Vakhobov A.A. Microstructure of moisture-resistant autoclaved aerated concrete and its effect on moisture resistance	224
Mirzajanov M.A., Vakhobov A.A. Increasing moisture resistance of autoclaved aerated concrete through the use of hydrophobic agents in production technology	227
Rahimov U.O., Kuziboev Sh.Sh. Properties of flexible concrete and its significance in the construction industry	229
Oxunov Sh.O., Axunov O.T. Application of robot technologies in agriculture	231
Batirova R.B., Quchqarova M.M. Mechanisms for promoting investments in renewable energy through blockchain technology	234
Ashurmatova N.A. Modern trends in language use in uzbek digital media	236
Khamrakulova S.F. Emotional vocabulary in digital communication: the expression of emotions through text messages and emojis	239
Ergashov Q.M. The role and significance of cosmic influences on product quality indicators	241
Sattarova B., Boltabayeva M. Application of the chemical composition of meat and meat products	244
Tuhktashev F.E. Effect of the application method, timing, and rates of the “UNI-AGRO” complex fertilizer on cotton yield	246
Madaminova G.M. The use of paremiological units in political discourse	249
Sarimsakov B.R., Ismatullayev K.K., Mirzaabdullayev R.A., Atajanova D.Kh. Enhancing mechanisms for improving the efficiency of financial resource utilization in small business entities of namangan region	253
Usmanova G.B., Khamdamov A.M. Prospects for the reuse of used humid air	256
Information to the authors !	260

ОСОБЕННОСТИ РАБОТЫ ИОНИЗАЦИОННОЙ СИСТЕМЫ С ФОТОПРИЁМНИКОМ ИЗ АРСЕНИДА ГАЛЛИЯ

З. Хайдаров, Г.А. Халилова, И.М. Ашуралиева, А.Ш. Шаробиддинов

Ферганский государственный университет,

E-mail: zokir_nursuh@mail.ru

(Получена 10.03.2026 г.)

Annotatsiya: yarimo'tkazgichli fotoelektrod va ikkala tomonida tokni qayd qiluvchi kontrelektrodga ega o'ta yupqa (10 dan 100 μm gacha qalinlikdagi) gaz razryadi oralig'idan iborat fotosezgir gaz razryadli tizim noyob obyektidir. Tizimning voltampere xarakteristikalarini o'rganish shuni ko'rsatadiki, fotoelektrodning ishlov berilgan yuzasi tizimdagi fototokning barqarorligiga sezilarli darajada ta'sir qiladi. Gaz razryadi oralig'ining va gaz bosimining ortishi elektr teshilish kuchlanishining ortishiga olib kelishi, xususan, Paschen grafigiga mos kelishi aniqlangan.

Tayanch so'zlar: o'ta yupqa gaz-razryadli yacheyka, fotoelektrod, voltamper xarakteristika, ishlov berilgan fotoelektrod yuzasi.

Аннотация: светочувствительная газоразрядная система, состоящая из сверхтонкого (толщина от 10 до 100 мкм) газоразрядного промежутка, имеющая с двух сторон полупроводникового фотоэлектрода и токорегистрирующего контрэлектрода, является уникальным объектом. Исследование вольтамперной характеристики системы показывает, что обрабатываемая поверхность фотоприёмника сильно влияет на стабильность фототока в системе. Установлено, что увеличение газоразрядного зазора приводит, по существу, к увеличению напряжения пробоя, как и изменение давления газа, что соответствует кривой Пащенко.

Ключевые слова: сверхтонкая газоразрядная ячейка, фотоэлектрод, вольтамперная характеристика, обработанная поверхность фотоэлектрода.

Abstract: a photosensitive gas-discharge system consisting of an ultra-thin (10 to 100 μm thick) gas-discharge gap with a semiconductor photoelectrode and a current-detecting counterelectrode on both sides is a unique object. A study of the system's current-voltage characteristics shows that the processed surface of the photodetector significantly influences the stability of the photocurrent in the system. It has been established that increasing the gas-discharge gap essentially leads to an increase in breakdown voltage, as does a change in gas pressure, which corresponds to the Paschen curve.

Keywords: ultra-thin gas-discharge cell, photoelectrode, current-voltage characteristic, treated photoelectrode surface.

Введение

Влияние распределённого сопротивления для стабильности работы системы «полупроводник-плазма газового разряда» заключается в демпфирующем свойстве сопротивления фотоприёмника при возникновении положительных флуктуаций разрядного тока. При этом часть напряжения на разряде перераспределяется на полупроводник и тем самым гасит положительную флуктуацию (отрицательная обратная связь). По поводу механизма этого процесса и его количественных закономерностей существуют две различные точки зрения и различные количественные критерии устойчивости.

В работе [1, 2] на основе расчёта с рассмотрением токовых неустойчивостей было показано, что именно они определяют шнурование разрядного тока. В качестве условия стабилизации фигурирует следующее соотношение

$$R_{\text{п/п}} \geq R_{\text{пл}} \quad (1)$$

где $R_{\text{п/п}}$ – сопротивление полупроводника (на единицу площади поверхности), $R_{\text{пл}}$ – сопротивление плазмы, величина, определяемая отношением $U_{\text{пл}}/j$ (напряжение на разряде к плотности разрядного тока). Умножая правую и левую части неравенства (1) на плотность тока j , получим условие стабилизации в виде:

$$U_{\text{п/п}} \geq U_{\text{пл}} \quad (2)$$

где $U_{п/п}$ – падение напряжения на полупроводнике, $U_{пл}$ – падение напряжения в плазме газового разряда.

Из (2) непосредственно следует неравенство для предельного значения удельного объёмного сопротивления полупроводника

$$\rho \geq U_{пл} / j^L \quad (3)$$

Из него видно, что по мере уменьшения разрядного j^L тока требуется все большая величина ρ , и стабильности имеет нижнюю по напряжению границу.

Согласно другой точке зрения [3, 4], феноменологическое рассмотрение ВАХ для стабильности приводило к следующему критерию

$$\rho_{п/п} \geq \frac{R_{од}}{L}, \quad (4)$$

где $R_{од}$ – отрицательное дифференциальное сопротивление газоразрядной ячейки с тем же межэлектродным расстоянием L и параметрами газового заполнения, но без распределённого сопротивления. Условие (4) не зависит от величины тока и в общем в значительной степени аналогично условию монотонности вольтамперной характеристики для сосредоточенного элемента, содержащего отрицательное дифференциальное сопротивление, включённое последовательно с резистором. Различие заключается в определении и физической сущности параметра $R_{од}$ и распространяется только на один вид нестабильности тока, а именно его шнурование. Величину $R_{од}$ следует рассматривать как некий экспериментально определяемый параметр, зависящий от состояния и эмиссионной способности поверхности электродов.

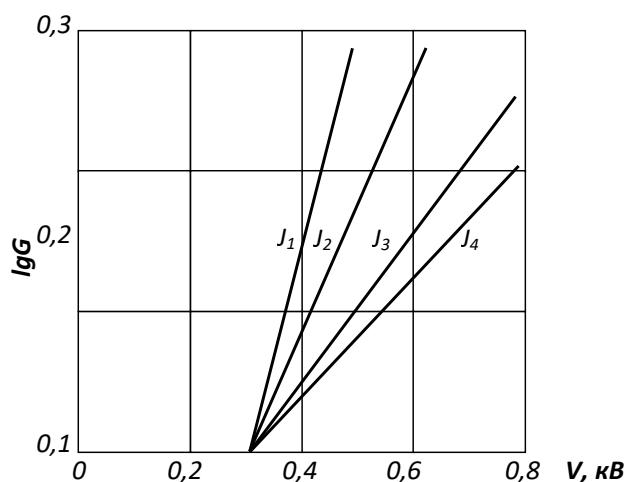


Рис. 1. Вольтамперные характеристики (ВАХ) ионизационной системы с фотоприёмником из арсенида галлия при разных значениях интенсивности света J ($J_1 > J_2 > J_3 > J_4$).

Таким образом, общие закономерности устойчивости разряда в полупроводниковых фотографических системах ионизационного типа, определяемые указанными двумя критериями, качественно различны и, в принципе, поддаются экспериментальной проверке.

Целью настоящей работы заключается в том, что изучить особенности ионизационной системы с фотоприёмником из GaAs, при этом мы выполнили ряд экспериментальных работ, результаты которых приведены ниже.

Экспериментальные результаты

На рис. 1 приведена серия ВАХ системы с распределённым сопротивлением полупроводника 10^7 Ом·см. Кривые сняты при разных интенсивностях освещения полупроводника и с визуальным контролем однородности свечения газоразрядного зазора. Здесь во всех случаях свечение было строго однородным, начиная с самых малых регистрируемых величин тока. Величина сопротивления освещённого полупроводника меняется в пределах $5.6 \cdot 10^4 \div 2.2 \cdot 10^5$ Ом.

Таким образом, при данных условиях, в широкой области изменения $\rho_{п/п}$ минимальный ток срыва стабильности отсутствует. Это подтверждается результатами исследований ВАХ [5].

При определении экспериментальных условий стабильности работы системы было выяснено, что ход ВАХ зависит от состояния поверхности, обращённой к разряду, а также от качества полупрозрачного электрода на поверхности полупроводника. На рис. 2 приведена серия ВАХ при разной освещённости фотоприёмника из арсенида галлия с «плохо обработанной разрядной» поверхностью – нелинейности ВАХ. После тщательной обработки (полировка) нелинейности исчезали (рис. 1 – ВАХ того же образца после полировки и напыления нового прозрачного электрода из никеля).

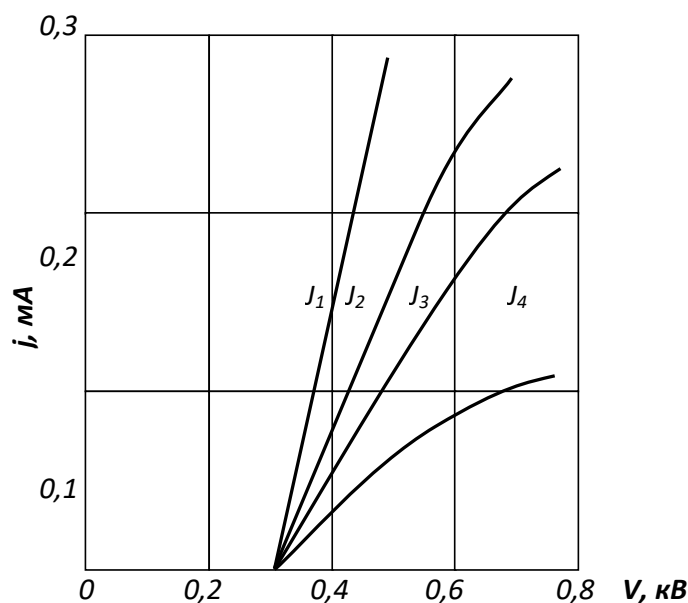
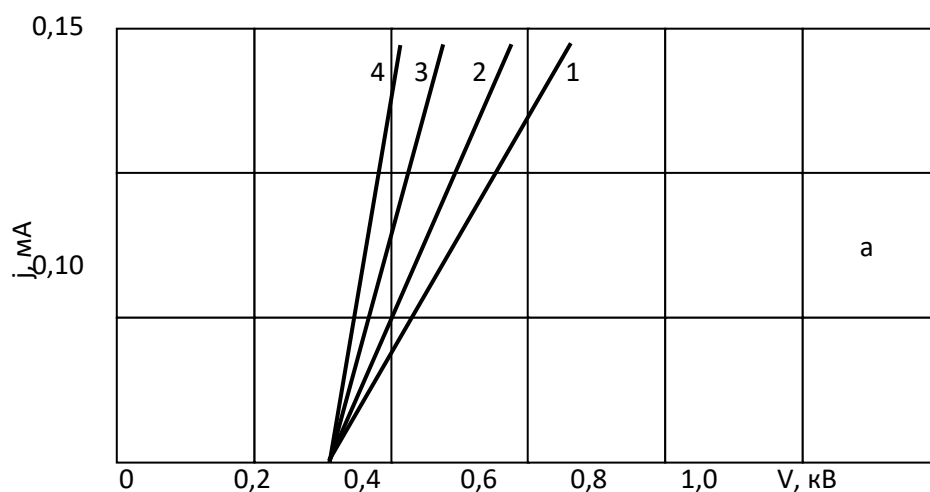


Рис. 2. ВАХ ионизационной системы (фотоприемник из арсенида галлия с необработанными поверхностями) при разных интенсивностях освещения J ($J_1 > J_2 > J_3 > J_4$).

На рис. 3 (а, б, в) приведены ВАХ того же образца при разных значениях интенсивности освещения и давления воздушного заполнения ионизационной камеры. Длина воздушного зазора составляет 40 мкм. Порог пробойного напряжения растёт с давлением и соответствует возрастающей ветви кривой Пашена.



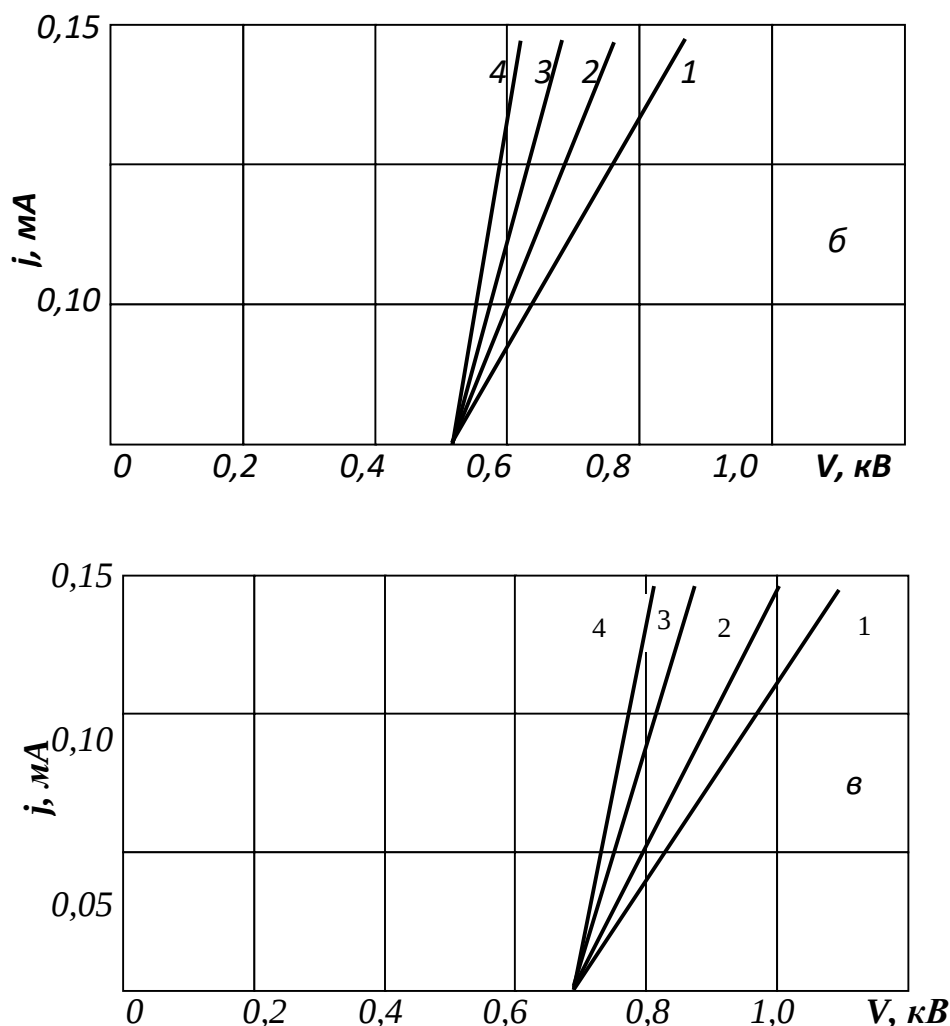


Рис. 3. ВАХ ионизационной системы для разных значений давления воздуха “ p ” в камере и разных интенсивностях освещения J . “ p ” равно: а-100 Тор, б-500 Тор, в-760 Тор. J равно: 1- $4 \cdot 10^{-5}$ Вт/см², 2- 10^{-5} , 3- $5 \cdot 10^{-4}$, 4- 10^{-4} .

Выводы

Как видно из приведённых ВАХ системы «полупроводник-плазма газового разряда» от давления практически не зависит. Во всех диапазонах изменение тока при разных значениях давления, вплоть до атмосферного, наблюдалось стабильное и равномерное по поверхности свечение газоразрядного промежутка и отсутствие шнурования и других видов неустойчивости разряда.

В работе также установлено, что увеличение газоразрядного зазора приводит, по существу, к увеличению напряжения пробоя, как и изменение давления газа, что соответствует кривой Пашена. Наблюдается общее уменьшение тока, связанное с возрастанием пробивного напряжения. Исследованы ВАХ системы с фотоприёмником из арсенида галлия при разных значениях толщины полупроводника. При толщине полупроводника 300 мкм напряжённость поля в полупроводнике после пробоя достигает $4 \cdot 10^4$ В/см, система выходит из стабильного режима. В частности, на пластинах арсенида галлия толщиной 0,3 см – при напряжении $V=1,2$ кВ отмечено следующее: после включения напряжения в течение $10 \div 15$ с имеет место стабильная работа системы, а затем период стабильной работы сокращается. Все это может быть связано с тепловой неустойчивости в полупроводнике.

В заключение мы выражаем свои благодарности нашему научному руководителю, доценту кафедры «Физика», док. физ.-мат. наук З. Хайдарову.

Список литературы

- [1]. З. Хайдаров. Дис. канд. физ.-мат. наук. ФТИ им. А.Ф.Иоффе АН России. 1986. – 225 стр.
- [2]. Л.Г. Парицкий. Особенности фототока в полупроводнике с плазменными контактами. Депонированная статья в ВИНТИ.: №4902 –82. Москва. – 14 стр.
- [3]. Арсенид галлия. Получение, свойства и применение. Под ред. Кесаманлы Ф.П., и Наследова Д.Н. – М.: Наука, 1973, - 471 с.
- [4]. Милнс А. Примеси с глубокими уровнями в полупроводниках. – М.: Мир, 1977, - 562 с.
- [5]. З. Хайдаров. Дис. док. физ.-мат. наук. НИИ Физики полупроводников и микроэлектроники при Национальном университете Узбекистана. 2022. – 220 стр.

УДК 549.47

ON A METHOD OF SOLVING BOUNDARY VALUE PROBLEMS FOR SYSTEMS OF PARABOLIC EQUATIONS DEGENERATING AT THE BOUNDARY OF A DOMAIN

A. Abdurazakov, Z.O. Arziqulov*

Fergana State Technical University

*Corresponding author, e-mail: abdurazakovabdujabbor46@gmail.com

(Received on March 10 th, 2026)

Abstract. This paper examines systems of quasi-linear parabolic equations degenerating on the boundary of a domain, which arise in gas filtration problems. Based on the method of lines and the differential sweep method, a numerical algorithm has been developed. A model problem of gas filtration in hydrodynamically interconnected two-layer reservoirs is considered.

Keywords: parabolic, degenerating, equation, method of lines, sweep method, filtration, in formations, numerical, algorithm.

Annotatsiya. Ushbu maqolada gaz filtratsiyasi masalalarida yuzaga keladigan, soha chegarasida degeneratsiyalanuvchi kvazichiziqli parabolik tenglamalar sistemalari o'rganilgan. To'g'ri chiziqlar usuli va differensial haydash usuli asosida sonli algoritm ishlab chiqilgan. Gidrodinamik jihatdan o'zaro bog'langan ikki qatlamli kollektorlarda gaz filtratsiyasining model masalasi ko'rib chiqilgan.

Tayanch so'zlar: parabolik, degeneratsiyalanuvchi, tenglama, to'g'ri chiziqlar usuli, haydash usuli, filtratsiya, qatlamlarda, sonli, algoritm.

Аннотация. В данной статье исследуются системы квазилинейных параболических уравнений, вырождающихся на границе области, возникающие в задачах фильтрации газа. На основе метода прямых и метода дифференциальной прогонки разработан численный алгоритм. Рассмотрена модельная задача фильтрации газа в гидродинамически взаимосвязанных двухслойных пластах.

Ключевые слова: параболический, вырождающийся, уравнение, метод прямых, метод прогонки, фильтрация, в пластах, численный, алгоритм.

1. Introduction. The study of partial differential equations of parabolic type that degenerate on the boundary of the domain is motivated by their application to gas and fluid filtration problems in multilayered reservoirs. Boundary value problems for parabolic equations have been extensively studied in the literature.

In [7], the existence and uniqueness of solutions to boundary value problems for non-degenerate parabolic equations are established. In [1], the solvability of the first boundary value problem for degenerate parabolic equations is proven. In works [4, 6], finite-difference models are used to obtain approximate solutions to the first boundary value problem for parabolic equations, and the convergence of these solutions is demonstrated. Specifically, in [6], the Cauchy problem for a quasi-linear nonlinear parabolic equation is considered. By applying the method of lines with respect to the variable xx , a theorem on the existence and uniqueness of the solution is proven by passing from an approximate to an exact solution as the step size tends to zero.

The present work is devoted to the study of a new class of degenerate parabolic equations that describe gas filtration processes in hydraulically interconnected two-layer reservoirs [9]. A

distinctive feature of these problems is that each equation in the system contains a "main" unknown function, which determines the structure of the entire system.

Based on the method of lines combined with a modified differential sweep method, a numerical scheme has been developed and an algorithm constructed for solving gas filtration problems in hydraulically interconnected reservoirs.

2. Problem Statement. Find in the domain $\overline{\Omega} = \{0 \leq x \leq 1, 0 \leq z \leq 1, 0 \leq t \leq T\}$ the curvature of the function $U(x, t)$ u $V(x, z, t)$ satisfying the system of equations in Ω .

$$\begin{cases} \frac{1}{m(x)} \frac{\partial}{\partial x} (k(x) \frac{\partial u}{\partial x}) = M(x, t, u) \frac{\partial u}{\partial t} + A(x) k_1(z) \frac{\partial v}{\partial z} \Big|_{z=1} \\ \frac{1}{m_1(z)} \frac{\partial}{\partial z} (k_1(z) \frac{\partial V}{\partial z}) = M_1(z, t, V) \frac{\partial V}{\partial t} \end{cases} \quad (1)$$

And with the initial

$$u(x, 0) = \varphi(x), \quad V(x, z, 0) = \psi(x, z), \quad (x, z) \in \{0 \leq x \leq 1, 0 \leq z \leq 1\}$$

and boundary conditions

$$k(x) \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=0} + c_0 u(x, t) \Big|_{x=0} = \gamma_0 \quad (2)$$

$$k(x) \frac{\partial u}{\partial x} \Big|_{x=1} + c_1 u(x, t) \Big|_{x=1} = \gamma_1 \quad (3)$$

$$k_z(x) \frac{\partial V}{\partial z} \Big|_{z=0} = 0 \text{ если } \int_0^1 \frac{dz}{k_1(z)} dz < +\infty \quad (4)$$

$$u(x, t) = V(x, 1, t). \quad (5)$$

The conditions at $z = 0$ are replaced by the condition

$$|V(x, z, t)|_{t=0} < +\infty \quad (6)$$

if $\int_0^1 \frac{dz}{k_1(z)} dz = \infty$, a $\int_0^1 \frac{\int_0^8 m_1(\xi) d\xi}{k_1(z)} dz < \infty$ where $k(x), m(x)$ $x \in [0, 1]$, $M(x, t, u) \geq m_0$, and

$M(x, t, u)$ given function in $\{0 \leq x \leq 1, 0 \leq t \leq \tau, |u| < +\infty\}$, $k_i(z), m_1(x) > 0, z \in [0, 1], k_1(0) = 0$, $k_1(z)$ and $m_2(z)$ given positive $z > 0$. $M_1(z, t, v) \geq m_1 > 0$ given function in domain $\{0 \leq z \leq 1, 0 \leq t \leq 1, |V| < +\infty\}$, $\varphi(x)$ и $\varphi_1(x, z)$ - are given functions in $\{0 \leq x \leq 1, 0 \leq z \leq 1\}$.

3. Method of Solution. For the numerical solution of problem (1)-(6) we will cover $\overline{\Omega}$ with the lines $t = t_j$ where $t_j = j\tau, \varepsilon > 0, j = \overline{0, N}; N = \left\lceil \frac{T}{\tau} \right\rceil$. Let's denote $u(x, t_j) = u_j(x), V(x, z, t_j) = V_j(x, z)$ τ - the step in time.

We approximate problems (1)-(6) by the following differential-difference problem

$$\begin{cases} \frac{1}{m(x)} \frac{d}{dx} (k(x) \frac{du_j}{dx}) = M_1(x, t_j, u_{j-1}) \delta_t u_j + A(x) k_1(z) \frac{\partial V_j}{\partial z} \Big|_{z=1} \\ \frac{1}{m_1(z)} \frac{\partial}{\partial z} (k_1(z) \frac{\partial V_j}{\partial z}) = M_1(z, t_j, V_{j-1}) \delta_t V_j, \quad j = \overline{1, N} \end{cases} \quad (7)$$

With initial $u_0(x) = \varphi(x), V_0(x, z) = \psi(x, z)$ and boundary conditions

$$k(x) \frac{du_j}{dx} \Big|_{x=0} + c_0 u_j(x) \Big|_{x=0} = \gamma_0 \quad (9)$$

$$k(x) \frac{du_j}{dx} \Big|_{x=1} + c_1 u_j(x) \Big|_{x=1} = \gamma_1 \quad (10)$$

$$k_1(z) \frac{dv_j}{dz} \Big|_{z=0} = 0, \text{ if } \int_0^1 k_1^{-1}(z) dz < +\infty \quad (11)$$

$$u_j(x) = V_j(x, 1), \quad j = \overline{1, N} \quad (12)$$

where $\delta_t U = \frac{U_j - U_{j-1}}{\tau}$ τ – the step in time.

Problems (7) - (12) are linear with respect to $u_j(x)$, $V_j(x, t)$, $j = \overline{1, N}$. It is solved sequentially, from layer to layer, starting with $j = 1$, and each time we arrive at a system of ordinary differential equations, the solution of the corresponding boundary value problem has a unique solution [9], similar to the solution of systems of ordinary differential equations by the modified differential sweep method [2, 8]:

$$k(x) \frac{du_j}{dx} = \alpha_j(x) u_j(x) + \beta_j(x), \quad u_j(1) = \frac{\gamma_1 - \beta_j(1)}{\alpha_j(1) + c_1} \quad (13)$$

$$k_1(z) \frac{dV_j}{dz} = d_j(z) V_j(x, z) + \delta_j(x, z), \quad u_j(x) = V_j(x, 1), \quad j = \overline{1, N} \quad (14)$$

The sweep functions $\alpha_j(x)$, $\beta_j(x)$, $d_j(x)$, $\delta_j(x, z)$ - will be determined by the direct sweep.

Direct sweep:

Since $k_1(0) = 0$ it is advisable to determine the functions $d_j(x)$ and $\delta_j(x, z)$ in domain $\{0 \leq x \leq 1, 0 < z \leq \varepsilon\}$ using the formulas [13]

$$d_j(z) = \frac{1}{z_j(z)} \int_0^z m_1(\xi) \frac{M_1(\xi, t_j, V_{j-1})}{\tau} d\xi, \quad j = \overline{1, n} \quad (15)$$

$$\delta_j(x, z) = \frac{1}{z_j(z)} \int_0^z \left(-\frac{M_1(\xi, t_j, V_{j-1})}{\tau} V_{j-1} \right) m_1(\xi) d\xi, \quad j = \overline{1, N} \quad (16)$$

ε - is a small positive number.

To determine $Z_j(z)$ - we consider the integral equation

$$Z_j(z) = 1 + \int_0^z \frac{\int_0^u m_1(\xi) M(s, t_j, V_{j-1}) ds}{k_1(u)} du, \quad j = \overline{1, N} \quad (16 a)$$

this integral equation has a unique solution, which can be shown using contraction mappings.

$z_j(z) = \sum_{i=0}^{\infty} \sigma_{ij}(z_i)$ the convergence of which follows from the principle of contraction mappings. The terms of the series are determined by recurrence relations.

$$\sigma_{j0}(z) = 1, \quad \sigma_{jn}(z) = \int_0^z \frac{\int_0^h m_1(\xi) \frac{M_1(z, t_j, V_{j-1})}{\tau} \sigma_{j, n-1}(\xi) d\xi}{k_1(\eta)} d\eta$$

uniform convergence follows from contraction mappings. By induction

$$0 \leq \sigma_{jn}(z) \leq \frac{\sigma_j(z)}{n!}, \quad \sigma_j(z) = \int_0^z \frac{\int_0^h m_1(\eta) \frac{M_1(z, t_j, V_{j-1})}{\tau}}{k_1(\eta)} d\eta \quad j = \overline{1, N}$$

$\sigma_j(z)$ - s an absolute and monotonically increasing function, and $\sigma_j(0)=0$, in the recurrence state, it is advisable to apply the method of weakening singularities.

On the segment $[\varepsilon,1]$ knowing $d_j(z)$ and $\sigma_j(x,t)$ is determined by the numerical solution of the system

$$\begin{aligned} d'_j(z) &= \frac{M_1(z, t_j V_{j-1})}{\tau} m_1(z) - \frac{d_j^2(z)}{k_1(z)} \\ \delta'_j(x, z) &= -\frac{M_1(z, t_j V_{j-1}) V_{j-1}}{\tau} m_1(z) - \frac{d_j(z) \delta_j(x, z)}{k_1(z)} \end{aligned}$$

with the condition

$$\alpha_j(z)|_{z=0} = \alpha_j(\delta), \delta_j(x, z)|_{z=\varepsilon} = \delta_j(x, 0) \quad j = \overline{1, N}$$

after calculating $d_j(z)$ and $\delta_j(x, t)$ with the Runge-Kutta method we construct the functions $\alpha_j(x)$ and $\beta_j(x)$ using the systems of equations

$$\begin{aligned} \alpha'_j &= \left(\frac{M(x, t_j, u_{j-1})}{\tau} + A(x) d_j(1) \right) m(x) - \frac{\alpha_j^2}{k(x)} \quad j = \overline{1, N} \\ \beta'_j &= \left(-\frac{M(x, t_j, u_{j-1}) u_{j-1}}{\tau} + A(x) \delta_j(x, 1) \right) m(x) - \frac{d_j(x) \beta_j(x)}{k(x)} \end{aligned}$$

with the initial condition $\alpha_j(0) = c_0$, $\beta_j(0) = \gamma_0$

Reverse Sweep:

First, consider the equation in the form

$$\frac{du_j}{dx} = \frac{\alpha_j(x) u_j(x) + \beta_j(x)}{k(x)}, \quad j = \overline{1, n}$$

It has no singularities on the segment $[0,1]$ and we construct the solution under the new condition

$$u_j = \frac{\gamma_1 - \beta_0(1)}{\alpha_j(1) + c_1} \quad j = \overline{1, n}$$

Equations

$$\frac{dV_j}{dz} = \frac{d_j(z) V_j(z) + \delta_j(x, z)}{K_1(z)}$$

at $z = 0$ has singularities

$$\frac{d_j(z)}{K_1(z)} \frac{\delta_j(x, z)}{K_1(z)} \quad j = \overline{1, N}$$

Here, two cases are distinguished

1. Let the limit

$$\lim_{z \rightarrow +0} \frac{\int_0^z m_1(\xi) \frac{M_1(\xi, t_j, V_{j-1})}{\tau} d\xi}{K_1(z)} \quad (17)$$

be finit.

Then from (16 a), considering the monotonicity of $Z_j(z)$ and using the Granul-Bellman inequality, we get

$$1 \leq Z_j(z) \leq \exp(\sigma_j(z))$$

Then after some calculations we have

$$\lim_{z \rightarrow 0} \frac{d_j(z)}{K_1(z)} = \lim_{z \rightarrow 0} \frac{\int m_1(z) \frac{M_1(z, t, V_{j-1})}{\tau} d\xi}{K_1(z)}$$

using L'Hôpital's rule we have

$$\lim_{z \rightarrow 0} \frac{\delta_j(x, z)}{K_1(z)} = \frac{\delta_j(x, 0)}{M_1(z, t, V_{j-1})} \lim_{z \rightarrow 0} \frac{\int_0^z m_1(\xi) \frac{M_1(z, t, V_{j-1})}{\tau} d\xi}{K_1(z)}$$

If (17) does not exist, then the solution $V_j(x, z)$ first, we will construct it in the following domain $\{0 \leq x \leq 1, \varepsilon \leq z \leq 1\}$ then we determine it using the formulas

$$V_j(x, t) = \left(\frac{V_j(x, \delta)}{z_j(\delta)} - \int_0^z \frac{\delta_j(x, t) d\xi}{K_1(\xi) z_j(\xi)} \right) z_j(z) .$$

4. Results of Numerical Experiments. We investigate the unsteady inflow to perfectly vertical wells drilled in a highly permeable layer. The movement of the layered formation will be described by a system of partial differential equations.

$$\begin{cases} \frac{\partial}{\partial x} (K_2(x) \frac{\partial u_2^2}{\partial x}) - AK_1(z) \frac{\partial u_1^2}{\partial z} \Big|_{z=H_1} = 2m_2 \mu \frac{\partial u_2}{\partial z} \\ \frac{\partial}{\partial x} (K_1(z) \frac{\partial u_1^2}{\partial z}) = 2m_1 \mu \frac{\partial u_1}{\partial t} \end{cases} \quad \{0 < x < l, \quad 0 < z < H_1, \quad 0 < t \leq T\}$$

with the initial condition

$$u_2(x, 0) = u_1(x, z, 0) = u_0 = const, \quad 0 \leq x \leq 1, \quad 0 \leq z \leq H_1 .$$

And with boundary conditions

$$\begin{aligned} b_0 H_1 \frac{K_2(x)}{\mu} \frac{u_2}{u_{am}} \frac{\partial u_2}{\partial x} \Big|_{x=0} &= Q(t) \\ K_2(x) \frac{\partial u_2}{\partial x} \Big|_{x=1} &= 0 \\ u_2(x, t) &= u_1(x, H_1, t) \end{aligned}$$

where $A = \frac{1}{H_2}$.

Here u_0 - is the initial distribution of formation pressure $K_1(z)$ and $K_2(x)$ - are the permeabilities of the first and second formations, H_1 , H_2 - are the thicknesses of the formations, $Q(t)$ - is the daily flow rate of the galleries, and b_0 - is the width of the formation.

For numerical implementation, we move to dimensionless variables using the formulas

$$\xi = \frac{x}{l}, \quad \eta = \frac{z}{H_1}, \quad P_i = \frac{u_i}{u_0}, \quad i = 1, 2$$

$$K_1^*(\eta) = \frac{K_1(z)}{K_{xop}}, \quad K_1^4(\xi) = \frac{K_2(x)}{K_{xop}}$$

$t^* = \frac{K_{xop} \cdot u_0}{2M_2 \mu l^2} t$ K_{xop} - is the characteristic permeability of the formation.

We will carry out the calculations with the following data:

$$K_2(z) = 0.01 \sqrt{\frac{z}{H_1}} \partial \text{apcu}$$

$$u_0 = 150 \text{ ат}; \quad m_1 = 0,01; \quad m_2 = 0.02$$

$$\mu = 0,01 \text{ снз}, \quad K_1 = 2(2 - \frac{x}{l}) \partial \text{apcu}$$

$$Q = 10^5 \text{ м}^3 / \text{сут}, \quad b_0 = 50 \text{ м}, \quad H_1 = 200 \text{ м}, \quad H_2 = 50 \text{ м}$$

The accuracy of the numerical values of the pressure field is controlled by the balance equation, which is applicable to this problem

$$P_{cp}(t^*) = \int_0^1 P_2(\xi, t^*) d\xi = P_{cp}(0) - \frac{u^* t^*}{2} - \int_0^{t^*} q_1(\tau) d\tau$$

$$q_1(\tau) = A^* \int_0^1 K_1^*(\xi) \frac{\partial P_1(\xi, 1, t^*)}{\partial \xi} d\xi, \quad A^* = \frac{L^2}{H_1 H_2}.$$

1-table

t^*	3.24			32.4			64.8		
ξ	0	0.5	1	0	0.5	1	0	0.5	1
η									
1	0.9868	0.9860	0.9899	0.8868	0.8893	0.8904	0.7757	0.7757	0.7758
0.5	0.9872	0.9890	0.9901	0.8871	0.8896	0.8907	0.7761	0.7789	0.7802
0	0.9874	0.9894	0.9903	0.8873	0.8898	0.8809	0.7763	0.7751	0.7804
P_{cp}	0.988765			0.889249			0.778744		
$\int_0^1 P_2(\xi, t^*) d\xi$	0.988738			0.889020			0.778744		
$q_1(t^*)$	$0.44200 \cdot 10^{-1}$			0.44517			0.89182		
$K_n(t^*)$	0.6630			0.6670			0.6680		

From the table $\int_0^1 P_2(\xi, t^*) d\xi = 0.778261$, $P_{cp} = 0.78744$. It is seen that the discrepancy between the exact and approximate values does not exceed 0,05% at $t^* = 64.8$

4. Conclusion. This paper studies systems of degenerate parabolic equations that arise when solving natural gas filtration problems in two-layer reservoirs. Based on the method of lines in combination with the modified differential sweep method, a numerical scheme has been developed, and solutions to the system have been obtained for solving gas filtration problems in hydraulically interconnected two-layer reservoirs. Numerical schemes were proposed, and tables were analyzed for solving practical problems. The results of the calculations provide grounds to believe that the obtained pressure field is close to the true one.

References

- [1]. Abrashin, V. N. Ob odnom sposobe realizatsii metoda pryamykh // Doklady AN BSSR. - 1997. Volume 14, № 19. -p. 790–793.
- [2]. Babushka, N., Vitasek, E., Grager, N. Chislennye protsessy resheniya differentsial'nogo uravneniya // Moskva: Mir. -1969.
- [3]. Baklonovskaya, V. F. Issledovanie metoda setok dlya parabolicheskikh uravnenii s vyrozhdeniem //Zhurnal Vychislitel'noi Matematiki i Matematicheskoi Fiziki. - 1977. Volume 17, № 6. -p. 1458–1473.
- [4]. Merts, R., Rivkind, V. Ya. Konechno-raznostnoi metod resheniya vyrozhdnykh ellipticheskikh i parabolicheskikh uravnenii// Doklady AN SSSR. - 1967. Volume 4.
- [5]. Khantush, M. S. Novoe v teorii peretekaniya. In Voprosy gidrodinamicheskikh raschetov // Moskva: Mir. -1964.

- [6]. Yakovlev, M. N. Ravnornernaya skhodimost' metoda pryamykh v sluchae pervoi kraevoi zadachi dlya nelineinogo parabolicheskogo uravneniya vtorogo poryadka // Zapiski nauchnykh seminarov LOMI AN SSSR. - 1977. Volume 70. –p. 232–240.
- [7]. Ladyzhenskaya, O. A., Solonnikov, V. A., Uraltseva, N. N. Lineinye i kvazilineinye uravneniya parabolicheskogo tipa // Moskva: Nauka. -1967.
- [8]. Abdurazakov, A., Makhmudova, N., Mirzamaxmudova, N. On one method for solving degenerating parabolic systems by the direct line method with an appendix in the theory of filtration // European Journal of Research Development and Sustainability. -2021. , Volume 2, № 5. –p. 138–140.
- [9]. Abdurazakov, A., Makhmudova, N., Mirzamaxmudova, N. Chislennoe reshenie metodom pryamykh integrala differentsirovaniya uravnenii, svyazannykh s zadachami fil'tratsii gaza// *Universum: Tekhnicheskie nauki.* - 2020. Volume 7, № 76. –p. 32–35.

AN ANALYSIS OF THE PARAMETERS OF LASER CUTTER WEAR PREVENTION ON TURNING MACHINES

Sh.N. Fayzimatov, J.S. Xomidov, E.V. Koraboev

Fergana state technical university,
Jumadillokhomidov95@gmail.com tel: 910428098
(Received on March 10 th, 2026)

Annotatsiya. Today, the most familiar phenomenon for anyone engaged in metalworking is cutting errors. Cutting refers to everything associated with the penetration of the tool into the cutter during machining a part or workpiece, as well as the collision of the working parts of the machine during metal processing. Accordingly, the cutter insertion error is a violation of the conditions stipulated in the machining process. The frequency of such errors can vary greatly and depends on many factors - the qualifications of employees, the organization of production processes, the size of the batch of manufactured parts.

Keywords: Laser device, steel, cutter, part, lathe, vibration.

Аннотация. Можно с уверенностью сказать, что сегодня ошибки резания очень знакомы каждому, кто занимается обработкой металла. Под резанием понимается все, что связано с проникновением инструмента в резец при обработке детали или заготовки, а также с столкновением рабочих частей станка при обработке металла. Соответственно, ошибка ввода резца является нарушением условий, предусмотренных в процессе обработки. Частота возникновения таких ошибок может быть весьма различной и зависит от многих факторов - от квалификации персонала, организации производственных процессов, размеров выпущенных партий деталей.

Ключевые слова: Лазерное устройство, сталь, резец, деталь, токарный станок, вибрация.

Annotation. Bugun kunda metallga ishlov berish bilan shug'ullanadigan har bir kishi uchun juda tanish bo'lgan narsa - kesish xatolari deb aytsak adashmagan bo'lamiz. Kesish deganda asbobning qismga yoki zagatovkaga ishlov berishda kesgichni kirib borishi, shuningdek, metallga ishlov berish paytida dastgohning ishchi qismlarining to'qnashuvi bilan bog'liq bo'lgan barcha narsalar tushuniladi. Shunga ko'ra, kesgichni kiritish xatosi ishlov berish jarayonida nazarda tutilgan shartlarning buzilishi hisoblanadi. Bunday xatolarning paydo bo'lish chastotasi juda boshqacha bo'lishi mumkin va ko'plab omillarga bog'liq - xodimlarning malakasiga, ishlab chiqarish jarayonlarini tashkil etishga, ishlab chiqarilgan qismlar partiyasining hajmlariga bog'liq bo'ladi.

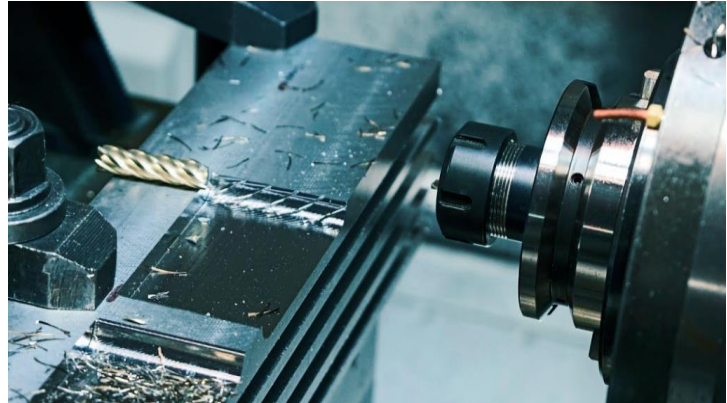
Tayanch so'zlar: Lazer qurilma, po'lat, keskich, detal, tokarlik dastgoh, tebranish (vibratsiya).

Incorrect storage of tools. Incorrect, careless processing of the tool often leads to a change in its geometric dimensions (deviations, curvatures, etc.) or a change in the physical properties of the material, which leads to errors during cutting. For example, uneven protrusion edges in the part lead to a hole larger than the part's diameter, and the load on the machine spindle increases. The same can be observed in a bent position. Incorrect installation of the tool in the holder or selection of an incorrect cutting mode can lead to overheating, partial or even complete destruction of the cutting part, which also inevitably leads to damage to the processed part. Of course, incorrectly installed parts are also processed with errors and rejected. Choosing a cutting tool. There are cases when the operator relies more on experience than on working documents and uses a tool that, in their opinion, is "more suitable" than the one specified in the technology. In such cases, errors are not inevitable, but this is very important, and they must be prevented. Position of the outlet side of the instrument. During processing, especially for finishing tools, the cutting edges of the tool are subjected to wear, and accordingly, this wear must be corrected in the CNC system of the machine. There is no need to increase the values of the coordinator to large values, since the wear process can progress from predictable to fatal, which leads to damage to the tool or part itself, as well as to overload or overheating of the machine divergers. It is necessary to constantly monitor the condition of the cutting part and timely replace the tool.

Machine setup error. What should be done to reduce the risk of such errors? First of all, improving the qualifications of employees. The development of rules for storing tools, monitoring compliance with technological discipline, rules for transferring shifts, and monitoring the

implementation of the above also contribute to reducing their number. However, we cannot influence these factors 100%.

The current stage in the development of systems for tracking the state of cutting equipment is the use of technology that allows tracking cutting tools used on lathes based on built-in microensors and laser beams. It should be noted that this technique has an undoubted advantage, but the main disadvantage may only be the complexity of manufacturing instrumental equipment with built-in microdetectors. However, in general, this

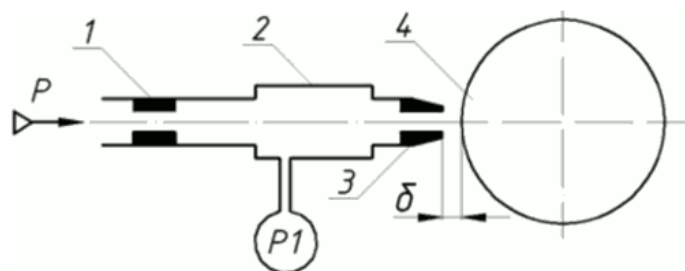


1st Figure. Machine setup process.

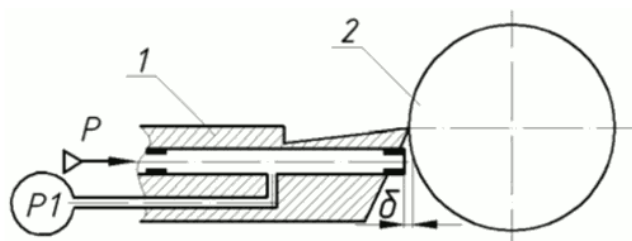
direction is considered promising at the stage of developing diagnostic tools for modern mechanical engineering. Processing of the cutter inevitably leads to deformation and destruction of metals. These processes contribute to the emergence of vibroacoustic radiation and the formation of a vibroacoustic signal. Many domestic and foreign works describe techniques for controlling cutting tools using vibroacoustic signals. This method is based on recording acoustic emission waves accompanied by the cutting process using a microphone or piezoelectric accelerometer located in the cutting zone. The obtained vibroacoustic signal is divided into components, the ratio of which is used to assess the position of the cutting tool. The advantage of this method is that it allows for the detection of cracks in the tool, preventing its wear of the cutter. The disadvantages of such methods of monitoring the state of cutting processes include the fact that a change in at least one technological factor leads to a change in the main characteristics of the signal (amplitude and frequency). Another disadvantage of this method is the need to place sensors near the cutting zone, since when passing through the links of the elastic system of technological equipment, the signal is significantly weakened, which is often difficult to implement in practice. It should also be noted that many defects of changes in the acoustic signal are currently poorly studied. The use of pneumatic converters is very effective, which allows contactless, continuous control of the cutting tools of lathes and the degree of their wear. In particular, in some works, a method for indirectly assessing the position of the tool when measuring the diameter of the part being machined on a lathe using a converter is described.

The disadvantage of this method is that when changing the standard size of the workpiece 4, it is necessary to pre-adjust the working space d between the nozzle 3 and the workpiece 4. This can be prevented if the ejector is placed directly on the mandrel of the chest discharge device.

In this case, the transducer 2 is located close to the machined part, and the change (decrease) in the cavity d and the corresponding change (increase) in the pressure P_1 in the measuring chamber indicate the failure of the cutting tool. This method allows you to

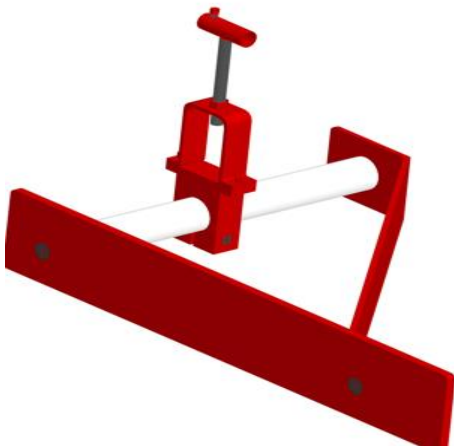


2nd Figure. Structure of a pneumatic measuring device.



3rd Figure. Diagram of the pneumatic measuring device in the instrument holder.

directly control cutting tool No. 1 and does not require preliminary adjustment of its wear when changing the geometric parameters of working part No. 2.

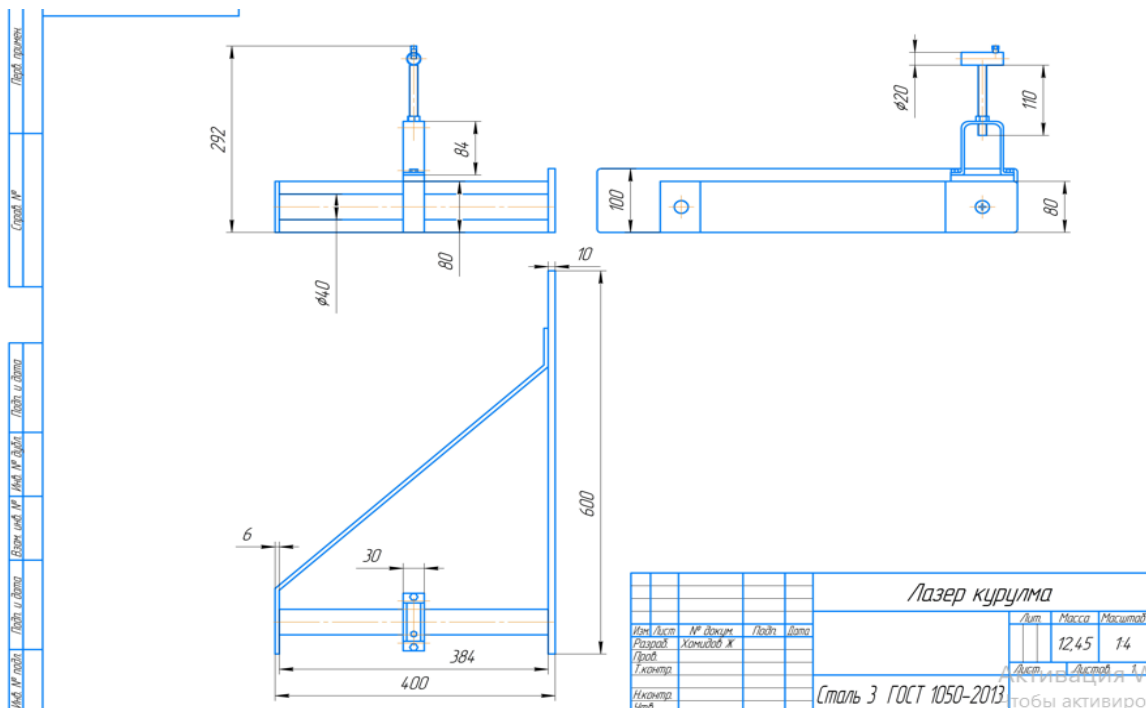


4th Figure. Device for mounting the laser to the machine.

However, the location of the air duct inside the cylinder is not always optimal, especially with the use of interchangeable multifaceted non-processing inserts, therefore, in practice, a different version of the measuring system can be used to control the measuring system.

Turning machines are mainly used for processing cylindrical parts. It is known that for the manufactured part to be ready according to the given drawing, that is, according to the required dimensions, it is necessary to observe several norms. Here, before performing preliminary turning or other operations, it is necessary to ensure that the cutter is directed perpendicular to the cross-section of the workpiece and, at the same time, the cutter deviates from the workpiece. If our cutter is not properly fastened to the cutter holder, if the parameters of the cutter installation or the above-mentioned standards are not observed, it will affect the accuracy of processing and the dimensions of the part. Several other problems may arise here, for example - Vibration. The vibration generated in the cutter significantly influences the machining process. This leads to the quality of the part we are manufacturing. As we know, efficiency is a very important factor in mechanical engineering.

To prevent these problems, we aimed to use a laser device. This device is used to optimize the detection of the center of the part using a laser beam on a lathe during the machining of the manufactured part, to prevent the impact on the accuracy of the part by reducing the wear of the cutter.



6th Figure. 2D view of the laser device.

The laser device is made of steel 3. The laser holder consists of a special part, parallel to each other for installation on the machine table, a device that ensures the movement of the laser device along the x, y, and z axes, and a special part designed for switching the laser device on and off. The size and shape of this device are very compact, and it is convenient to install and remove it

from the workbench. That is, we install the workpiece in the chuck located on the left side of the lathe, and the laser device is placed on the machine bed. We turn on the laser and direct it towards the center of the part. We adjust the laser beam along the above directions. The cutter is directed perpendicular to the direction of this ray, and we adjust the processing from the center of the cross-section of the workpiece.

To facilitate the installation and removal of the laser device, we remove it from the machine bed before processing and begin processing. Before processing subsequent parts, we again check the installation parameters of the cutter by placing the device on the machine. It is enough to configure the laser device once, and it does not need to be configured for subsequent processing. This will help us reduce the time spent on installing the part and adjusting the cutter. Thus, we can increase the volume and efficiency of production.

Conclusion

All in all, In conventional practice, before machining each subsequent workpiece, the cutting tool setup must be rechecked and adjusted using measuring devices mounted on the machine. For example, operators often use a dial indicator to verify tool alignment, a feeler gauge to check clearances, or a test cut on a sample workpiece to confirm proper positioning. In many cases, this process is repeated multiple times to eliminate runout errors or misalignment caused by tool replacement or machine vibrations. However, with the implementation of a laser alignment system, the device requires calibration only once and does not need repeated adjustments for subsequent operations. For instance, a laser beam can precisely indicate the centerline of a cylindrical workpiece, allowing the operator to align the cutting tool without physical contact. Similarly, in automated production lines, laser systems can continuously monitor alignment and instantly detect deviations, ensuring consistent positioning throughout the machining cycle.

Reference

- [1]. O'rinov N.F., Norqulov A.A., Saidova M.X., «Materialshunoslik va konstruktсион materiallar texnologiyasi». Toshkent «Fan». 2003 y
- [2]. Nosirov. Materialshunoslik. Oliy o'quv yurti talabalari uchun darslik. T.: O'zbekistan 2001 y. -352 b.
- [3]. Иноземцев Г.Г. Проектирование металлорежущих инструментов. М.: Машиностроение, 1984 г.
- [4]. Кишуров В.М. Резание материалов. Режущий инструмент: учеб. пособие для студентов вузов /
- [5]. В.М.Кишуров. – М.: Машиностроение, 2009. – 492 с.
- [6]. Fayzimatov B.N.,Mirzaev A.A. Materiallarni kesib ishlash asoslari.-Farg'ona: Texnika, 2003.-194 b.

ZIGIR, PAXTA VA IPAK MATOLARDAN TAYYORLANGAN XIX ASR XORAZM AYOL KIYIMLARINING FUNKSIONAL VA MADANIY TAHLILI

R.A. Berdiyeva, J.I. Oripov, Z.A. Qosimova

Farg'ona davlat texnika universiteti

ORCID:0009-0009-7287-7243

e-mail: ranoberdiyevahon@gmail.com

ORCID:0009-0000-0247-1242

e-mail: joripov@19qmail.com

e-mail: sohibovavazbek971@gmail.com

(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya: Ushbu maqolada XIX asr Xorazm hududidagi ayol kiyimlari matolari – zigir, paxta va ipak – funksional va madaniy jihatlari bo'yicha tahlil qilinadi. Tadqiqot davomida matolarning texnik xossalari, rang-barangligi, kundalik va bayram liboslaridagi ishlatilish farqlari o'rganildi. Maqolada ijtimoiy tabaqalar, gender xususiyatlari va liboslar orqali ifodalangan madaniy kodlar yoritilgan. Natijalar

shuni ko'rsatadiki, zigir kundalik liboslarda ko'proq ishlatilgan bo'lsa, ipak bayram va marosim kiyimlarida afzal qo'llangan. Paxta esa har ikki turdagi kiyimlarda o'rtacha ishlatilgan. Ranglar va naqshlar ayolning ijtimoiy mavqeini, oilaviy statusini va madaniy orientatsiyasini aks ettirgan. Ushbu tadqiqot Xorazm ayol kiyimlarini o'rganishda material, rang va naqshlar orqali funksional va madaniy tahlil usullarining samaradorligini ko'rsatadi.

Tayanch so'zlar: Xorazm, XIX asr, ayol kiyimlari, zigir, paxta, ipak, libos, rang, naqsh, madaniy tahlil, funksional, kundalik, bayram, ijtimoiy tabaqa, materiallar.

Аннотация: В данной статье анализируются функциональные и культурные аспекты тканей женской одежды в Хорезмском регионе XIX века — льна, хлопка и шелка. В ходе исследования изучались технические свойства тканей, разнообразие их цветов и различия в их использовании в повседневной и праздничной одежде. В статье освещаются социальные классы, гендерные характеристики и культурные коды, выраженные через одежду. Результаты показывают, что лен чаще использовался в повседневной одежде, в то время как шелк предпочитался в праздничной и церемониальной одежде. Хлопок умеренно использовался в обоих типах одежды. Цвета и узоры отражали социальный статус, семейное положение и культурную ориентацию женщины. Данное исследование демонстрирует эффективность методов функционального и культурного анализа на основе материала, цвета и узоров при изучении одежды женщин Хорезма.

Ключевые слова: Хорезм, XIX век, женская одежда, лён, хлопок, шелк, платье, цвет, узор, культурный анализ, функциональный, повседневный, праздничный, социальный слой, материалы.

Abstract: This article provides a functional and cultural analysis of 19th-century women's clothing fabrics in the Khorezm region, specifically focusing on flax, cotton, and silk. The research examines the technical properties of the fabrics, their color palettes, and the distinctions in their usage for daily versus festive attire. The paper highlights cultural codes expressed through social stratification, gender characteristics, and clothing. The results indicate that while flax was predominantly used for everyday wear, silk was preferred for festive and ceremonial garments. Cotton was utilized moderately in both types of clothing. Colors and patterns reflected a woman's social standing, marital status, and cultural orientation. This study demonstrates the effectiveness of functional and cultural analysis methods through the lens of materials, colors, and ornaments in the study of Khorezmian women's dress.

Keywords: Khorezm, 19th century, women's clothing, flax, cotton, silk, dress, color, ornament, cultural analysis, functional, daily, festive, social class, materials.

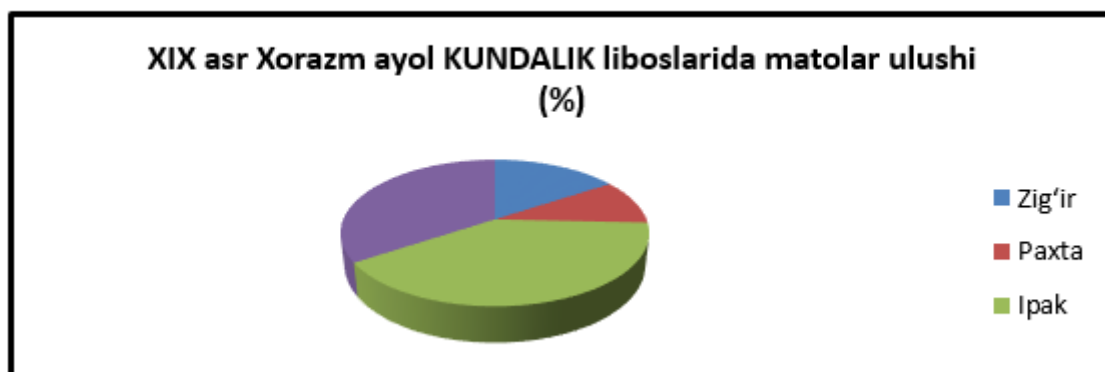
Kirish. Xorazm hududi o'zining boy madaniy merosi, kiyim-kechak an'analari va matolar bilan ajralib turadi. XIX asr ayol kiyimlari ijtimoiy, madaniy va funksional jihatdan o'ziga xos xususiyatlarga ega bo'lgan. Liboslarda ishlatiladigan matolar – zigir, paxta va ipak – o'sha davrning iqtisodiy, ijtimoiy va estetik talablarini aks ettiradi.

Zigir – nisbatan arzon va kundalik kiyimlar uchun qulay mato bo'lib, u yuqori havo o'tkazuvchanligi va chidamliligi bilan ajralib turadi. Paxta matosi esa kundalik va bayram liboslarida o'rtacha qo'llanilgan, yumshoqligi va rang-barang naqshlarni qo'llash imkoniyati bilan ajralgan. Ipak matosi esa asosan bayram va marosim kiyimlarida ishlatilgan bo'lib, uning yuqori narxi, yumshoqligi va yorqin ranglari ayolning ijtimoiy mavqeini aks ettirgan. Xorazm ayol kiyimlaridagi ranglar va naqshlar orqali ijtimoiy tabaqa, oilaviy status va madaniy orientatsiya aniqlanadi. Shu sababli, bu tadqiqotda matolarni funksional va madaniy jihatdan tahlil qilishning ahamiyati katta. Tadqiqotning maqsadi: Xorazm ayol kiyimlarida ishlatilgan zigir, paxta va ipak matolarini funksional va madaniy jihatdan tahlil qilish.[1]

XIX asr Xorazm ayol kiyimlari va ularda qo'llanilgan matolar masalasi O'zbekiston va Markaziy Osiyo kiyim-kechak tarixi bilan shug'ullangan bir qator tadqiqotchilar ishlarida qisman yoritilgan. Tadqiqotlar asosan milliy liboslarning umumiy shakllanishi, bezak va naqsh xususiyatlariga bag'ishlangan bo'lib, matolarning funksional va madaniy tahliliga yetarli darajada kompleks yondashuv kam uchraydi. Abdurahmonov (2005) va Toshpulatov (2011) asarlarida Xorazm hududiga xos ayol liboslarining tashqi ko'rinishi, kiyim shakllari va bezak elementlari tarixiy manbalar asosida tavsiflangan. Ushbu ishlarda ipak, paxta va zigir matolari tilga olingan bo'lsa-da, ularning kundalik va bayram liboslaridagi funksional farqlari chuqur tahlil qilinmagan. Sultonova (2010) va Saidov (2016) tadqiqotlarida ayol kiyimlarida rang va naqshlarning ijtimoiy tabaqani ifodalovchi vosita sifatidagi ahamiyati yoritilgan, biroq bu xulosalar asosan umumiy estetik talqin bilan cheklanadi. Paxta va ipak matolarining tarixiy rivoji va texnologik xususiyatlari

Karimov (2008) hamda Mirzaeva (2012) ishlarida ko‘rib chiqilgan. Ushbu manbalarda matolarning yumshoqligi, chidamliligi va rang qabul qilish xususiyatlari bayon etilgan bo‘lsa-da, ularning aniq hududiy kiyimlarda, xususan Xorazm ayol liboslarida tutgan o‘rni yetarlicha tizimlashtirilmagan. Egamberdiev (2014) va Akramov (2010) Markaziy Osiyo to‘qimachilik merosini xalqaro kontekstda o‘rganib, ipak va paxta matolarining madaniy qiymatini ta’kidlaydi. Naqsh va ranglarning ramziy ma’nosi masalasi Tursunov (2007) hamda Islomov (2015) tadqiqotlarida ochib berilgan. Ushbu ishlarda geometrik va floral naqshlarning madaniy kod sifatidagi ahamiyati qayd etilgan, ammo ular aniq tarixiy davr va hudud kesimida tahlil qilinmagan. Rakhmonov (2009) va Jahongirov (2013) Xorazm kiyimlariga bag‘ishlangan ishlarida mahalliy an’analar va marosimlar bilan bog‘liqlikni ko‘rsatadi, biroq mato tanlovi va funksional jihatlar ikkinchi planda qolgan. Shu bois, mavjud adabiyotlar tahlili shuni ko‘rsatadiki, XIX asr Xorazm ayol kiyimlarida ishlatilgan zigir, paxta va ipak matolarini bir vaqtning o‘zida funksional va madaniy jihatdan kompleks tahlil qilish dolzarb masala hisoblanadi. Mazkur maqola aynan shu ilmiy bo‘shliqni to‘ldirishga qaratilgan bo‘lib, matolarning xossalari, rang-barangligi hamda kundalik va bayram liboslaridagi farqlarni integratsiyalashgan holda o‘rganishni maqsad qiladi [2].

Diagramma 1.



Diagrammadan ko‘rinadiki, XIX asr Xorazm ayol kundalik liboslarida zigir matosi yetakchi o‘rinni egallagan. Bu holat zigirning yuqori havo o‘tkazuvchanligi va chidamliligi bilan izohlanadi. Paxta matosi o‘rtacha ulushni tashkil etgan bo‘lib, kundalik qulaylik va estetik ko‘rinishni ta’minlagan. Ipak matosi kundalik kiyimlarda kam ishlatilgan [3].

Usullar

Tadqiqot metodologiyasi quyidagilardan iborat: Tarixiy manbalarni o‘rganish: XIX asr Xorazm hududi kiyimlari haqidagi arxiv hujjatlari, foto va portretlar tahlili. Materiallarni o‘rganish: Zigir, paxta va ipak matolarining texnik xossalari, qalinligi, yumshoqligi, havo o‘tkazuvchanligi laboratoriyada o‘lchandi. Vizual tahlil: Kundalik va bayram liboslaridagi ranglar va naqshlar grafik va diagramma orqali tasniflandi. Madaniy tahlil: Liboslarning ijtimoiy tabaqa va marosimlardagi funksional roli folklor va tarixiy manbalar orqali o‘rganildi [4].

Jadval 1.

Matolarning asosiy xossalari (qalinlik, yumshoqlik, havo o‘tkazuvchanligi, rang-baranglik).

Mato turi	Qalinligi (mm)	Yumshoqligi	Havo o‘tkazuvchanligi	Rang-barangligi	Kundalik/Bayram libosida ishlatilishi
Zigir	0.8–1.2	O‘rtacha	Yuqori	Past	Kundalik
Paxta	1.0–1.5	Yuqori	O‘rtacha	O‘rta	Kundalik va Bayram
Ipak	0.5–0.7	Yuqori	Past	Yuqori	Bayram

Natijalar

Matolar va liboslar: Zigir kundalik liboslarda keng qo'llanilgan, chunki u oson tozalanadi va yuqori havo o'tkazuvchanligi tufayli issiq havoda qulaydir. Paxta kundalik va bayram liboslarida o'rtacha ishlatilgan; yumshoqligi va rang-barang naqsh qo'llash imkoniyati tufayli afzal. Ipak asosan bayram va marosim kiyimlarida ishlatilgan; uning yumshoqligi va yorqinligi ijtimoiy mavqeni aks ettirgan [5].

Jadval 2.

Liboslar va matolarning asosiy funksional va madaniy xossalari

Libos turi	Mato turi	Rang-baranglik	Naqsh turi	Funksional jihat	Madaniy ahamiyat
Kundalik	Zigir	Past	Geometrik sodda	Issiq havoga qulay	Oddiy kundalik libos
Kundalik/Bayram	Paxta	O'rta	Chiziqli/Floral	Yumshoq va o'rtacha chidamli	Ijtimoiy mavqe ko'rsatadi
Bayram/Marosim	Ipak	Yuqori	Murakkab Floral	Yumshoq, nafis, shikoyatsiz	Boylik va statusni aks ettiradi

Xorazm ayol kiyimlarida ishlatilgan matolar – zigir, paxta va ipak – o'z davrining ijtimoiy, iqtisodiy va madaniy kontekstini aks ettiradi.

Zigir: Kundalik liboslarda keng qo'llanilishi tufayli ijtimoiy tabaqaga bog'liq bo'lmagan, qulay va amaliy mato sifatida qadrlangan.[6]

Paxta: Kundalik va bayram liboslarida ishlatilgan, o'rtacha rang-barangligi va naqsh kombinatsiyasi bilan ajralgan. Bu mato o'rtacha boylikdagi oilalarda keng tarqalgan.[7]

Ipak: Bayram liboslarida ishlatilishi va murakkab naqshlar bilan boyitilganligi yuqori ijtimoiy mavqe va boylikni aks ettirgan. Ranglar va naqshlar orqali ayolning oiladagi mavqeini, madaniy orientatsiyasini va diniy-marosim faoliyatini aniqlash mumkin. Kundalik liboslar funksional jihatdan qulay, bayram liboslari esa madaniy ramziy ma'noga ega. Natijalar shuni ko'rsatadiki, Xorazm ayol kiyimlari matolarining tanlovi va naqshlari nafaqat amaliy, balki madaniy kodlar bilan bog'liq bo'lgan. Bu tadqiqot kiyim-kechak tarixini material, rang va naqshlar orqali chuqur o'rganishga imkon beradi [9].

Diagramma 2.

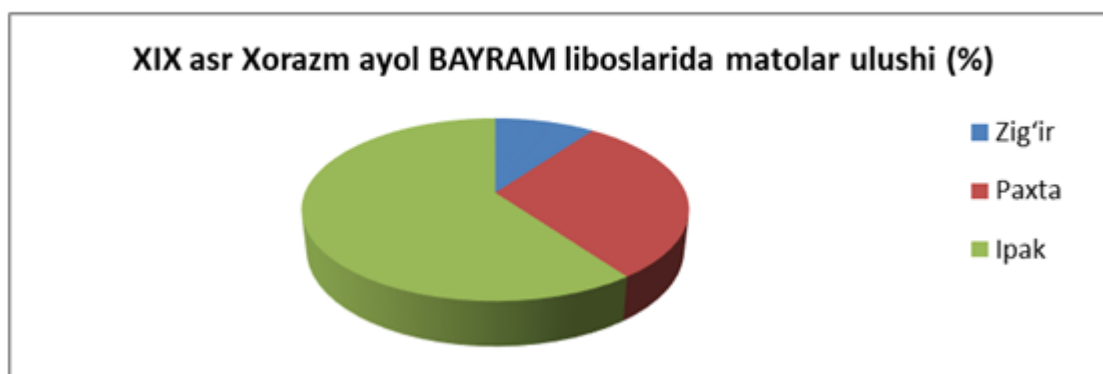


Diagramma natijalariga ko'ra, bayram va marosim liboslarida ipak matosi ustunlik qiladi. Ipakning yorqin ranglari, nafisligi va ramziy ahamiyati bayram kiyimlarining asosiy talabi bo'lgan. Paxta matosi ikkilamchi rol o'ynagan, zigir esa bayram liboslarida deyarli kam qo'llangan.[12]

Xulosa

Ushbu maqolada XIX asr Xorazm ayol kiyimlarida ishlatilgan zigir, paxta va ipak matolarining funksional va madaniy jihatlari tahlil qilindi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, zigir

kundalik liboslarda keng qo'llanilgan, yuqori havo o'tkazuvchanligi va chidamliligi bilan ajralib turadi. Paxta kundalik va bayram liboslarida o'rtacha ishlatilgan, uning yumshoqligi va naqsh qo'llash imkoniyati tufayli afzal. Ipak esa asosan bayram va marosim kiyimlarida ishlatilgan; yorqin ranglar va murakkab naqshlar ayolning ijtimoiy mavqeini, oilaviy statusini aks ettirgan. Ranglar va naqshlar orqali ijtimoiy tabaqa, madaniy orientatsiya va diniy-marosim faoliyati aniqlanadi. Tadqiqot shuni ko'rsatdiki, matolarni funksional va madaniy jihatdan tahlil qilish Xorazm ayol kiyimlari tarixini chuqur tushunishga yordam beradi. Ushbu yondashuv kiyim-kechak tarixini o'rganishda material, rang va naqshlarni integratsiyalashgan tarzda tahlil qilish imkonini beradi. Natijalar amaliy va ilmiy jihatdan ahamiyatli bo'lib, hududiy kiyim-kechak madaniyati haqida yanada mukammal tasavvur hosil qiladi.

Adabiyotlar

- [1]. Abdurahmonov A. Xorazm milliy liboslari tarixi. – Toshkent: Fan, 2005. – 145 b.
- [2]. Toshpo'latov B. O'zbek xalq kiyimlari va ularning shakllanishi. – Toshkent: O'zbekiston, 2011. – 178 b.
- [3]. Sultonova M. O'zbek milliy liboslarida rang va bezak an'analari. – Toshkent: San'at, 2010. – 132 b.
- [4]. Saidov Q. Markaziy Osiyo ayollar kiyimlarida ijtimoiy ramziylik. – Samarqand: Zarafshon, 2016. – 156 b.
- [5]. Karimov D. Paxta va ipak matolarining tarixiy rivoji va texnologik xususiyatlari. – Toshkent: Texnika, 2008. – 164 b.
- [6]. Mirzayeva N. An'anaviy to'qimachilik va tabiiy tolalar texnologiyasi. – Buxoro: Buxoro nashriyoti, 2012. 149 b.
- [7]. Egamberdiyev R. Markaziy Osiyo to'qimachilik merosi. – Toshkent: Mumtoz so'z, 2014. – 201 b.
- [8]. Akramov S. Ipak matolar va ularning madaniy ahamiyati. – Toshkent: Iqtisodiyot, 2010. – 137 b.
- [9]. Tursunov H. O'zbek milliy naqshlarining ramziy ma'nosi. – Toshkent: G'afur G'ulom nomidagi nashriyot, 2007. – 118 b.
- [10]. Islomov F. Xalq amaliy bezak san'atida geometrik va floral naqshlar. – Toshkent: Yangi asr avlodi, 2015. – 172 b.
- [11]. Raxmonov J. Xorazm vohasi kiyim-kechak an'analari. – Urganch: Xorazm nashriyoti, 2009. – 143 b.
- [12]. Jahongirov A. XIX asr Xorazm madaniyati va marosim liboslari. – Toshkent: Akademnashr, 2013. – 167 b.

УДК 621.9.015

**ОСНОВНЫЕ МЕТОДЫ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОБРАБОТКИ
КОНТАКТНЫХ ПОВЕРХНОСТЕЙ МИКРОШАРИКАМИ**

Б.М. Касимов

Андижанский государственный технический университет.

*Автор для корреспонденции, e-mail: kasimovbaxtiyor.1991@gmail.com

(Получена 22.02.2026 г.)

Аннотация: В данной статье рассматриваются основные методологические подходы к оценке эффективности упрочнения контактных поверхностей методом микрошариковой обработки. Проведен сравнительный анализ энергетических, деформационных и термодинамических критериев, предложенных ведущими исследователями в области поверхностно-пластической деформации (ППД). Особое внимание уделено зависимости глубины наклепа и микротвердости от режимов обработки, таких как скорость потока и диаметр микрошариков. Результаты анализа позволяют систематизировать теоретические зависимости для прогнозирования качества поверхностного слоя деталей машин.

Ключевые слова: микрошариковая обработка, поверхностно-пластическая деформация, контактная выносливость, наклеп, микротвердость, энергетический баланс, шероховатость поверхности.

Annotatsiya: Ushbu maqolada kontakt yuzalarni mikrosharchalar bilan mustahkamlash samaradorligini baholashning asosiy metodologik yondashuvlari ko'rib chiqilgan. Sirtqi plastik deformatsiya (SPD) sohasidagi yetakchi tadqiqotchilar tomonidan taklif etilgan energetik, deformatsion va termodinamik mezonlarning qiyosiy tahlili o'tkazilgan. Ishlov berish rejimlari, xususan, purkash tezligi va mikrosharchalar diametrining naklyop (mustaxkamlangan qatlam) chuqurligi hamda mikrotoblanish darajasiga bog'liqligiga alohida e'tibor qaratilgan. Tahlil natijalari mashina detallari sirtqi qatlamining sifatini oshirish uchun nazariy bog'liqliklarni tizimlashtirish imkonini beradi.

Tayanch so‘zlar: mikrosharchalar bilan ishlov berish, sirt plastik deformatsiya, kontakt chidamliligi, mustaxkamlangan qatlam, mikrotoblanish, energetik balans, sirt g‘adir-budurliqi.

Abstract: This article examines the primary methodological approaches for evaluating the effectiveness of contact surface strengthening through micro-shot peening. A comparative analysis is conducted on the energetic, deformation, and thermodynamic criteria proposed by prominent researchers in the field of surface plastic deformation (SPD). Special emphasis is placed on the relationship between processing parameters, such as flow velocity and micro-ball diameter, and their impact on work-hardening depth and microhardness. The findings systematize theoretical dependencies necessary for predicting the surface layer quality of machine components.

Keywords: micro-shot peening, surface plastic deformation, contact endurance, work hardening, microhardness, energy balance, surface roughness.

1. Введение В данном разделе обосновывается актуальность упрочнения контактных поверхностей микрошариками. Рассматриваются современные проблемы износостойкости деталей машин и ставится цель исследования — систематизация методов оценки эффективности данной обработки. М. Д. Генкин в своих исследованиях за характеристику эффективности упрочнения принимает контактную выносливость [1]. Автор считает, что часть подводимой кинетической энергии дроби превращается в работу пластической деформации. Данная работа пропорциональна подводимой энергии.

Обобщенным критерием оценки режимов дробеструйного упрочнения им предложена удельная кинетическая энергия.

$$E_{y\partial} = \frac{Q_d v_{\partial}}{2g S_n} \quad (1)$$

где Q_d - удельный расход дроби,

V_d - скорость дроби,

g - ускорение свободного падения,

S_n - общая площадь обрабатываемой поверхности.

М.Д. Генкиным были проведены экспериментальные исследования влияния продолжительности обработки на качество поверхности и механические свойства упрочняемых образцов, которые показали, что при неизменных параметрах упрочняющей обработки изменение времени обработки и, как следствие, энергии, передаваемой детали, приводит к изменению физико-механических характеристик упрочненного слоя. Прирост контактной выносливости зависит от времени упрочнения, после определенного значения, которого она падает. Однако в работе Н.Н. Ильина прослеживается зависимость контактной выносливости от микротвердости поверхностного слоя.

2. Методика экспериментальных исследований. Из анализа экспериментальных зависимостей [1] также следует, что накопленная энергия с увеличением продолжительности обработки составляет все меньший процент от величины подводимой энергии.

В своей работе А. П. Бабичев [2] в качестве обобщенного показателя предлагает удельную работу пластической деформации A_n , которая зависит от свойств материала детали и радиуса обрабатываемого тела.

$$A_n = \int_0^{h_2} F_2(v, \beta, m, R, \sigma_0) \partial h, \quad (2)$$

где h_2 - глубина пластического отпечатка,

$F_2 = 2\pi R \sigma_0 h_2$ нагрузка при пластической деформации.

Из-за наличия большого количества эмпирических коэффициентов данную зависимость сложно применять на практике.

В работе В. В. Петросова процесс поверхностно пластического деформирования рассмотрен с позиций анализа его энергетического баланса [3]:

$$\mathcal{E}_y = \mathcal{E}_{m.\partial} + \mathcal{E}_{mp} + \mathcal{E}_{жс} + \mathcal{E}_в + \mathcal{E}_{упр}, \quad (3)$$

где $\mathcal{E}_y$ - энергия удара;

$\mathcal{E}_{пл.д}$ — накопленная энергия пластической деформации;

$\mathcal{E}_{тр}$ - расходуемая на трение энергия;

$\mathcal{E}_{ж}$ - энергия, расходуемая на преодоление жидкостной пленки;

$\mathcal{E}_в$ - волновая энергия;

$\mathcal{E}_{упр}$ - энергия упругого восстановления.

Данный подход является наиболее универсальным для анализа динамических методов поверхностно пластического деформирования. В качестве критерия эффективности используются энергия и работа пластической деформации, а предложенная методика достаточно удобна для практического применения.

Работа, затрачиваемая на внедрение обрабатывающего тела в обрабатываемую поверхность, с точки зрения дислокационной теории, может быть вычислена по следующей формуле:

$$A = 262 \cdot 10^{-6} \cdot n_{\partial}^3 \omega_A T_n \varepsilon_{\partial}^4 D^3 \quad (4)$$

где n_{∂} — коэффициент пропорциональности;

ω_A - эмпирический коэффициент, зависящий от конкретных условий обработки;

D - диаметр обрабатывающего тела;

T_n - минимальные касательные напряжения, требующиеся для перемещения дислокаций;

ε_{∂} - интенсивность деформации.

Трудность использования этой формулы заключается в том, что

В. В. Петросов предлагает при вычислении величины $n_{\partial}^3 \cdot \omega_A$ брать

экспериментальные значения $\mathcal{E}_y, \varepsilon_{\partial}$.

В результате значение $n_{\partial}^3 \cdot \omega_A$ колеблется в пределах 20 % для сталей в

зависимости от диаметра D и скорости соударений обрабатывающего тела с обрабатываемой поверхностью V_v .

В работе приводятся экспериментальные исследования, однако отсутствуют теоретические зависимости. Автор предполагает, что остаточные напряжения, сформированные в процессе обработки, являются суммой напряжений от пластической и тепловой деформации.

В работе В. В. Петросова исследовалась температура в зоне деформации, а также остаточные напряжения, обусловленные воздействием температуры. Предполагается, что вся энергия удара дробы расходуется на нагрев обрабатываемой зоны. На первом этапе тепловая энергия сосредоточена в зоне взаимодействия обрабатывающего тела и поверхности детали. Однако теоретические значения температур не подтверждаются экспериментально. В работе не учитывается накопленная энергия деформации, объемы материала, подвергнутые деформации также являются источником теплоты, как и поверхностное трение.

В. М. Смелянский [4] рассматривает механизм формирования поверхностного слоя в процессе ППД с позиции механики сплошных сред. Согласно теории механики сплошных сред, пластическое течение обрабатываемого материала приводит как к его упрочнению, так и снижению запаса пластичности и развитию его повреждаемости. В.М. Смелянский предлагает модель, описывающую процесс разрушения частицы металла как процесс накопления поврежденности в металле. Деформация, накопленная таким образом, принимается за основной показатель. Степень истощения ресурса пластичности и остаточных напряжений будет определяться деформацией, которая является основным показателем. Степень истощения ресурса пластичности ψ будет являться критерием эффективности упрочнения:

$$\psi = \int_0^{\Gamma} \frac{d\Gamma}{\Gamma_p(\Gamma)} = 1 \quad (5)$$

где ψ - степень истощения ресурса пластичности;

Γ_p - степень деформации сдвига, накопленная материалом к моменту разрушения;

Π - показатель напряженного состояния.

На основе степени истощения ресурса пластичности В.М. Смелянским разработана методика расчета технологических режимов при поверхностнопластическом деформировании, описан механизм формирования поверхностного слоя. За фундаментальную характеристику принимается кривая предельной пластичности, как функция $\Gamma_p(\Pi)$. Однако вид функции $\Gamma_p(\Pi)$ для каждого материала устанавливают экспериментально, проводя опыты по нагружен образцов при различных значениях Π . Данная методика применима только для статических методов ИПД.

В работе М. С. Дрозда используется «упругое» решение контактной задачи, возникающей при вдавливании шара в плоскую поверхность плиты. При этом предполагается, что на глубине, превышающей зону пластического деформирования, распределение напряжений и деформаций такое же, как и при чисто упругом деформировании. Для практических расчетов приводится формула [5]:

$$h_{np} = \sqrt{\frac{P}{\sigma_{0,2}}} \quad (6)$$

где P - сила вдавливания,

$\sigma_{0,2}$ - предел текучести материала.

В динамических процессах, в которых экспериментальное определение силы P и динамического предела текучести связано с определенными трудностями, необходимо определить глубину пластически деформированной зоны через геометрические параметры остаточного отпечатка.

Для случая сплошности упрочнения, при многократных ударах, И.В. Кудрявцев дает такое выражение для определения глубины наклепа [6]:

$$h_H = K_{n\Omega} d, \quad (7)$$

где $K_{n\Omega}$ — коэффициент, для стали равный 1,5.

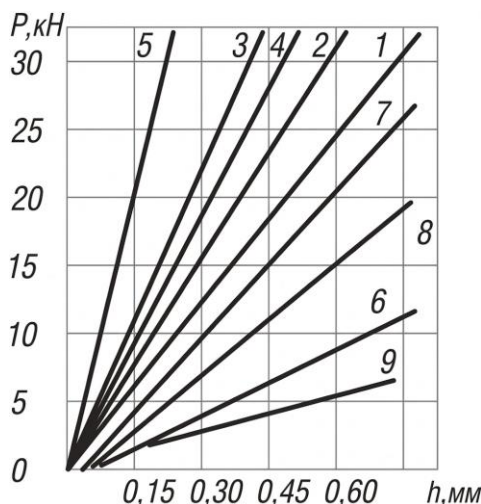


Рисунок 1 - Зависимость силы вдавливания от глубины восстановленного отпечатка при $D=10$ мм. [11]:

- 1 - Армко - железо, 2 — Сталь 10,
- 3 - Сталь 45,
- 4 - Сталь ЭА 1Т, 5 - Сталь 30ХГСА,
- 6 - Медь,
- 7 - Латунь ЛНМЖА, 8 - Бр ОЦС5-5-5,
- 9 - Алюминий чистый

В работе А. Мартенса приводится график функции $P(h)$, характеризующий зависимость между нагрузкой на индентор и глубиной остаточной вмятины. График функции $P(h)$ проходит через начало координат и в некотором интервале глубин h представляет собой прямую линию. Зависимость диаметра отпечатка d при нагрузке P на шар при его внедрении в пластической и упругой областях описывается уравнением Герца и Мейера:

$$P = \frac{1}{3D \left(\frac{1-\mu^2}{E} + \frac{1-\mu_1^2}{E_1} \right)} d^3, \quad (8)$$

$$P = ad^n, \quad (1.13)$$

где D - диаметр шара,

μ, μ_1 - коэффициенты Пуассона шара и материала,

E, E_1 - модули упругости шара и обрабатываемого материала,

$a, n = 2$ - константы пластичности.

В работе [7] приведены систематизированные экспериментальные данные, характеризующие зависимость $P(h)$ для различных материалов - углеродистых и легированных сталей, серого чугуна, а

также некоторых цветных металлов и сплавов. Между P и h наблюдается четко выраженная линейная зависимость (рисунки 1, 2).

Также проводились аналогичные эксперименты со сталями при повышенных температурах. Графики свидетельствуют, что линейная зависимость между P и h сохраняется и при повышенных температурах.

Надо иметь в виду, что линейная зависимость справедлива в ограниченных пределах нагрузок.

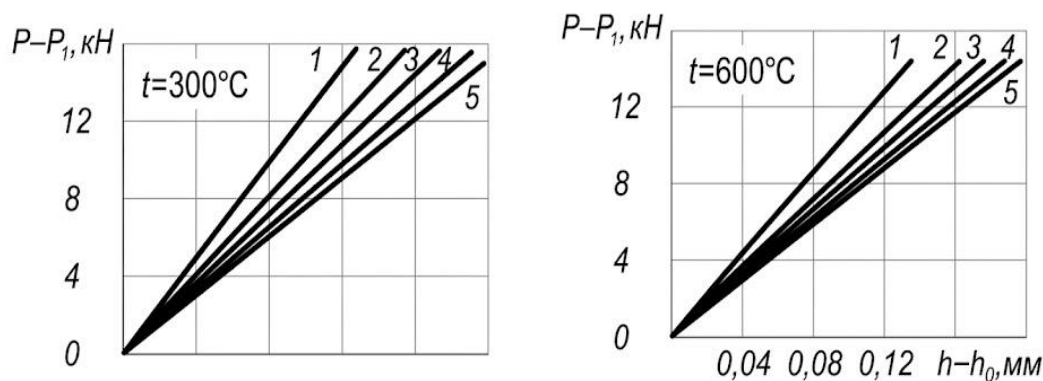


Рисунок 2- Разности глубин отпечатков в зависимости от разности сил вдавливания при повышенных температурах [11], $P_i = 98$ Н, стали марок: 1 - 12Х1 МФ, 2 - 40, 3 - 15ХМ, 4 - 20Х, 5 - 20.

Если при вдавливании шара прикладывать несколько раз одинаковую статическую нагрузку на одно и то же место, то это не приведет к заметному увеличению размера пластического отпечатка. При ударном вдавливании шара, в отличие от статического, при увеличении числа ударов до 15—20 размер отпечатка увеличится в 1,25—1,55 раза при различных условиях обработки (рисунок 3). Это увеличение будет меньше, если сталь более твердая, и диаметр шара, при этом, не оказывает особого влияния.

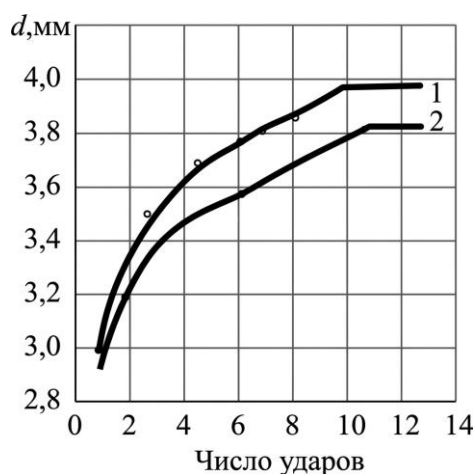


Рисунок 3- Изменения диаметра отпечатка при условии увеличении числа ударов для стали 35ХМ, при диаметре шариков: 1-10 мм, 2-8 мм.

деформируемых тел и сопротивление металла упругопластическим деформациям. Эти деформации вызывают в зоне контакта интенсивное смятие металла в радиальном направлении [8]. Деформационное состояние упрочненной зоны характеризует степень поверхностной деформации ψ , оцениваемую как отношение диаметра отпечатка d к диаметру дроби D . В работе М.М. Саверина [9] приводится следующая формула, учитывающая влияние режимов обработки и механических свойств контактирующих тел:

$$\psi = \left(\frac{2 \rho \varepsilon_d^{+2}}{3 g H_d^-} v^2 \right)^{\frac{1}{n+2}}, \quad (9)$$

где ρ - плотность материала дроби;

g - ускорение свободного падения;

V - скорость удара;

H_0 - динамическая твердость упрочняемого материала;

n_0 - показатель динамического упрочнения.

Данная формула применима для определения поверхностной деформации при допущении, что каждый последующий удар дроби менее эффективен, чем первый.

Показатель динамического упрочнения для различных конструкционных качественных сталей (сталь 20, 25, 40) и легированных сталей (40Х, 30ХГСА, 30ХНМА) равен 2 [10].

А.Д. Джурев получил формулу для расчета степени поверхностной деформации ψ в зависимости от массы m , диаметра D , скорости v и твердости HB деформирующей частицы [10]:

$$\psi = 2 \sqrt[4]{\frac{mv^2}{1,7HB\pi D^3 g}}. \quad (10)$$

С увеличением твердости обрабатываемого материала степень поверхностной деформации ψ монотонно уменьшается (рис. 4), причем для больших значений D и v абсолютное значение степени деформации больше.

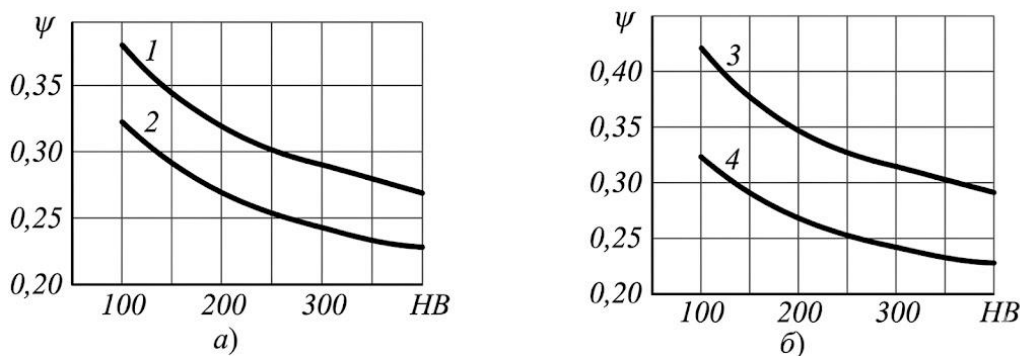


Рисунок 4 - Зависимость степени поверхностной деформации от твердости при различных значениях диаметра дроби D (а) и скорости v (б) [10]: 1,2 - $v = 30$ м/с, $D = 1$ и 2 мм; 3,4 - $v = 50$ и 30 м/с.

С повышением скорости дроби от 10 до 70 м/с из-за возрастания кинетической энергии заметно увеличивается степень поверхностной деформации (рисунок 5).

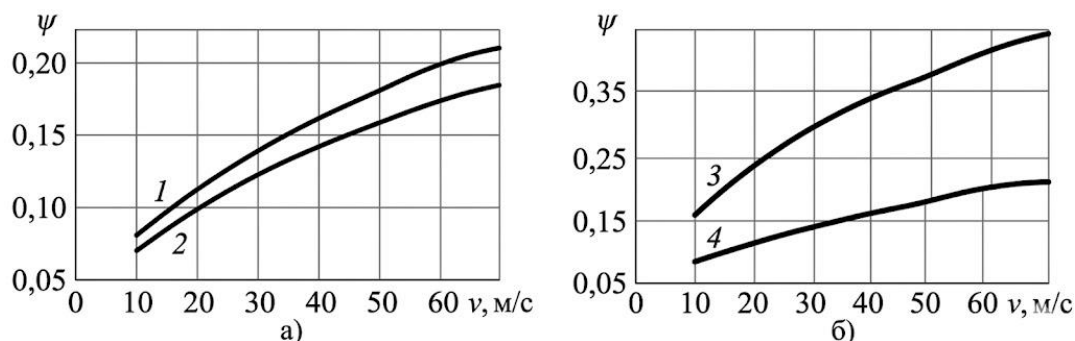


Рисунок 5 - Зависимость степени поверхностной деформации от скорости v при различных значениях твердости HB (а) и диаметра дроби D (б) [10]: 1,2 - $D = 1$ мм, 300НВ и 500НВ; 3,4 - 300НВ, $D = 1$ и 2 мм.

Скорость потока деформирующих частиц определенной массы, которая определяет силу удара и обеспечивает заданную степень поверхностной деформации в работе [10] вычисляется по формуле:

$$v = \frac{\psi^2}{4} \sqrt{\frac{1,7HB\pi D^3 g}{m}} \quad (11)$$

В работе М.Г. Исупова приводится следующая формула для определения скорости потока деформирующих частиц:

$$v = kv_z \sqrt{\frac{3}{2} c_x \frac{p_z l}{p D}} \quad (12)$$

где k - коэффициент пропорциональности,
 c_x - коэффициент сопротивления,
 p - плотность материала деформирующих частиц,
 p_z - плотность газовой струи,
 u_z - скорость газовой среды,
 l - длина сопла,
 D - диаметр деформирующих частиц.

Коэффициент сопротивления c_x (коэффициент парусности, т.к. скорость частиц всегда меньше скорости газовой среды) для частиц диаметром 100 - 600 мкм при скорости газовой фазы 100-300 м/с равен 0,4.

Список литературы

- [1]. Шин И.Г. Интенсивность остаточных напряжений при поверхностном пластическом деформировании деталей машин // Упрочняющие технологии и покрытия. 2010. – №2. – С10-13.
- [2]. Bakhtiyorjon Kasimov; Illarion Shin; Nigora Nurmatova; Nadejda Hayitova; Rashidbek Kurboniyazov. Third International Conference on Optics, Materials Science, and Computing in Condensed-Matter Physics (OMCCP-2025) 2026-03-30 | материалы конференций DOI: 10.1117/12.3110430.
- [3]. Шин И.Г. Влияние технологических остаточных напряжений на усталостную прочность // Проблемы текстиля. 2004. - №1. – С.63-68.
- [4]. Шин И.Г. Технологические методы обеспечения качества и прогнозирования долговечности деталей машин первичной обработки хлопка; Дис. ...докт. техн. наук. – Ташкент: ТИТЛП, 2014. – 264Сс.
- [5]. Kasimov, B. (2023). Improvement of the environmental safety of weaving equipment by reducing the wear of contact surfaces. E3S Web of Conferences, 390. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339001025>.
- [6]. Kholmiraev, N., Turakhodjaev, N., Saidmakhamadov, N., Tadjiev, N., Khasanov, J., Yusupov, B., ... & Juraev, J. (2024, December). Improvement of the Technology of Melting of Low Alloy Steel Alloy in an Electric Arc Furnace. In Materials Science Forum (Vol. 1139, pp. 3-9). Trans Tech Publications Ltd. <https://doi.org/10.4028/p-2AMBsZ>
- [7]. Исупов М.Г. Повышение эффективности дробеструйной обработки на основе совершенствования динамических параметров потока дробы: Дис. ...канд. техн. наук. – Курган, 2003.
- [8]. Бардинова С.Н. Исследование качества поверхностного слоя при дробеструйной обработке в ремонтном производстве Диссертация. Рыбинск - 2013.
- [9]. Kasimov B. Experimental determination of the depth and degree of riveting of the surface layer of Batan teeth //Middle European Scientific Bulletin. – 2021. – Т. 18. – С. 169-171.
- [10]. Худых М.И. Ремонт текстильных машин. – М.: Легпромбытиздат, 1991. – 288 с.

CHOP ETILUVCHI POLIMER PLYONKALARNING STRUKTURAVIY-ENERGETIK HOLATI HAMDA ULARNING SIRTINI TOJLI RAZRYAD BILAN MODIFIKATSIYALASH

D.R. Safayeva¹, I.G. Shin¹, M.S. Shukrullayeva¹, T.U. Tillaev¹, J.I. Oripov²

Toshkent to 'qimachilik va yengil sanoat instituti¹

Farg'ona davlat texnika universiteti²

e-mail: Dilafruzsafaeval@gmail.ru

ORCID: 0009-0009-8609-8515

e-mail: shinillaroin@gmail.ru

e-mail: shukrullayevam@gmail.com

e-mail: turolovich@gmail.com

e-mail: joripov@19gmail.com

Annotatsiya: Maqolada polimer plyonkalarining sirt qatlamini tojli razryad bilan maxsus ishlov berish orqali modifikatsiyalash jarayonlari asoslangan tahlillar keltirilgan. Yuzaga ishlov berishning asosiy maqsadi polimer plyonkalarining namlanish xususiyatini oshirish va bosma bo'yoqni bosma nusxada ishonchli mustahkamlash qobiliyatini yaxshilashdan iborat. Tojli razryadni tavsiflash termodinamik yondashuv asosida olib borilishi lozim, chunki tojli razryad energetik o'zgarishlar bilan tavsiflanadi. Polimerlar elementar bo'g'inining molekulyar massasidan tashqari, tojli razryadlovchi razryad kuchlanishiga energetik ko'rsatkichlar faollanish energiyasi, polimer zanjirlarining uzilish energiyasi hamda molekulalararo o'zaro ta'sir energiyasi ta'sir ko'rsatadi.

Tayanch so'zlar: polimer plyonka, aktivatsiya, adgeziya, korona razryadi, tuzilma, energiya, kuchlanish, polietilen, polipropilen, polietilentereftalat.

Аннотация: В статье представлены материалы, основывающиеся на анализе модификации поверхностного слоя полимерных материалов специальной обработкой в плазме коронного разряда с целью увеличения смачиваемости и способности надежно удерживать печатную краску на оттиске. Установлено, что описание коронного разряда должно состоять из термодинамического подхода, так как коронный разряд характеризуется энергетическими превращениями. Кроме молекулярной массы элементарного звена полимера на напряжение коронирующего разряда влияют энергетические характеристики (энергия активации, энергия разрыва полимерных цепей, энергия межмолекулярного взаимодействия).

Ключевые слова: Полимерная пленка, активация, адгезия, коронный разряд, структура, энергия, напряжение, полиэтилен, полипропилен, полиэтилентерефталат

Abstract: The article presents materials based on the analysis of the modification of the surface layer of polymer materials by special treatment in corona discharge plasma in order to increase wettability and the ability to reliably retain printing ink on the print. It has been established that the description of corona discharge should be based on a thermodynamic approach, since corona discharge is characterized by energy transformations. In addition to the molecular mass of the elementary unit of the polymer, the voltage of the corona discharge is influenced by energy characteristics (activation energy, energy of polymer chain rupture, and energy of intermolecular interaction).

Keywords: polymer film, activation, adhesion, corona discharge, structure, energy, voltage, polyethylene, polypropylene, polyethylene terephthalate.

Kirish. Hozirgi vaqtda matbaa sanoatida qadoqlash materiallariga chop etish uchun yo'naltirilgan va yo'naltirilmagan polimer materiallar yupqa plyonkalar ko'rinishida keng qo'llanilmoqda: polietilen (PE), polipropilen (PP), polietilentereftalat (PET) va boshqalar. Bir yoki ikki yo'nalishda cho'zilish orqali olinadigan yo'naltirilgan polimer materiallar molekulalarining yo'nalganligi hisobiga yuqori mustahkamlik va elastiklik xususiyatlariga ega bo'ladi. Shu bilan birga, chop etiladigan material sifatida qo'llaniladigan ushbu polimer materiallar shimmaydigan materiallar turkumiga kiradi, bu esa chop etish jarayonida bo'yoqni ko'chishi uchun maxsus texnologik yondashuvni talab qiladi.

Polimer plyonkalarda chop etish jarayonidagi asosiy muammo — grafik va matnli axborotni buzilishsiz, gradatsion va rang o'tishining aniqligi bo'yicha belgilangan talablarni saqlagan holda, chop etiladigan material yuzasiga aniq uzatish hisoblanadi. Shimmaydigan polimer plyonkalar past sirt tarangligi, kimyoviy inertlik va g'ovaksiz yuzaga ega bo'lib, bu bosma bo'yoqlar, adgezivlar va yelimlar bilan kimyoviy va mexanik bog'lanishlarning hosil bo'lishini qiyinlashtiradi.

Polimer materiallarning adgezion xususiyatlarini yaxshilash maqsadida ularning sirti maxsus ishlov berish orqali modifikatsiya qilinadi [1,2], bu esa sirtning namlanishi va bosma bo'yoqni ushlab qolish xususiyatini oshiradi. Adgeziya katta darajada polimer yuzasining strukturasi va uning erkin energiyasiga bog'liqdir. Polimer material yuzasining mikrogeometriyasi ham adgeziya darajasiga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Mexanik va kimyoviy ishlov berishdan tashqari, polimer plyonkalarni ishlov berishda eng ko'p qo'llaniladigan usul — tojli razryadli ishlov berish hisoblanadi [3,4].

Tojli razryad normal va yuqori bosimlarda kuzatiladigan gaz razryadlarining bir turiga kiradi [5] hamda kuchli notekis elektr maydonida, ya'ni sirtning egrilik radiusi kichik bo'lgan

elektrodlar atrofidagi gazda yuzaga keladi. Tojli razryad paytida gazning ionlanishi va yorug'lik chiqishi faqat sirt egrilik radiusi kichik bo'lgan razryadlovchi elektrodga tutashgan nisbatan kichik sohada sodir bo'ladi va bu soha tojli razryadlanuvchi qatlam deb ataladi.

Polimer plyonkalarini tojli razryad yordamida ishlov berish jarayonida zaryadlangan zarrachalar elektr maydoni ta'sirida tezlanib, ishlov berilayotgan material yuzasiga tomon harakatlanadi, zarbli o'zaro ta'sirlarni amalga oshiradi va polimer makromolekulalari zanjirlarining uzilishiga, kovalent bog'lanishlarning buzilishiga olib keladi. Shu bilan birga, ko'plab ochiq bog'lanishlar va erkin valentliklar hosil bo'ladi. Mazkur holatlar yuqori reaktivlikka ega faol markazlarning hosil bo'lishi hisobiga adgeziya xossalari oshishida asosiy omil hisoblanadi. Bu faol markazlar esa, o'z navbatida, ishlov berilgan yuzaning mikroprofil geometrik parametrlariga ham bog'liqdir [6].

Ma'lumki, tojli razryadlovchi qurilmalar yetkazib beruvchi tomonidan odatda faqat bitta turdagi material uchun sozlanadi. Uskunada tojli razryad bilan faollashtirishning hatto asosiy parametrlarni sozlash imkoniyatining yo'qligi jarayonni boshqarishni imkonsiz qiladi. Ushbu holatlar chop etish jarayonini cheklaydi, hatto uni sekinlashtiradi va bu bevosita uning samaradorligiga salbiy ta'sir ko'rsatadi.

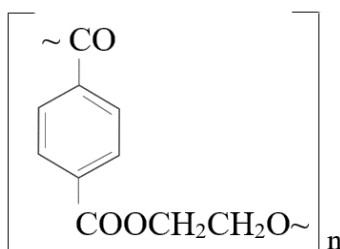
Tojli razryad qurilmasining noto'g'ri sozlanishi elektr energiyasining ortiqcha sarflanishiga hamda atmosferaga ozon chiqishining ko'payishiga olib keladi. Ozonning ruxsat etilgan chegaraviy konsentratsiyasi $0,1 \text{ mg/m}^3$ bo'lib, undan ortiq miqdori nafaqat inson salomatligiga balki kuchli korroziya xossalari sababli qurilmaning o'ziga ham zarar yetkazadi. Shu bilan birga, ozon polimer plyonkalar yuzasini faollashtirish jarayonida ishtirok etib, kislorod saqlovchi qutbli guruhlarining hosil qiladi. Demak, rejimli parametrlarni, ayniqsa razryadlovchi kuchlanish U_k ni chop etilayotgan polimer materialning turi, uning tuzilishi va termodinamik xususiyatlariga bog'liq holda tanlash ilmiy va amaliy jihatdan muhim bo'lib, u shimmatdigan bosma materiallarda yuqori sifatli bosma nusxalarni olish imkonini beradi.

Tadqiqot obyektlari va usullari. Ekstruziya usuli bilan olingan, yupqa plyonka ko'rinishidagi eng ko'p tarqalgan polimer materiallar tipik chiziqli polimerlar guruhiga mansub bo'lib, ularning kimyoviy tuzilishi (makromolekulaning umumiy formulasi) quyidagicha:

1) Polietilen - $[-\text{CH}_2-\text{CH}_2-]_n$;

2) Polipropilen - $\left[\begin{array}{c} -\text{CH}-\text{CH}_2 \\ | \\ \text{CH}_3 \end{array} \right]_n$;

3) Polietilentereftalat -



Bu yerda n - polimerizatsiya darajasi.

Tadqiqot obyekti sifatida past zichlikdagi polietilen (PZP) hamda biaksial yo'naltirilgan polipropilen (BOPP) plyonkalar namunalaridan foydalanildi. Ushbu plyonkalar mos ravishda MChJ "Maya-plast" va MChJ "Sirdaryo mega-lyuks" korxonalarida tekis tirqishli ekstruziya usuli bilan ishlab chiqarilgan. Qadoqlashsanoatida eng ko'p qo'llaniladigan polimer plyonkalarining fizik xossalari 1-jadvalda keltirilgan.

Qadoqlash sanoatida qo'llaniladigan polimer plyonkalarining fizik xarakteristikasi

№	Nomi	BOPP		PZP	
		GOST 26996-86	namuna	GOST 16338-85	namuna
1	Sirt zichligi $\rho_s, \text{g/m}^2$	16,38 - 18,20	16,4	20,2 - 29,7	27,61
2	Zichlik $\rho, \text{kg/m}^3$	920 - 930	820	919 - 972,5	920
3	Nisbiy malekulyar massa M , g/mol	25,0-50,0	42,081	20,0 - 40,0	28,05
4	Qalinlik b , mkm	-	20	-	30

Aprior ma'lumotlar va dastlabki tadqiqotlar natijalariga asoslanib, tojli razryad bilan faollashtirish rejimi quyidagicha tanlandi: kuchlanish 10–20 kV, tok chastotasi 20 kGts, razryad toki 28 dan 80 mA gacha, elektrodlar orasidagi masofa 2 mm [4,6].

Natijalar va ularning muhokamasi. Har qanday jarayonni energetik nuqtai nazardan o'rganish termodinamikaga asoslanadi [7]. Termodinamika mazkur termodinamik tizimda mavjud bo'lgan u yoki bu turdagi energiyaning o'rtasidagi miqdoriy nisbatlarni belgilaydi.

Termodinamik tizim holatining cheksiz kichik o'zgarishi holatida quyidagi munosabat o'rinli hisoblanadi:

$$= \quad , \quad (1)$$

bu yerda

- tizimga uzatilgan kichik issiqlik miqdori;
- tizim (polimer)ning ichki cheksiz kichik ortishi;
- tashqi kuchlarga qarshi bajariladigan elementar ish.

Polimerlar sirtini modifikatsiyalash orqali adgeziya xossalarini keskin yaxshilash maqsadida ularni tojli razryad bilan ishlov berishning energetik tahlilini polimer jismlarning parchalanish jarayonini umumiy energetik nuqtayi nazardan ko'rib chiqish maqsadga muvofiqdir [8,9].

Parchalanish materiali tuzilmasi elementlari o'rtasidagi o'zaro ta'sir kuchlarini yengib o'tish jarayoni bo'lganligi sababli, ushbu jarayonga xos bo'lgan qonuniyatlar parchalanish tashqi mexanik, elektr yoki boshqa tabiatga ega kuchlar ta'sirida sodir bo'lishidan qat'i nazar, umumiy bo'lishi lozim. Prinsipial jihatdan muhim jihat shundaki, parchalovchi tashqi kuchlarga issiqlik energiyasi fluktuatsiyalari yordam beradi. Turli tabiatga ega energetik ta'sirlar ostida polimer jismlarning parchalanishi qonunlarining umumiyligini, masalan, tojli razryad ta'sirida yuzaga keladigan polimer parchalanishi misolida ko'rib chiqish mumkin.

Issiqlik o'tishidan farqli ravishda, uning yuzaga kelish ehtimoli katta kuchlanishlar va kuchlanishning uzoq muddatli ta'siri sharoitida yuqori bo'ladi. Elektron o'tish esa qisqa muddatli yuqori kuchlanish ta'siri va nisbatan past haroratlarda yuzaga kelishi ehtimoli yuqori bo'lib, bu holat tojli razryad uchun xosdir. Shunday qilib, elektron o'tishi jarayonida materialning buzilishi elektr kuchlari ta'siri ostida sodir bo'ladi.

Termodinamikaning birinchi qonuniga muvofiq (1), polimer plyonkani tojli razryad bilan ishlov berishda tashqi kuchlarga qarshi bajariladigan elementar ish δA polimerlarning parchalanishini faollashtirish energiyasiga U_0 ekvivalentdir (2-jadval). Bu energiya polipropilen uchun polietilenga nisbatan ikki baravardan ortiq yuqori. Shu sababli, tizimga elektrodlar orasidagi bo'shliq orqali uzatiladigan issiqlik miqdorini belgilovchi rejimli parametrlarning qiymati katta bo'lishi lozim. Masalan, polietilen plyonkalarni 10 kV kuchlanishli tojli razryad bilan ishlov berganda bo'yoq bilan mustahkam adgeziya hosil bo'lib, yuzaning yaxshi namlanishini kuzatildi bu esa bosma nusxa sifatining yaxshilanishiga olib keldi [6]. Ammo, 10 kV kuchlanish va unga mos quvvat polipropilen plyonkasi sirtining bosma bo'yoq bilan yetarlicha namlanishini ta'minlamadi. Eksperimental ravishda aniqlanishicha, faqat 12 kV kuchlanish bilan ishlov berish bosma material yuzasida bo'yoqning bir xilda taqsimlanishini ta'minladi, bu esa ishlov berilgan yuzaning yetarli faollashganini ko'rsatdi.

Shuni ta'kidlash kerakki, polipropilen plyonkaga ishlov berishda kuchlanishning yuqoriroq bo'lishiga sabab bu elementar bo'g'in molekulyar massasining kattaroq ekanligidir (1-jadval): polipropilen uchun — 42,081, polietilen uchun esa — 28,054 kJ/mol.

Biroq, bizning fikrimizcha, polimerlarning parchalanishini faollashtirish energiyasi U_0 ning (2-jadval), hamda molekulalararo o'zaro ta'sir energiyasining katta qiymatga ega ekanligi asosiy sabab hisoblanadi (kJ/mol) (3-jadval).

2-jadval

Polimerlarning parchalanishini faollashtirish energiyasi U_0 , polimer zanjirlarining uzilish energiyasi U_d hamda kimyoviy bog'lanishlarning dissosiasiya energiyasi E_d qiymatlari

Nomlanishi	U_0 kJ/mol	U_d kJ/mol	E_d kJ/mol
Polietilen	109	250	345
Polipropilen	234	230	345
Polietilen-tereftalat	222	-	345

3-jadval

Tolali (ip hosil qiluvchi) polimerlar tuzilmasining energetik tavsiflari

Nomlanishi	Zanjirdagi bog'lanishning dissotsiatsiya energiyasi, kJ/mol		Molekulalararo o'zaro ta'sir energiyasi, kJ/mol		
	Termik parchalanish	Mexanik parchalanish	Kristallitlarda		amorf qismlarda
			D_m	D_{sol}	
Polietilen	251-318	250-293	8,4-10,5	0,3-0,37	4,5-5,2
Polipropilen (izotaktik)	255-272	230-234	12,5-16,7	0,28-0,37	8,9-12,2
Polietilen-tereftalat	261-287	-	46-61	0,35-0,46	-

Polietilentereftalat (PETF) ning molekulyar massasi 192,16 g/mol ni tashkil etadi, bu esa tojli razryadlovchi elektrodda kuchlanish U_t ning yanada kattaroq qiymatini talab qiladi. Buni molekulalararo o'zaro ta'sir energiyasi (kJ/mol) bo'yicha keltirilgan ma'lumotlar ham tasdiqlaydi (3-jadval): taqqoslanayotgan polimerlar orasida PETF eng yuqori qiymatga ega bo'lib, u 46–61 kJ/mol ni tashkil etadi.

Demak, bir xil ishlov berish sharoitlarida (elektrodlar oralig'i, mm; chastota, kHz; davomiylik, s) polietilentereftalat yuzasini tojli razryad bilan faollashtirish uchun polipropilenga nisbatan yanada yuqori tojli razryadlovchi kuchlanish talab etiladi. [3] manbaga ko'ra, PETF yuzasini faollashtirish uchun suv asosidagi lateks bo'yoqlar bilan bosma nusxa olishda $U_t = 16$ kV kuchlanishda ishlov berish zarur bo'lib, bu holat tojli razryadlovchi kuchlanish bilan chop etishga mo'ljallangan polimer plyonkalarining energetik holati o'rtasidagi o'zaro bog'liqlikni tasdiqlaydi.

Xulosa. Shunday qilib, polimer plyonkalarni tojli razryad bilan ishlov berish— bosma bo'yoq bilan kontakt jarayonida adgezion xossalarini yaxshilash uchun sirtini faollashtirishning samarali usuli bo'lib, uning tahlili termodinamik yondashuvga asoslanishi lozim. Chunki tojli razryad yuqori kuchlanishli tojli razryadlovchi elektrod, elektrodlararo bo'shliq hamda yerga ulangan dielektrik elektrodda joylashgan polimer plyonkadan iborat termodinamik tizimdagi energetik o'zgarishlar bilan tavsiflanadi. Aniqlanishicha, polimer elementar bo'g'inining molekulyar massasidan tashqari, tojli razryadning asosiy rejimli parametri — tojli razryadlovchi kuchlanish U_t ga energetik tavsiflar sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Bular jumlasiga faollashtirish energiyasi U_0 , polimer zanjirlarining uzilish energiyasi U_d hamda molekulalararo o'zaro ta'sir energiyasi (kJ/mol) kiradi.

Adabiyotlar

- [1]. Назаров В. Г. Поверхностная модификация полимеров.-М: МГУП. 2008. -474с.
- [2]. Берлин А. А., Басин В. Е. Основы адгезии полимеров. -М.: Химия, 1974.-320с.

- [3]. Баканов В.А. Свойства полимерных пленок, активированных коронным разрядом и особенности применения в производстве упаковки: Автореф. ... дис. канд. техн. наук. - М., 2008. - 21с.
- [4]. Ананьев В.В., Перетокин Т.Н., Заиков Г.Е., Софьина С.Ю. Модификация адгезионных свойств полимерных пленок обработкой коронным разрядом//Вестник Казанского технологического университета. — 2014. - № 3. - С. 116-119.
- [5]. Яворский Б.М., Детлаф А.А. Справочник по физике. - М.: Наука, 1971.-939 с.

KENG IMKONIYATLI TIKUV MASHINALARDA KERAKLI MEXANIZMLARNI ISHLASH PRINSIPLARI

M. Turdiyev, F. Akbarova

Farg'ona davlat texnika universiteti

ORCID: 0009-0006-3041-5778

e-mail: mahmudjonturdiyev22@gmail.com

ORCID: 009-0000-2492-0336

e-mail: akbarovmaxmudjon89@gmail.com

(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya: Mazkur maqolada keng imkoniyatlarga ega zamonaviy tikuv mashinalarida qo'llaniladigan asosiy mexanizmlarning ishlash prinsiplari tahlil qilinadi. Xususan, igna harakat mexanizmi, ip tortish tizimi, matoni surish mexanizmi hamda ilgak qurilmasining o'zaro uyg'un ishlashi yoritib beriladi. Tadqiqot davomida ushbu mexanizmlarning konstruktiv tuzilishi, ularning harakat uzatish zanjiri va tikuv jarayonidagi funksional ahamiyati ilmiy asosda bayon etiladi. Shuningdek, zamonaviy avtomatlashtirilgan va elektron boshqaruv tizimlarining tikuv mashinalari samaradorligini oshirishdagi roli ko'rib chiqiladi. Maqola natijalari tikuv texnikasini o'rganayotgan mutaxassislar, talabalar hamda ishlab chiqarish sohasida faoliyat yuritayotgan muhandislar uchun foydali bo'lishi mumkin.

Tayanch so'zlar: tikuv mashinasi, mexanizm, igna harakati, ilgak tizimi, ip tortish mexanizmi, matoni surish, tikuv jarayoni, avtomatlashtirish, elektron boshqaruv, konstruktiv tuzilma, sanoat tikuv mashinalari.

Аннотация: В данной статье рассматриваются принципы работы основных механизмов современных многофункциональных швейных машин. Особое внимание уделено таким узлам, как механизм движения иглы, система натяжения нити, механизм продвижения ткани и челночное устройство, а также их взаимосвязанной работе. В ходе исследования анализируются конструктивные особенности данных механизмов, передача движения и их функциональная роль в процессе шитья. Кроме того, освещается значение автоматизированных и электронных систем управления в повышении эффективности швейных машин. Результаты статьи могут быть полезны специалистам, студентам и инженерам, работающим в области швейного производства.

Ключевые слова: швейная машина, механизм, движение иглы, челночное устройство, натяжение нити, транспортер ткани, процесс шитья, автоматизация, электронное управление, конструкция, промышленные швейные машины

Abstract: This article examines the operating principles of the main mechanisms in modern multifunctional sewing machines. Particular attention is given to components such as the needle movement mechanism, thread tension system, fabric feed mechanism (feed dog), and shuttle device, as well as their coordinated interaction. The study analyzes the structural design of these mechanisms, motion transmission, and their functional role in the sewing process. Additionally, the role of automated and electronic control systems in improving the efficiency of sewing machines is discussed. The results of the article may be useful for specialists, students, and engineers working in the field of sewing technology and production.

Keywords: sewing machine, mechanism, needle movement, shuttle system, thread tension, fabric feed, sewing process, automation, electronic control, structural design, industrial sewing machines.

Kirish

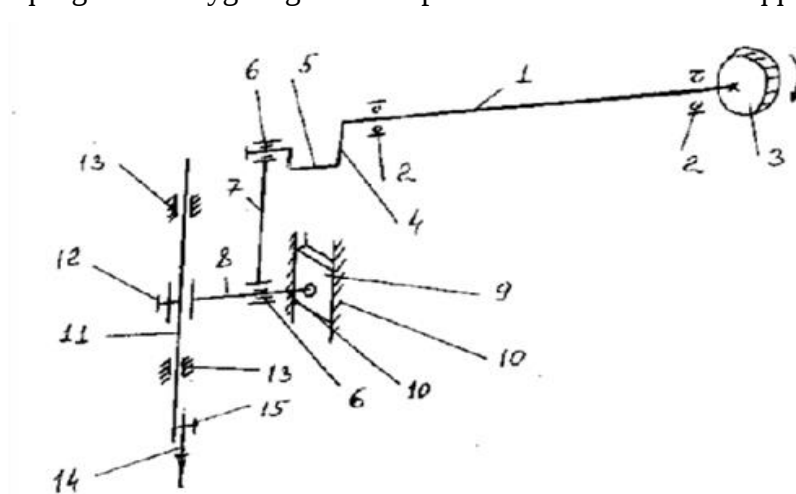
Tikuv sanoati yengil sanoatning muhim tarmoqlaridan biri bo'lib, unda qo'llaniladigan texnika va texnologiyalarning takomillashuvi ishlab chiqarish samaradorligini oshirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Ayniqsa, keng imkoniyatlarga ega zamonaviy tikuv mashinalarining yaratilishi tikuv jarayonini avtomatlashtirish, mahsulot sifatini yaxshilash va ishlab chiqarish tezligini oshirishga xizmat qilmoqda.

Bunday mashinalarda turli xil mexanizmlar o'zaro bog'liq holda ishlaydi va ularning har biri tikuv jarayonida muhim vazifani bajaradi. Igna mexanizimi, ip tortish mexanizmi, mokki mexanizmi, matoni surish mexanizmi hamda lapka mexanizmi qurilmasi birgalikda ishlashi natijasida sifatli tikuv hosil qilinadi. Ushbu mexanizmlarning ishlash prinsiplari va konstruktiv xususiyatlarini o'rganish tikuv mashinalaridan samarali foydalanish imkonini beradi.

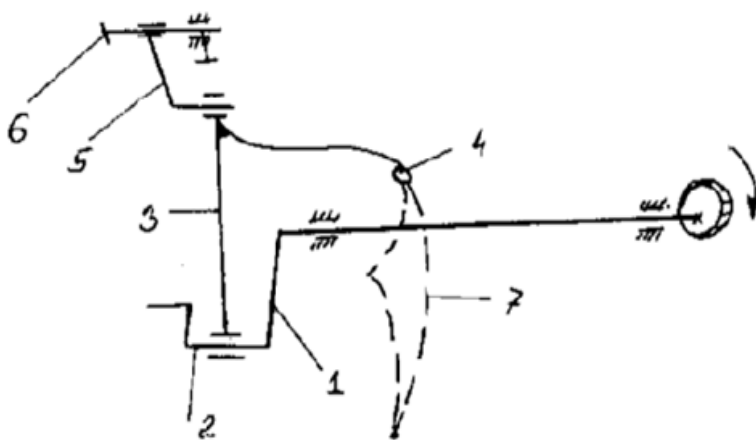
Nazariy qism.

Igna mexanizmi buyumlarni teshib o'tish, unga yuqorigi ipni o'tkazish va ipdan solqi (xalqa) hosil qilish vazifasini bajaradi.

1022-M sinf mashinasini igna mexanizmi: Bu mashinada krivoship-shatun tipli igna mexanizmi qo'llanilgan bo'lib, u quyidagicha tuzilgan. Ikki yumalash podshipnigiga bosh val erkin joylashtirilgan bo'lib, uning o'ng tarafiga shkiv (maxovik, gardish) kiygazilgan va ikki qadaluvchi vint yordamida maxkamlangan. Bosh valni chap tarafiga bir joylashtiruvchi vint yordamida krivoship maxkamlangan. Krivoshipga ikki elkali barmoqcha kiygazilib, u ikki vint yordamida maxkamlangan. Ikki elkali barmoqchani tashqi elkasiga shatunni ignali podshipnigi bo'lgan yuqorigi boshi kiygazilgan va chap rezbalı vint bilan barmoqqa erkin maxkamlangan.



1. Rasmda: 1. Bosh val. 2. Yumalash podshipniklari. 3. Shkiv.
4. Krivoship. 5. Ikki elkali barmoqcha. 6. Ignali podshipniklar.
7. Shatun. 8. Xomut barmog'i. 9. Sirpangich.
10. Vertikal yo'naltirgich. 11. Igna yuritgich (igna sterjeni).
12. Tortuvchi vint.
13. Yo'naltirilgichlar. 14. Igna. 15. Qadaluvchi vint.



Krivoship-koromislali ip tortgich mexanizmi sxemasi:

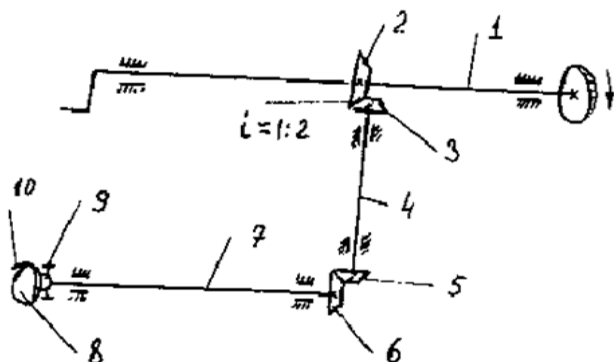
1. Krivoship. 2. Ikki elkali barmoq.
3. Ip tortgich richagi. 4. Ko'zcha. 5. Koromislo.
6. O'q. 7. Ip tortgich ko'zchasi traektoriyasi.

Shatunning pastki boshi orqali xomutikni barmog'i o'tkazilgan, uning oxiriga vertikal yo'naltirgich ichidagi sirpangich kiygazilgan. Xomutning teshigi va ikki vertikal yo'naltirgich orqali ichi bo'sh igna yuritgich o'tkazilgan va tortuvchi vint yordamida xomutga maxkamlangan. Igna yuritgichni pastga o'qi bo'ylab teshilgan ariqchaga igna kolbasi kiygazilgan va qadaluvchi vint yordamida maxkamlangan.

Bosh val aylananda krivoship ikki elkali barmoq yordamida shatunni yuqorigi boshini yuqoriga ko'tarsa uning pastki boshi igna yuritgichni ham yuqoriga tortadi, bunda igna materialdan chiqadi, aksincha krivoship barmoqcha yordamida shatunni yuqorigi boshini pastga bossa, uning pastgi boshi ham pastga bosiladi va o'z navbatida u xomut yordamida igna yuritgichni pastga bosadi, natijada igna materialni teshib o'tadi. Demak, bosh valning aylanma xarakati krivoship va shatun yordamida igna yuritgichni ilgari qaytma xarakat qilishiga olib kelar ekan..

Igna mexanizmidagi sozlashlar: Ignani moki burniga nisbatan vertikal bo'ylab xolati 12 vintni bo'shatilib. 11 igna

yuritgichni yuqoriga yoki pastga surish yo'li bilan amalga oshiriladi, bunda igna eng pastki xolatga kelganda uning ko'zchasini yarimi Qalchak ushlangich devoridan ko'rinib turishi kerak. Agar ko'rinmasa mashina tikmaydi (igna yuritgichni pastga tushirish kerak), to'liq ko'rinisa igna sinadi hamda mashina tashlab-tashlab tikadi (igna yuritgichni yuqoriga ko'tarish kerak).



1022 sinf mashinasini moki mexanizmi sxemasi: 1. Bosh val. 2,3,5,6 - konik shesternyalar. 4. Vertikal val. 7. Moki vali. 8. Moki. 9. Qadaluvchi vintlar. 10. Moki burni.

Kulachokli ip tortgich mexanizmi mashinani tezligi 1500 ayl/min dan kam bo'lgan mashinalarda ishlatiladi, ko'pincha uy mashinalarida. Uning konstruksiyasida oliy kinematik juft bo'lib, u shovqin bilan ishlaydi hamda tez qiziydi. Bu xol uni ishlash muddatini cheklaydi.

Krivoship-koromislo tipli ip tortgich mexanizmlari tezligi 1500-5000 ayl/min atrofida bo'lgan mashinalarda ishlatilib, u eng ko'p tarqalgan mexanizmlardandir.

Krivoship-kulisa tipli ip tortgich mexanizmlari tezligi 2500-3500 ayl/min hamda mokisi gorizontal tekislikka parallel tekislikda aylanuvchi mashinalarda ishlatiladi.

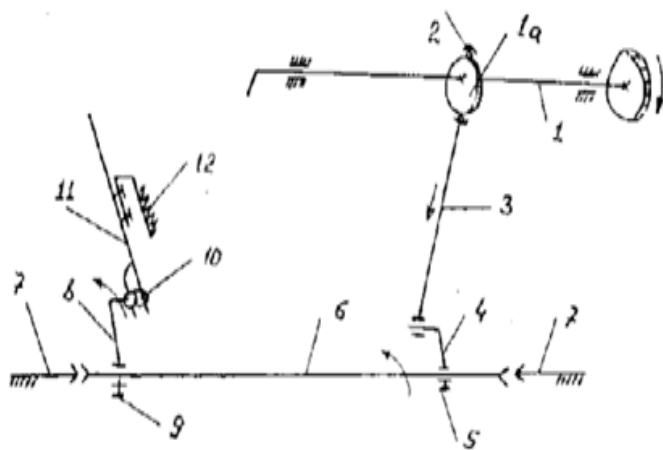
Ba'zi tezligi 5000 ayl/min va undan yuqori bo'lgan mashinalarda aylanuvchi gardishsifat ip tortgich moslamasi qo'llaniladi.

Richagli ip tortgich moslamalari asosan juda sodda bo'lib, u igna yuritgichga maxkamlangan bir detal - richagdan tashkil topgan.

Har bir tikuv mashinasidagi moki mexanizmlari asosiy mexanizmlardan hisoblanib, ular ignani kalta ariqchasi tarafda hosil bo'lgan solqini olib olish bilan birga, uni kengaytirib o'zlarini g'altaklaridagi ip atrofida aylantirib u bilan chalishtirish vazifasini bajaradilar.

1022 sinf mashinasini mokki mexanizmi: Moki mexanizmlari markaziy g'altakli, nomarkaziy g'altakli, hamda vertikal tekislikka parallel tekislikda aylanuvchi va gorizontal tekislikka parallel tekislikda aylanuvchi turlarga bo'linadilar. SHuningdek, buralma-qaytma xarakat qiluvchi moki mexanizmlari xam ma'lum.

1022 sinf mashinasidagi mexanizmدا mokiga bosh valdan tishli ilashmalar orqali xarakat uzatish ko'zda tutilgan, bu xol mexanizmni ancha shovqin sharoitida ishlashiga sabab bo'ladi.



Tishli reykani vertikal yo'nalish bo'ylab xarakat qilish uzeli: Bosh val 1 ni aylanishida 1 eksentrikni katta radiusi yuqoriga ko'tarilsa, u shatun 3 yordamida 4 koromisloni soat strelkasi bo'ylab buradi, natijada 6 ko'tarish vali 8 ko'tarish koromislosi o'zining 10 rolik yordamida 11 ayrisimon richagni yuqoriga ko'taradi, bunda 12 tishli reyka ham yuqoriga ko'tariladi va buyumni ko'taradi. Aksincha, 1 eksentrikni katta radiusi rasmda ko'rsatilgan xolga kelsa, shatun 3 koromislo 4 ni soat strelkasiga qarshi buradi, u o'z navbatida 6 valni va 8 oldingi koromisloni soat strelkasiga teskari yo'nalishga burib 10 rolik va 11 ayrisimon richag orqali 12 tishli reykani pastga tushiradi. Bunda tishli reyka 12 igna plastinasi o'yig'idan pastga tushadi, bunda material igna tomonidan teshib o'tilayotgan bo'ladi.

1022-M, 97-A, 862 sinf mashinalarida mokiga xarakat bosh valdan tishli tasmalar orqali uzatiladi, bu shovqinni ancha kamayishiga sabab bo'ladi, ammo tasmalarning cho'zilishga ishlashligi sababli, gohida ular solqi holga kelsa, ularni tez almashtirish kerak bo'ladi

Bundan tashqari 97-A sinf mashinasida mashinadagi xamma ishqalanuvchi bo'g'inlarga, shuningdek mokiga xam avtomatik ravishda moy uzatuvchi nasos sistemasi ishlatilgan. Bu detallarni qizishini oldini oladi, ularni ishlash muddatini oshiradi, shovqinni kamayishiga sabab bo'ladi. Bu mexanizmlar igna va moki iplari chalishgandan xamda chok mustahkamlangandan so'ng buyumni bir chok qadamiga surish vazifasini bajaradi. 1022 sinf mashinasida buyumni surish igna materialdan chiqqanidan so'ng boshlansa, 862 sinf mashinasida buyumni surish igna materialni teshib o'tgach boshlanadi.

1022 sinf mashinasini surish mexanizmi: 1022-sinf tikuv mashinasida matoni surish mexanizmi odatda **tishli reyka** va bosuvchi oyoqcha yordamida ishlaydi. Bu mexanizm matoni igna ostidan ma'lum qadam bilan oldinga siljitib, chokning bir xil uzunlikda hosil bo'lishini ta'minlaydi. Harakat odatda elliptik (oval) trayektoriya bo'yicha amalga oshadi: yuqoriga chiqish → oldinga siljish → pastga tushish → orqaga qaytish.

1022-sinf tikuv mashinasining surish mexanizmi oddiy, ishonchli va ishlab chiqarish uchun qulay hisoblanadi. U ko'p turdagi matolar bilan samarali ishlaydi, ammo zamonaviy tizimlarga nisbatan ayrim cheklavlarga ega. Shu sababli, uni to'g'ri sozlash va texnik xizmat ko'rsatish yuqori sifatli tikuv olishda muhim ahamiyatga ega.

Lapka mexanizmi tikuv mashinasining asosiy ishchi qismlaridan biri bo'lib, uning vazifasi matoni igna plastinasi ustida mahkam bosib turishdan iborat. Bu mexanizm matoning tikuv jarayonida siljib ketmasligini ta'minlaydi va chokning sifatli chiqishiga yordam beradi.

Lapka odatda transportyor (tishli reyka) bilan birgalikda ishlaydi. Transportyor matoni oldinga suradi, lapka esa uni pastga bosib, nazorat ostida ushlab turadi.

1022 sinf mashinasini lapka mexanizmi: Lapka (bosuvchi oyoqcha) mexanizmi tikuv mashinasining muhim ishchi qismlaridan biri bo'lib, u matoni igna plastinasi ustida mahkam bosib turish vazifasini bajaradi. 1022-sinf mashinasida lapka mexanizmi prujina (spring) yordamida pastga bosim beradi va matoning tikuv jarayonida siljib ketmasligini ta'minlaydi.

Lapka mexanizmi quyidagi asosiy qismlardan tashkil topadi:

- bosuvchi oyoqcha (lapka),
- lapka shtangi (tayanch sterjen),
- bosim beruvchi prujina,
- ko'tarish-tushirish richagi (lever).

Mexanizm ish jarayonida matoni transportyor (tishli reyka) bilan birgalikda ushlab turadi va bir tekis harakatlanishiga yordam beradi.

Lapka matoni igna plastinasiga bosib turadi, shu bilan birga transportyor tishlari matoni oldinga suradi. Tikuv boshlanishidan oldin operator lapkani pastga tushiradi, bu esa matoni mahkamlab beradi. Tikuv tugagach yoki matoni almashtirish kerak bo'lganda lapka yuqoriga ko'tariladi.

Bosim kuchi maxsus sozlagich yordamida o'zgartirilishi mumkin, bu esa turli qalinlikdagi matolar bilan ishlash imkonini beradi.

1022-sinf tikuv mashinasining lapka mexanizmi sodda, samarali va ishonchli hisoblanadi. U matoni barqaror ushlab turish orqali sifatli tikuv hosil qilishda muhim rol o'ynaydi. Biroq, yuqori sifatga erishish uchun bosimni to'g'ri sozlash va mexanizmga muntazam texnik xizmat ko'rsatish zarur.

Xulosa

Xulosa qilib aytganda, keng imkoniyatli tikuv mashinalarida qo'llaniladigan mexanizmlar o'zaro uzviy bog'liq holda ishlaydi va tikuv jarayonining sifatini hamda unumdorligini belgilab beradi. Iгна mexanizmi, ip tortish tizimi, transportyor, lapka va shuttle qurilmasining muvofiqlashtirilgan ishlashi natijasida sifatli va mustahkam chok hosil qilinadi. Ushbu mexanizmlarning ishlash prinsiplari va konstruktiv xususiyatlarini chuqur o'rganish tikuv mashinalaridan samarali foydalanish, nosozliklarni oldini olish va ishlab chiqarish samaradorligini oshirish imkonini beradi.

Shu bilan birga, zamonaviy tikuv mashinalarida avtomatlashtirish va elektron boshqaruv tizimlarining joriy etilishi inson omilini kamaytirib, ish aniqligi va tezligini yanada oshirmoqda. Kelgusida ushbu mexanizmlarni yanada takomillashtirish orqali tikuv sanoatida yuqori sifat va samaradorlikka erishish mumkin.

Adabiyotlar

- [1]. Иванов, В. А. Швейные машины: устройство и эксплуатация. – Москва: Машиностроение, 2015. – 256 с.
- [2]. Бекмуродов, Ш. М. Технология швейного производства. – Ташкент: Техника, 2018. – 312 с.
- [3]. Караева, Л. П. Основы механики швейных машин. – Санкт-Петербург: Профиздат, 2016. – 198 с.
- [4]. Zhang, Y., Li, H. Modern Sewing Machines: Mechanisms and Automation. – London: Woodhead Publishing, 2020. – 210 p.
- [5]. Gupta, R., Kumar, P. Industrial Sewing Technology: Principles and Applications. – New Delhi: Springer, 2019. – 180 p.
- [6]. Turdiyev, M., Akbarova, F. Tikuv mashinalarining asosiy mexanizmlari va ularning ishlash prinsiplari // O'zbekistonda Yengil Sanoat Jurnali, 2022. – №3. – B. 45–52.
- [7]. Kadir, A. Automation in Sewing Industry. – Istanbul: Textile Press, 2021. – 134 p.
- [8]. Захарова, Н. В. Механизмы швейных машин: теория и практика. – Москва: Легпром, 2017. – 242 с.

УДК 66.045.5

**NEFT VA GAZNI QAYTA ISHLASH SANOATIDA ISSIQLIK ALMASHINISH
JARAYONINING DOLZARB MUAMMOLARI**

A.M. Hurmamatov¹, V.N. Jurayev² J.A. Mo'minov³

¹Toshkent davlat texnika universiteti,

²Olmalik davlat texnika instituti,

³Farg'ona davlat texnika universiteti

[\(Qabul qilindi 22.02.2026 y.\)](#)

Annotatsiya. Ushbu maqolada neft va gazni qayta ishlash sanoatida issiqlik almashinish jarayonlarining hozirgi holati va ularni amalga oshirish jarayonida yuzaga kelayotgan dolzarb muammolar tahlil qilingan. Issiqlik almashtirgichlarning texnologik jarayonlardagi o'rni, ularning samaradorligiga ta'sir etuvchi asosiy omillar, jumladan cho'kma hosil bo'lish (Накунеобразовия) va korroziya hodisalari, issiqlik uzatish koeffitsientining pasayishi hamda energiya yo'qotishlari ilmiy jihatdan asoslab berilgan. Shuningdek, tahlil natijalari neft va gazni qayta ishlash korxonalarida energiya samaradorligini oshirish, ishlab chiqarish tannarxini kamaytirish va ekspluatatsion ishonchlikni ta'minlashga qaratilgan amaliy tavsiyalar ishlab chiqish imkonini beradi.

Tayanch so'zlar: neft va gaz, issiqlik almashinish jarayoni, energiya samaradorligi, cho'kma hosil bo'lish (Накунеобразовия), korroziya, issiqlik uzatish koeffitsienti

Аннотация. В данной статье проанализировано современное состояние процессов теплообмена в нефтегазоперерабатывающей промышленности, а также актуальные проблемы, возникающие в процессе их реализации. Научно обоснована роль теплообменников в технологических процессах и рассмотрены основные факторы, влияющие на их эффективность, в том числе образование отложений (накунеобразование), коррозионные процессы, снижение коэффициента теплопередачи и потери энергии. Результаты анализа позволяют разработать практические рекомендации, направленные на повышение энергетической эффективности, снижение себестоимости продукции и обеспечение эксплуатационной надежности на предприятиях по переработке нефти и газа.

Ключевые слова: нефть и газ, процесс теплообмена, энергетическая эффективность, накунеобразование, коррозия, коэффициент теплопередачи

Abstract. This paper analyzes the current state of heat transfer processes in the oil and gas processing industry and examines the urgent problems arising during their implementation. The role of heat exchangers in technological processes is scientifically substantiated, and the main factors affecting their efficiency are considered, including deposit formation (scale formation), corrosion phenomena, reduction of the heat transfer coefficient, and energy losses. The results of the analysis make it possible to develop practical recommendations aimed at improving energy efficiency, reducing production costs, and ensuring operational reliability at oil and gas processing enterprises.

Keywords: oil and gas, heat transfer process, energy efficiency, scale formation, corrosion, heat transfer coefficient.

Neft va gazni qayta ishlash sanoati global miqyosda eng yirik va strategik ahamiyatga ega bo'lgan sanoat tarmoqlaridan biri hisoblanadi. Ushbu soha jahon energiya balansining asosiy qismini ta'minlabgina qolmay, balki kimyo, energetika, transport va qurilish kabi ko'plab tarmoqlarning barqaror faoliyat yuritishida hal qiluvchi rol o'ynaydi. Neft va gazni qayta ishlash jarayonlari murakkab texnologik zanjirdan iborat bo'lib, ularning deyarli barcha bosqichlarida issiqlik almashinish jarayonlari asosiy o'rin egallaydi [1-4].

Texnologik jarayonlarda xomashyoni qizdirish, fraksiyalarga ajratish, sovitish, kondensatsiyalash va reaksiya muhitining optimal haroratini saqlash issiqlik almashtirgichlar yordamida amalga oshiriladi. Shu sababli issiqlik almashinish jarayonlarining samaradorligi ishlab chiqarish quvvati, mahsulot sifati, energiya sarfi va ekologik xavfsizlik ko'rsatkichlariga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Zamonaviy sharoitda energiya resurslarining qimmatlashuvi va atrof-muhitga bo'lgan talablarning keskin kuchayishi issiqlik almashinish jarayonlarini chuqur ilmiy tahlil qilishni talab etmoqda [2,5].

Ma'lumki, neft va gazni qayta ishlash sanoati yuqori energiya talab qiluvchi sohalar qatoriga kiradi. Statistik ma'lumotlarga ko'ra, neftni qayta ishlash zavodlarida umumiy energiya sarfining 40–60 foizi issiqlik jarayonlariga to'g'ri keladi. Ushbu energiya sezilarli qismi issiqlik almashtirgichlar orqali uzatiladi. Shu bois issiqlik almashinish samaradorligini oshirish orqali korxonalarda energiya tejamkorlikka erishish va ishlab chiqarish tannarxini kamaytirish imkoniyati mavjud.

Biroq amaliyot shuni ko'rsatadiki, issiqlik almashtirgichlar uzoq muddatli ekspluatatsiya jarayonida bir qator jiddiy muammolarga duch keladi. Jumladan, issiqlik almashinish yuzalarida cho'kma hosil bo'lishi (cho'kma hosil bo'lishi), agressiv komponentlar ta'sirida korroziya jarayonlarining kuchayishi, oqim rejimining buzilishi va issiqlik uzatish koeffitsientining pasayishi kuzatiladi. Ushbu holatlar nafaqat uskunaning samaradorligini kamaytiradi, balki avariya xavfini oshirib, rejalashtirilmagan to'xtashlarga va iqtisodiy yo'qotishlarga olib keladi.

Shuningdek, ko'plab neft-gaz korxonalarida hali ham eskirgan issiqlik almashinish uskunalardan foydalanilishi, issiqlik izolyatsiyasining yetarli darajada ta'minlanmaganligi va zamonaviy boshqaruv tizimlarining joriy etilmaganligi energiya yo'qotishlarining ortishiga sabab bo'lmoqda. Bu esa bugungi kunda dolzarb bo'lgan energiya samaradorligi va ekologik barqarorlik masalalarini yanada keskinlashtiradi.

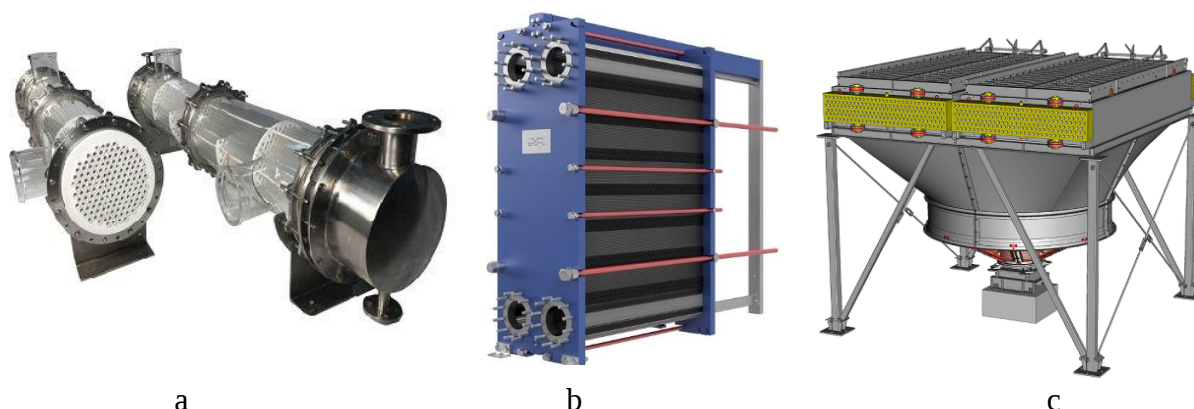
So'nggi yillarda issiqlik almashinish jarayonlarini takomillashtirish bo'yicha ko'plab ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Jumladan, yangi konstruksiyadagi issiqlik almashtirgichlarni yaratish, mikrokanalli va kompakt issiqlik almashtirgichlardan foydalanish, cho'kma hosil bo'lishiga qarshi qoplamalar ishlab chiqish hamda jarayonlarni raqamli modellashtirish Aspen HYSYS, ANSYS asosida optimallashtirish kabi yo'nalishlar alohida ahamiyat kasb etmoqda.

Shularni inobatga olib, neft va gazni qayta ishlash sanoatida issiqlik almashinish jarayonlarida uchraydigan dolzarb muammolarni tizimli ravishda tahlil qilish, ularning kelib chiqish sabablari va ishlab chiqarish samaradorligiga ta'sirini aniqlash hamda zamonaviy ilmiy-texnik yechimlar asosida ularni bartaraf etish yo'llarini ko'rsatib berish asosiy maqsad sanaladi.

Neft va gazni qayta ishlash sanoatida issiqlik almashtirgichlar texnologik jarayonlarning uzluksiz va barqaror ishlashini ta'minlovchi asosiy qurilmalardan biri hisoblanadi. Xom neftni dastlabki qizdirish, fraksiyalarga ajratish, rektifikatsiya kolonnalari uchun xomashyo tayyorlash, mahsulotlarni sovitish va kondensatsiyalash jarayonlari issiqlik almashinish qurilmalarisiz amalga oshirilishi mumkin emas. Shu sababli issiqlik almashtirgichlar ishlab chiqarish samaradorligi va mahsulot sifatiga bevosita ta'sir ko'rsatadi.

Amaliyotda eng keng qo'llaniladigan issiqlik almashtirgichlar qobiq-quvurli qurilmalar bo'lib, ular yuqori bosim va harorat sharoitida ishonchli ishlashi bilan ajralib turadi. Plastinali issiqlik almashtirgichlar esa kompaktligi va yuqori issiqlik uzatish koeffitsienti bilan farqlanadi, biroq agressiv muhitlarda ularning qo'llanilishi cheklangan. Havoli sovitish qurilmalari suv resurslari cheklangan hududlarda muhim ahamiyat kasb etadi. So'nggi yillarda mikrokanalli va

kompakt issiqlik almashtirgichlar energiya samaradorligi nuqtayi nazaridan istiqbolli yo‘nalish sifatida qaralmoqda.



1-rasm. Issiqlik almashinish qurilmalarining ayrim turlari.

Issiqlik almashtirgichlar yuzasida cho‘kma hosil bo‘lishi, neft va gaz sanoatidagi eng dolzarb muammolardan biridir. Neft tarkibidagi parafinlar, asfaltenlar, mexanik aralashmalar, shuningdek, tuz va korroziya mahsulotlari issiqlik almashinish yuzalarida qatlam hosil qiladi. Ushbu qatlam issiqlik o‘tkazuvchanligi past bo‘lgani sababli umumiy issiqlik uzatish koeffitsientining keskin kamayishiga olib keladi.



2-rasm. Issiqlik almashinish jarayonida quvurlarda cho‘kmaning hosil bo‘lishi.

Cho‘kma hosil bo‘lishi natijasida issiqlik almashtirgichning gidravlik qarshiligi oshadi, oqim tezligi kamayadi va energiya sarfi ortadi. Professor O. Ismailovning amaliy tadqiqotlar shuni ko‘rsatadiki, cho‘kma hosil bo‘lishi tufayli issiqlik almashtirgichlarning samaradorligi 20–50 foizgacha pasayishi mumkin. Bu holat tez-tez texnologik to‘xtashlarga va tozalash ishlariga ehtiyoj tug‘diradi [6].



3-rasm. Qurilma metall qismlarida korroziyaning ko‘rinishlari.

Neft va gazni qayta ishlash jarayonlarida ishlatiladigan muhitlar ko'pincha agressiv xususiyatga ega bo'lib, issiqlik almashtirgichlar materiallarining korroziyaga uchrashiga sabab bo'ladi. Ayniqsa, H_2S , CO_2 , suv bug'i va xlorid ionlari mavjudligi yuqori harorat sharoitida korroziya jarayonlarini tezlashtiradi.

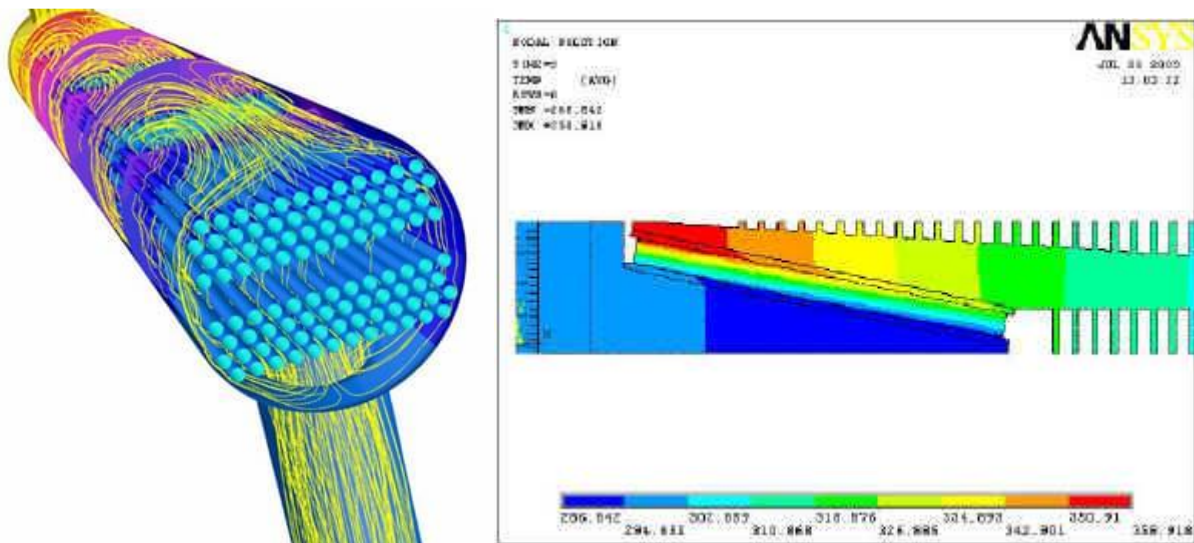
Korroziya issiqlik almashtirgichning devor qalinligini kamaytiradi, mexanik mustahkamligini pasaytiradi va oqibatda sizib chiqishlar yoki avariya holatlarini keltirib chiqaradi. Bu esa ishlab chiqarish xavfsizligiga jiddiy tahdid soladi. Korroziyaga qarshi qotishmalar, maxsus qoplamalar va ingibitorlardan foydalanish ushbu muammoni kamaytirishning asosiy yo'llaridan hisoblanadi.

Issiqlik almashinish jarayonlaridagi muhim muammolardan biri energiya yo'qotishlarining yuqoriligidir. Issiqlik izolyatsiyasining yetarli darajada bo'lmasligi, eskirgan uskunalar va noto'g'ri ekspluatatsiya sharoitlari katta miqdorda foydasiz issiqlik yo'qotilishiga olib keladi.

Energiya yo'qotishlari nafaqat iqtisodiy zarar keltiradi, balki atrof-muhitga chiqariladigan issiqxona gazlari miqdorini ham oshiradi. Shu sababli issiqlikni qayta tiklash tizimlarini (heat recovery) joriy etish va integratsiyalashgan issiqlik almashinish tarmoqlarini yaratish bugungi kunda dolzarb vazifa hisoblanadi.

Zamonaviy hisoblash texnologiyalari issiqlik almashinish jarayonlarini chuqur tahlil qilish va optimallashtirish imkonini bermoqda. CFD modellash usullari yordamida oqim tuzilmasi, harorat maydonlari va issiqlik uzatish intensivligini aniqlash mumkin.

Aspen HYSYS, Aspen Plus va ANSYS kabi dasturiy vositalar yordamida issiqlik almashtirgichlarni loyihalash, ularning ish rejimlarini tanlash va samaradorligini oshirish mumkin. Ushbu yondashuvlar amaliy tajribalar sonini kamaytirib, vaqt va moliyaviy resurslarni tejash imkonini beradi.



4-rasm. Issiqlik almashinish qurilmalarida ANSYS dasturida raqamli hisoblash.

Umuman olganda, tadqiqot davomida neft va gazni qayta ishlash sanoatida issiqlik almashinish jarayonlarining texnologik, energetik va ekspluatatsion jihatlari har tomonlama tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari issiqlik almashtirgichlarning samarali ishlashi mazkur sanoat tarmog'ining energiya samaradorligi, ishlab chiqarish barqarorligi va iqtisodiy ko'rsatkichlariga bevosita ta'sir ko'rsatishini tasdiqladi.

Nazariy tahlillar asosida aniqlanishicha, issiqlik almashinish jarayonlarining samaradorligi issiqlik uzatish yuzalarining holati, oqim rejimi hamda ishlovchi muhitning fizik-kimyoviy xossalari bilan chambarchas bog'liq. Cho'kma hosil bo'lishi va korroziya jarayonlari issiqlik uzatish koeffitsientining pasayishiga, gidravlik qarshilikning ortishiga va uskunaning ekspluatatsion ishonchliligining kamayishiga olib keluvchi asosiy omillar sifatida belgilandi. Ushbu holatlar uzoq muddatli ekspluatatsiya jarayonida energiya yo'qotishlarining sezilarli darajada oshishiga sabab bo'ladi.

Amaliy jihatdan olib borilgan tahlillar shuni ko'rsatdiki, neft va gazni qayta ishlash korxonalarida issiqlik almashinish jarayonlarini takomillashtirish orqali katta energiya tejash imkoniyatlari mavjud. Cho'kma hosil bo'lishiga qarshi profilaktik choralarni qo'llash, korroziyaga chidamli materiallar va himoya qoplamalaridan foydalanish, issiqlik izolyatsiyasini yaxshilash hamda issiqlikni qayta tiklash tizimlarini joriy etish orqali issiqlik almashtirgichlarning umumiy samaradorligini oshirish mumkin.

Shuningdek, zamonaviy hisoblash va modellashtirish usullaridan, jumladan Aspen HYSYS va ANSYS dasturiy vositalaridan foydalanish issiqlik almashinish jarayonlarini chuqur tahlil qilish, optimal konstruktiv va ishchi parametrlarni aniqlash hamda loyihalash va modernizatsiya jarayonlarida ilmiy asoslangan qarorlar qabul qilish imkonini beradi.

Xulosa qilib aytish mumkinki, neft va gazni qayta ishlash sanoatida issiqlik almashinish jarayonlarini ilmiy asosda takomillashtirish energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish, ishlab chiqarish tannarxini kamaytirish va atrof-muhitga salbiy ta'sirni qisqartirishda muhim ahamiyat kasb etadi. Mazkur xulosa kelgusida issiqlik almashtirgichlarni loyihalash, modernizatsiya qilish va ularning ekspluatatsiya samaradorligini oshirishga qaratilgan ilmiy tadqiqotlar uchun mustahkam nazariy va amaliy asos bo'lib xizmat qiladi.

Aadabiyotlar

- [1]. Z. Salimov. "Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari" 1 tom. T. "O'zbekiston"-1994y
- [2]. Z. Salimov. "Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari" 2 tom. T. "O'zbekiston"-1995y.
- [3]. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmuhamedov, S.G. Zokirov. "Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari". Toshkent-2015.
- [4]. Z.Salimov "Neft va gazni qayta ishlash jarayonlari va uskunalari" Toshkent-2010.
- [5]. Павлов К.Ф., Романков П.Г., Носков А.А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. – Л.: Химия, 1987.
- [6]. O.Yu.Ismailov. Issiqlik almashish qurilmalarida doshqol hosil bo'lish sabablari. 2022y Sanaot innovatsiyalari jurnali, 13-tom. 32-38 b.
- [7]. Xurmamatov A. M., Mo'minov J. A. Benzin fraksiyasini havo yordamida sovitish jarayonining tadqiqot natijalari //Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2021. – T. 1. – №. 9. – С. 619-624.
- [8]. Mo'minov J.A., Xurmamatov A.M. Neft maxsulotlarini havo yordamida sovitishda tashqi omillar ta'siri. Innovations in the oil and gas industry, modern power engineering and actual problem. Toshkent -2021. –с 91-93.
- [9]. www.neftgaz.ru, www.pronpz.ru.

JINLASHDAN KEYIN CHIGITNI TOZALASH VA QOLDIQ TOLADORLIGI YUQORI CHIGITLARNI SARALASHNING TEXNOLOGIK AHAMIYATI

R.K. Djamolov¹, M. Akromov², G.X. Jalilova²

¹Tolali ekinlar ilmiy tadqiqot instituti,

²Farg'ona davlat texnika universiteti

E-mail gulnoza.25081992@gmail.com, +998992328669

[\(Qabul qilindi 10.03.2026 y.\)](#)

Annotatsiya. Ushbu maqolada jinlashdan keyin hosil bo'lgan chigit massasini linterlashdan oldin tozalash va qoldiq toladorligi yuqori bo'lgan chigitlarni alohida ajratishning dolzarbligi ilmiy jihatdan asoslanadi. Tadqiqotda paxta namligi va iflosligi o'zgarishi chigit sifatiga, xususan, chigit namligi, iflosligi hamda qoldiq toladorlik miqdoriga ta'sir qilishi tajriba asosida ko'rsatib berilgan. Farg'ona viloyati "Rishton" paxta tozalash korxonasida olib borilgan kuzatuv va tahlillar natijasida paxta namligi 7,5–12,0 % oralig'ida oshganda chigitda qoladigan tola miqdori 0,54 % dan 1,25 % gacha ortishi aniqlangan. Bu holat ishlab chiqarishda katta tola yo'qotishlariga va iqtisodiy zararga olib kelishi hisob-kitoblar bilan isbotlangan. Shuningdek, mavjud tozalash texnologiyalarida mexanik ta'sir yuqoriligi sababli chigitning maydalanishi va ifloslanishi ortishi muammolari keltirilgan. Natijada chigitni zarar yetkazmasdan, havo oqimi asosida saralash va yuqori tolador chigitlarni ajratishga mo'ljallangan maxsus uskunani ishlab

chiqish zarurligi asoslab berilgan.

Tayanch soʻzlar: Chigit, linterlash, qoldiq toladorlik, havo oqimi, separatsiya, chigit tozalash, jinlash, paxta namligi, paxta iflosligi, fraksiyalarga ajratish, iqtisodiy yoʻqotish, mexanik taʼsir.

Аннотация. В данной статье научно обоснована актуальность очистки семян хлопка, образующихся после джинирования, до линтерования, а также отдельного выделения семян с высокой остаточной волокнистостью. В исследовании на экспериментальной основе показано влияние изменения влажности и загрязнённости хлопка на качество семян, в частности на влажность, загрязнённость и количество остаточной волокнистости. В результате наблюдений и анализов, проведённых на хлопкоочистительном заводе «Риштон» Ферганской области, установлено, что при увеличении влажности хлопка в пределах 7,5–12,0 % количество волокна, остающегося на семенах, возрастает от 0,54 % до 1,25 %. Этот факт подтверждён расчётами, показывающими значительные потери волокна и экономический ущерб в производстве. Кроме того, рассмотрены проблемы, возникающие при существующих технологиях очистки, связанные с механическим воздействием, приводящим к дроблению семян и увеличению их загрязнённости. В итоге обоснована необходимость разработки специального оборудования, предназначенного для сортировки семян на воздушном потоке и выделения семян с высокой остаточной волокнистостью без повреждения семян.

Ключевые слова: семена хлопка, линтерование, остаточная волокнистость, воздушный поток, сепарация, очистка семян, джинирование, влажность хлопка, загрязнённость хлопка, разделение на фракции, экономические потери, механическое воздействие

Abstract. This article scientifically substantiates the relevance of cleaning cotton seeds generated after ginning prior to linting, as well as the separate sorting of seeds with high residual fiber content. The study experimentally demonstrates the influence of cotton moisture and contamination levels on seed quality, particularly on seed moisture, contamination, and residual fiber content. Observations and analyses conducted at the “Rishton” cotton processing plant in the Fergana region showed that when cotton moisture increased within the range of 7.5–12.0%, the amount of fiber remaining on the seeds rose from 0.54% to 1.25%. These findings are supported by calculations, which indicate significant fiber losses and economic damage in production. In addition, problems arising from existing cleaning technologies—such as increased seed breakage and contamination due to high mechanical impact—are discussed. As a result, the necessity of developing specialized equipment designed for airflow-based seed sorting and separation of seeds with high residual fiber content without damaging the seeds is justified.

Keywords: cotton seeds, linting, residual fiber content, airflow, separation, seed cleaning, ginning, cotton moisture, cotton contamination, fractionation, economic loss, mechanical impact

Chigitlarni linterlashdan oldin tozalash va qoldiq toladorligi yuqori chigitlarni ajratish bilan momiqqa oʻtib ketayotgan tolani olib qolishdan tola miqdorining ortishiga va linter uskunalarining ishlash tekisligini, ishchi qismlarining ishlash muddatini oshirishga erishiladi. Chigit tarkibida toladorligi yuqori chigitlarning boʻlmasligi, linterlash jarayonidan ajralgan chigitlarning tukdorligining bir xilligiga olib keladi. Bu esa linterlangan chigitlarni urugʻlik boʻlsa, keyingi ishlash jarayonining oson kechishi, texnik yogʻ-moy uchun boʻlsa, olinadigan yogʻ maxsulotlarining kamayishining oldi olinadi. Tuk miqdori koʻpligidan keyingi qayta ishlash jarayonida energiya sarfini oshiradi va ishchi qismlarning tez ishdan chiqishga olib keladi. Shuning uchun jinlangan chigitni linterlashdan oldin tozalash va qoldiq toladorligi yuqori chigitlarni ajratish dolzarb masala xisoblanadi.

Ilmiy adabiyotlarda chigitni tozalash va linterlash jarayonini takomillashtirish boʻyicha bir qator tadqiqotlar olib borilgan. Bulardan Muradov R, E.T.Maqsudov, Sarimsakov A.U., A.E.Lugachev, X.S.Usmanov, Ahmedkhodjaev H.T., Karimov A.I., Obidov A.A., R.K.Djamolov va M.Akromov va boshqalar chigit tozalash texnologiyalari, mexanik ajratish jarayonlari va havo oqimi taʼsiridagi separatsiya masalalarini oʻrganganlar.

Shu bilan birga, mavjud texnologiyalarda chigit massasiga mexanik taʼsirning yuqoriligi sababli pishmagan yoki mayda chigitlar maydalanib, mayda zarrachalar hosil boʻladi va bu linterlash jarayonida momiq va chigit iflosligining yanada ortishiga olib keladi. Demak, chigitli massa tarkibidagi iflos aralashmalarni chigitga zarar yetkazmasdan, havo oqimi asosida samarali ajratish imkoniyatlarini yanada chuqur oʻrganish talab etiladi.

E.T.Maqsudov tomonidan tayyorlangan qo'llanmada [1] chigit shakli asosan tuxumsimon ko'rinishda qabul qilingan. Biroq bunday umumlashtirilgan yondashuv chigitning o'ziga xos xususiyatlarini ma'lum darajada yo'qotadi va ayniqsa, jinlashdan keyin hosil bo'lgan chigitlarni aniq tasniflash hamda ularni bir-biridan farqlashni qiyinlashtiradi. Regenerator orqali ajratilgan fraksiyalarni kuzatish natijasida linterlashga yo'naltirilayotgan chigitlar orasida toladorligi yuqori bo'lganlari ko'p ekanligi aniqlandi. Ushbu chigitlarda tola uzunligi 25–33 mm atrofida bo'lib, ularni "letuchka" deb atash to'g'ri emas, biroq oddiy chigit sifatida ham baholash haqiqatga to'liq mos kelmaydi.

X.T.Axmedxodjayev [2, 3] tomonidan chigitlarni tebranma saralagichning qiya panjarasidagi teshiklar orqali o'tkazish yo'li bilan saralashga mo'ljallangan qurilma taklif qilingan. Bu usulda esa chigitning geometrik shakli va o'lchamlari hal qiluvchi ahamiyat kasb etadi. Turli tukdorlik darajasiga ega chigitlarning o'lcham parametrlarini aniqlash maqsadida maxsus o'lchash asbobi hamda uslubiyat ishlab chiqilgan. Tadqiqot ishlari o'rta tolali va ingichka tolali paxta chigitlaridan har biri 200 donadan tanlab olinib, ko'p martalik qayta o'lchash va o'rtalashtirish asosida amalga oshirilgan

(1-jadval).

Paxtaning ekilgan navlarining o'lchamlari

Seleksiya navi	Jinlashdan keyingi chigit o'lchamlari			
	Uzunligi, mm	Diametri, mm	1000 dona chigit massasi g	Toladorligi, %
C-6524	8.0-12.25	5.5-8.75	138.2	14.2
Namangan-77	8.2-12.22	5.4-8.84	136.9	14.0
C-9070	8.1-12.2	5.8-9.8	128.3	13.8
C-6530	8.2-12.22	5.4-8.84	136.9	14.0
АН-60	8.1-9.8	4.5-5.3	108.1	-
9871-И	8.1-10.2	5.1-6.8	117.3	-
9853-И	8.2-9.8	5.2-5.8	125.25	-

1-jadval ma'lumotlari shuni ko'rsatadiki, o'rta tolali navlarda chigitning uzunligi deyarli bir xil bo'lib, asosan 8,0–12,25 mm oralig'ida o'zgaradi. Diametr ko'rsatkichi ham katta farq qilmaydi, ammo S-9070 navida diametrning yuqori chegarasi (9,8 mm) boshqalarga nisbatan kattaroq ekani ko'rinadi.

1000 dona chigit massasi bo'yicha eng yuqori ko'rsatkich S-6524 (138,2 g) navida, eng past ko'rsatkich esa An-60 (108,1 g) navida qayd etilgan. Bu holat ingichka tolali navlarda chigitlar nisbatan mayda va yengil bo'lishini tasdiqlaydi.

Toladorlik ko'rsatkichi o'rta tolali navlarda 13,8–14,2 % oralig'ida bo'lib, farq katta emas. Eng yuqori toladorlik S-6524 navida, eng past esa S-9070 navida kuzatilgan.

Jinlashdan keyingi chigitlar tukdorligiga bog'liq holda ularning friksion xossasini harakterlovchi bir necha farq qiluvchi kattaliklarga ega. Friksion xossani bildiruvchi asosiy kattaliklar tinch turgan holda va sirpanishdagi ishqalanish koeffitsiyentlari hisobalanadi. Bundan tashqari bu xossaga ajraluvchanlik ham kirib, uning teskarisi yopishuvchanlik bo'lib, u yopishuvchanlik kuchi orqali aniqlandi.

Taxlil natijalaridan aytishimiz mumkinki, chigitlarni saralash jarayonida asosiy ajratish belgisi sifatida uzunlikdan ko'ra diametr va massa ko'rsatkichlari muhimroq hisoblanadi. Chunki aynan shu parametrlar chigitning panjara teshiklaridan o'tishi va fraksiyalarga ajralishiga kuchli ta'sir ko'rsatadi.

Jo'rayeva M., Komilov Sh.R., Sarimsakov A.U. va Muradov R.M. lar [4, 5] tadqiqotida jinlashdan keyingi chigitlarning sifat ko'rsatkichlari tahlil qilingan. Mualliflar chigitlar tukdorligi va hajmiy parametrlariga ko'ra fraksiyalarga ajralishi hamda buning ishlab chiqarish uchun ahamiyatini ko'rsatishgan.

Tadqiqotda jinlashdan keyin chigit tarkibida qum, tuproq, barg va boshqa aralashmalar saqlanib qolishi, pishmagan va mayda chigitlar esa ezilib chiqindini ko'paytirishi qayd etilgan.

Shuningdek, chigitlarning 3-5% qismida yigirishga yaroqli tola saqlanib qolishi mumkinligi aniqlangan va bunday chigitlarni ajratib qayta ishlash tola chiqishini oshirishi ta'kidlangan. Va chigitning shakli, uzunligi, diametri va 1000 dona massasi saralash jarayoniga ta'sir qilishi, navlar o'rtasidagi farq esa universal saralagich yaratishni qiyinlashtirishi ko'rsatilgan. Shu bilan birga, mexanik ta'sirlar chigit qobig'ini shikastlab urug'lik sifatiga salbiy ta'sir qilishi mumkinligi aytilgan.

Jinlashdan keyingi chigitlar tukdorligiga bog'liq holda ularning friksion xossasini harakterlovchi bir necha farq qiluvchi kattaliklarga ega. Friksion xossani bildiruvchi asosiy kattaliklar tinch turgan holda va sirpanishdagi ishqalanish koeffitsiyentlari hisobalanadi. Bundan tashqari bu xossaga ajraluvchanlik ham kirib, uning teskarisi yopishuvchanlik bo'lib, u yopishuvchanlik kuchi orqali aniqlandi.

Taxlil natijalaridan aytishimiz mumkinki, chigitlarni saralash jarayonida asosiy ajratish belgisi sifatida uzunlikdan ko'ra diametr va massa ko'rsatkichlari muhimroq hisoblanadi. Chunki aynan shu parametrlar chigitning panjara teshiklaridan o'tishi va fraksiyalarga ajralishiga kuchli ta'sir ko'rsatadi.

Jo'rayeva M., Komilov Sh.R., Sarimsakov A.U. va Muradov R.M. lar [4, 5] tadqiqotida jinlashdan keyingi chigitlarning sifat ko'rsatkichlari tahlil qilingan. Mualliflar chigitlar tukdorligi va hajmiy parametrlariga ko'ra fraksiyalarga ajralishi hamda buning ishlab chiqarish uchun ahamiyatini ko'rsatishgan.

Tadqiqotda jinlashdan keyin chigit tarkibida qum, tuproq, barg va boshqa aralashmalar saqlanib qolishi, pishmagan va mayda chigitlar esa ezilib chiqindini ko'paytirishi qayd etilgan. Shuningdek, chigitlarning 3-5% qismida yigirishga yaroqli tola saqlanib qolishi mumkinligi aniqlangan va bunday chigitlarni ajratib qayta ishlash tola chiqishini oshirishi ta'kidlangan. Va chigitning shakli, uzunligi, diametri va 1000 dona massasi saralash jarayoniga ta'sir qilishi, navlar o'rtasidagi farq esa universal saralagich yaratishni qiyinlashtirishi ko'rsatilgan. Shu bilan birga, mexanik ta'sirlar chigit qobig'ini shikastlab urug'lik sifatiga salbiy ta'sir qilishi mumkinligi aytilgan.

2-jadval

Jinga uzatilayotgan paxta namligi va iflosligiga qarab chiqishda chigit holati va qoldiq toladorlik.

№	Jinga uzatilayotgan paxta namligi W, %	Jinga uzatilayotgan paxta iflosligi S, %	Chigit namligi, %	Chigit iflosligi, %	100 kg chigit da qolgan tola, kg	Qoldiq toladorlik, %
1	7.5	0.9	7.7	0.6	0.54	0.54
2	8.0	1.0	8.2	0.7	0.58	0.58
3	8.5	1.2	8.7	0.8	0.63	0.63
4	9.0	1.4	9.3	0.9	0.70	0.70
5	9.5	1.6	9.6	1.1	0.78	0.78
6	10.0	1.7	10.3	1.2	0.86	0.86
7	10.5	1.9	10.7	1.3	0.95	0.95
8	11.0	2.0	11.3	1.4	1.04	1.04
9	11.5	2.1	11.8	1.6	1.14	1.14
10	12.0	2.2	12.4	1.8	1.25	1.25

Paxta tozalash korxonalarida qabul qilingan paxta xomashyosining namligi va iflosligining ko'rsatkichlari paxtaning dastlabki qayta ishlashning har bir jarayonlarida o'zini ko'rsatadi, ya'ni paxtani quritish, tozalash jarayonida yaxshi quritilmagan va tozalanmagan paxtadan jinlash jarayonida ajratilgan chigitlarning qoldiq toladorligi miqdoriga ham o'z ta'sirini ko'rsatadi. Paxta tarkibidagi mayda iflosliklar jinlash jarayonida chigitga va qisman tolaga o'tadi. Paxtaning namligi va iflosligi yuqori bo'lishi jinlashda arrali silindr ishiga to'sqinlik qilishidan va arra tishlari bilan tola orasida iflosliklarning bo'lishidan chigitda tola qoldig'ining ortishiga olib keladi. Yuqoridagi

nazariy taxlillarni tajribalarda aniqlik kiritish uchun quyidagi tajribalarni Farg'ona viloyati "Rishton" paxta tozalash korxonasida amalga oshirildi. Tajribalarni turli xil namlikdagi va ifloslikdagi paxtalarda amalga oshirish uchun korxonada qabul qilingan I-II-III-sanoat navli paxtalarining namligi va iflosligi turli xilda bo'lganligi uchun ushbu sanoat navlarini qayta ishlash vaqtida namunalar olinib, sifat ko'rsatkichlari va chigitda qoldiq toladorliklari aniqlandi va natijalari 2-jadvalda ko'rsatilgan.

Quyida jadvaldagi tajriba natijalari jinlash jarayoniga uzatilayotgan chigitli paxtaning namligi (W) va iflosligi (S) o'zgarishi chigit sifatiga qanday ta'sir qilishini aniq ko'rsatadi. Xususan, paxta namligi va iflosligi ortishi chigit namligi, chigit iflosligi hamda chigit tarkibida saqlanib qoladigan tola miqdorining oshishiga olib kelishi tajribada o'z isbotini topgan.

2-jadvaldagi natijalarga ko'ra, jinga uzatilayotgan paxta namligi 7,5 % dan 12,0 % gacha bo'lganida, jinlashdan keyin olinayotgan chigit namligi ham 7,7 % dan 12,4 % gacha o'zgargan. Bu holat namlikning tola va chigit orasida bir xil taqsimlanmasligi bilan tushuntiriladi. Amaliyotda chigit tolaqa nisbatan namlikni ko'proq ushlab turadi, shu sababli chigit namligi odatda paxta namligidan 0,2-0,4 % yuqori bo'lishi kuzatiladi [6].

Paxta iflosligini 0,9 % dan 2,2 % gacha oshganda undan ajratilgan chigit iflosligi 0,6 % dan 1,8 % gacha o'zgardi. Buning asosiy sababi jinlash vaqtida ayrim mayda aralashmalar chigit sirtida saqlanib qolishi, shuningdek chigit qobig'ining g'adir-budur tuzilishi tufayli iflos zarrachalarning unga oson yopishib qolishidadir.

Eng muxim natija sifatida chigit tarkibida qolib ketadigan tola miqdorining keskin ortishi qayd etildi. Xususan, paxta namligi 7,5 % bo'lganda 100 kg chigitdan olingan namuna bo'yicha xisoblanganda 0,54 kg tola qolgan bo'lsa, namlikni 12,0 % ga ortganda ushbu ko'rsatkich 1,25 kg ni tashkil etdi. Demak, namlikning ko'tarilishidan chigitda qoladigan tola miqdori ham 2,3 marta ko'payar ekan.

Bunday holat yuqori namlik sharoitida tola-chigit bog'lanishi mustahkamlanishi va tola ajratish jarayoni qiyinlashishi bilan izohlanadi. Shu bilan birga, namlik oshishi chigit sirtida tola parchalarining ko'proq saqlanib qolishiga sharoit yaratadi. Paxta namligining har 0,5 % ga oshishida qoldiq tola miqdori 100 kg namunaga xisoblanganda o'rtacha 0,04-0,11 kg oraliqida o'zgardi. Ayniqsa namlik 10 % dan yuqori bo'lgan holatlarda qoldiq toladorlikning ortishi tezlashgan.

Tajriba natijalari paxta namligi va iflosligi chigit sifatiga bevosita ta'sir qilishini ko'rsatadi. Ya'ni ushbu ko'rsatkichlar ortishi bilan chigit namligi, chigit iflosligi hamda chigitda qoldiq tola miqdori ham o'sib boradi. Bu esa chigitni keyingi qayta ishlash bosqichlarida (tozalash, linterlash, urug'lik tayyorlash) qo'shimcha ishlarni keltirib chiqarib, texnologik harajatlar oshirishi mumkin.

Shu sababli jinlashga uzatiladigan paxtaning namligini 7,5-9,0 % atrofida ushlab turish va ifloslik darajasini kamaytirish muhim talab hisoblanadi. Biroq paxtani haddan tashqari quritish ham maqbul yechim emas, chunki past namlikda tola mo'rtlashib, uzilish va kaltalashuv ko'payishi natijasida yuqori nav tolasining sifat ko'rsatkichlari pasayishi mumkin.

Bundan tashqari, ishlab chiqarish sharoitida paxtaning namligi va iflosligi doimiy barqaror saqlanmaydi. Xomashyo partiyalarining turlichaligi, tashish va saqlash sharoiti hamda tashqi muhit ta'siri sababli jinlashdan keyin olinayotgan chigit massasi tarkibida qoldiq toladorligi past va yuqori bo'lgan chigitlar aralash holda chiqadi.

Agar qoldiq tolali chigitlar bilan tola yo'qotishni xisoblasan, jindan keyin chigitlar namlikka bog'liq xolda 0,54 % yaxshi xolat bo'lsa, 1,24 % og'ir xolatda chiqmoqda. Shunda ularning farqi 0,71 % ni tashkil etsa, namunadagi 100 kg chigitda 0,71 kg tola, 1000 kg chigitda esa 7,1 kg tola yo'qotiladi. Agar bir kunda 50000 kg chigit chiqadigan bo'lsa, u xolda kuniga 355 kg tola yo'qotilayotgan bo'ladi. Buni bir oyda 25 ish kuniga ko'paytirilsa 8875 kg tola yo'qotilar ekan. Bugungi kundagi tolaning birja narxlari bo'yicha [7] o'rtacha 11,0 mln.so'mni tashkil etsa, bir oyda 97625000 so'mlik korxona zarar ko'rishi mumkin.

Shuning uchun chigit sifatiga qo'yiladigan talablarni barqaror ta'minlash maqsadida faqat namlikni me'yorda ushlab turish bilan cheklanib bo'lmaydi. Jinlashdan keyin qoldiq toladorligi yuqori bo'lgan chigitlarni alohida ajratib olish imkonini beruvchi maxsus saralash uskunasini ishlab

chiqish va amaliyotga joriy etish texnologik va amaliy jihatdan zarur hisoblanadi. Bu esa keyingi qayta ishlash jarayonlarini yengillashtirish, tola yo'qotishlarini kamaytirish va chigit sifatini oshirishga hizmat qiladi.

Xulosa

Jinlashdan keyin chigit massasida qoldiq toladorligi turlicha bo'lgan chigitlar aralash holda chiqishi texnologik muammo hisoblanadi. Paxta namligi va iflosligi oshgan sari chigitda qoladigan tola miqdori keskin ko'payib, linterlash jarayoni samaradorligini pasaytiradi hamda korxonada katta iqtisodiy yo'qotishlarga sabab bo'ladi. Shuning uchun linterlashdan oldin chigitni havo oqimi asosida samarali tozalash va qoldiq toladorligi yuqori bo'lgan chigitlarni alohida saralash olish texnologik jihatdan maqbul va amaliy zarur chora hisoblanadi. Bu usul tola yo'qotishini kamaytiradi, linter uskunalarning ishlash muddatini uzaytiradi va chigit sifatini barqaror ta'minlashga hizmat qiladi.

Adabiyotlar

- [1]. Maqsudov E.T., Shorasulov N.S., Qosimov S.M. Paxta chigitidan kalta tolalarni ajratish. – Toshkent: «Fan»KK, 1991. – 328 b.
- [2]. Axmedxodjayev X.T., Yakubov D., Obidov A.A. Jinlash jarayonidan keyingi tolali chigitlarni saralash yo'llari. NamMII xalqaro ilmiy-amaliy konferensiyasi maqolalar to'plami. – Toshkent, 2002. - 389-392 b.
- [3]. Axmedxodjayev X.T., Obidov A.A. А.А. К вопросу исследования вибросортировщика, оснащенного вибропитателем. // I Международная научно-техническая конференция ИГТА: Тез.докл. – Иваново, 2003. - С.158-159.
- [4]. Jo'rayeva M., Komilov Sh.R., Sarimsakov A.U. va Muradov R.M. Jinlashdan so'ng toladan ajragan chigitlarning sifat ko'rsatkichlari tahlili. Research Focus, Uzbekistan, refocus.uz | VOLUME 2 | ISSUE 4 | 2023 ResearchBip (14) | Google Scholar | SJIF (5.708) | UIF (8.3
- [5]. A. Sarimsakov, J. Ergashev, R. Muradov. (2012). Improvement of seed sorting process for the purpose of quality improvement of linter and fibre output. Problems of textile, (3), 7-11.
- [6]. Paxtani dastlabki ishlash bo'yicha qo'llanma. "Paxtasanoat ilmiy markazi" AJ. Toshkent 2019 y. 207-210 b.
- [7]. <https://uzex.uz/ru/pages/weekly-quotes>.

ELEKTR PECHIDA SUYUQLANTIRIB OLINGAN KULRANG CHO'YANLARDA SIFATINI OSHIRISH

N.M. Saidmaxamadov¹, T.S. Xalimjonov², M.M. Akramov³,
tayanch doktorantlar D.B. To'laboyev¹, X.Z. Adxamov¹, stajyor tadqiqotchi I.S. Abduqaxorov⁶.

¹Namangan davlat texnika universiteti, n198718a@gmail.com

²Toshkent davlat texnika universiteti

³ Farg'ona davlat texnika universiteti
(Qabul qilindi 10.03.2026 y.)

Annotatsiya: Ushbu maqolada oltingugurt miqdori past ($<0,05\%$) hamda alyuminiy juda kam ($<0,005\%$) bo'lgan, futerovkasi kislotali bo'lgan induksion pechida suyuqlantirib yuqori darajada qizdirilgan cho'yanlarning o'ziga xos kristallanish xossalari, shuningdek yuqori qizdirishning cho'yan sifati va bunday sharoitlarda samarali metallurgik ishlov berish usullariga ta'siri tahlil qilinadi.

Yuqori qizdirish ortishi bilan kristallanishning sovib ketish darajasi oshgani kuzatildi. Bu esa grafit shakllanishida ishtirok etuvchi C, Si, Mn, Al va Zr kabi elementlar kimyoviy tarkibidagi sezilarli o'zgarishlar bilan bog'liq. Maqolada plastinkasimon grafit shakllanishining uch bosqichli modeli ((Mn, X)S turidagi yadrolar) asoslab berilgan.

Tayanch so'zlar: kulrang cho'yan; S; Al; Zr; Ti; elektr pechida suyuqlantirish; pechda yuqori qizdirish; oldindan tayyorlash; modifikatsiya; grafit shakllanishi; grafit morfologiyasi; karbidlar.

Аннотация: В статье анализируются особенности кристаллизации чугуна, переплавленного и высоко разогретого в индукционной печи с кислотной футеровкой, при низком содержании серы ($<0,05\%$) и минимальном содержании алюминия ($<0,005\%$), а также влияние высокой температуры плавки на качество чугуна и эффективность металлургической обработки в таких условиях.

Отмечено, что с повышением температуры плавки увеличивается степень переохлаждения кристаллизации, что связано с существенными изменениями химического состава элементов,

участвующих в формировании графита, таких как C, Si, Mn, Al и Zr. В статье предложена трехступенчатая модель образования пластинчатого графита с ядрами типа (Mn,X)S.

Ключевые слова: серый чугун; S; Al; Zr; Ti; переплавка в электрической печи; высокотемпературная плавка; предварительная подготовка; модификация; формирование графита; морфология графита; карбиды.

Abstract: The article analyzes the crystallization characteristics of cast iron melted and highly superheated in an induction furnace with acidic lining, with low sulfur content ($<0.05\%$) and very low aluminum content ($<0.005\%$), as well as the effect of high superheating on cast iron quality and the effectiveness of metallurgical processing under such conditions.

It was observed that with increasing superheating, the degree of crystallization undercooling increases, which is associated with significant changes in the chemical composition of elements involved in graphite formation, such as C, Si, Mn, Al, and Zr. A three-stage model for the formation of flake graphite with (Mn,X)S-type nuclei is proposed.

Keywords: grey cast iron; S; Al; Zr; Ti; melting in electric furnace; high superheating; pre-treatment; modification; graphite formation; graphite morphology; carbides.

Elektr pechida suyuqlantirib olingan kulrang cho‘yanlarda sifatini oshirish

Kirish

Avvaldan kulrang cho‘yanlar ko‘pincha vagranka pechlarida suyuqlantirilgan bo‘lib, bunda oltingugurt miqdori odatda $0,05\%$ dan yuqori, marganes $0,5\%$ dan ortiq va alyuminiy $0,005\%$ dan yuqori bo‘lgan. Bunday sharoitlar plastinkasimon grafit shakllanishining asosiy markazlari hisoblangan MnS turidagi birikmalar hosil bo‘lishi uchun qulay hisoblanadi. Vagranka pechi texnologiyasi rivojlanib borayotganiga qaramay, bunday suyuqlantirish sexlarida ayrim muammolar keskinlashishi mumkin. Masalan, vagranka shaxta pechi qimmat xomashyo – koks ko‘mirining yonishiga bog‘liq bo‘lib, bunda CO va CO₂ kabi gazlar ajraladi. Bu esa ekologik xavfsiz vagranka pechini loyihalash va o‘rnatish esa juda katta investitsiyalar talab qiladi [1].

Vagranka pechlari odatda bir xil tarkibli cho‘yanni katta hajmda va iqtisodiy jihatdan samarali ishlab chiqarish uchun mo‘ljallanadi, ammo shu sababli ularning moslashuvchanligi cheklangan bo‘ladi. Bu ayniqsa ishlab chiqarish hajmi kamayganda yoki bir xil ishlab chiqarish liniyasida turli sifatdagi quyma materiallar (kulrang cho‘yan, yuqori mustahkam cho‘yan) talab qilinganda ishlab chiqarish imkoniyatlarini cheklaydi [2]. Natijada dunyoning ko‘plab hududlarida, xususan Osiyoda, ko‘plab vagranka pechlari yopilib, ularning o‘rnini ko‘mir yoki gaz yoqilg‘isiga asoslangan pechlar egallay boshladi.

Kichik va samaradorligi past vagranka pechlari o‘rnini o‘rta chastotali (200–1000 Hz) va yuqori solishtirma quvvatli (250 kVt/t dan ortiq) induksion pechlarning yangi avlodi egalladi. Bu cho‘yan quyish sanoatida sezilarli o‘zgarishlarga olib keldi: suyuqlantirish tezligi yuqori (odatda suyuqlantirish sikli bir soatdan kam, po‘lat lomlari yuqori ulushda bo‘lishi mumkin); pech sig‘imi nisbatan kichik bo‘lsa ham ishlab chiqarish unumdorligi yuqori; doimiy suyuq metall qoldig‘i talab qilinmaydi (100% qattiq shixta bilan ishlash mumkin); pech sig‘imi $10\div 20$ tonnagacha oson kengaytiriladi; yuqori po‘lat lomlari ulushi sharoitida uglerod qo‘shimchalarini samarali aralashtirish imkoniyati mavjud [3], bu esa xarajatlarni kamaytiradi; natijada yirik ishlab chiqarishda cho‘yan sifati yaxshilanadi.

Kichik hajmdagi vagranka suyuqlantirish muammolari – mos koks topish qiyinligi, ekologik cheklovlar hamda metall harorati va kimyoviy tarkibini barqaror saqlash uchun qo‘shimcha ushlab turuvchi pech zarurati – dunyoning ko‘plab hududlarida past oltingugurtli (odatda $0,05\%$ dan kam S) kulrang cho‘yanni elektr pechida suyuqlantirishga o‘tishga sabab bo‘ldi. Yuqori mustahkam va zichlangan grafitli cho‘yan quyma mahsulotlar ishlab chiqarish ortib borayotgani ham past oltingugurtli asosiy cho‘yan talabini kuchaytirmoqda [4]. Ko‘plab quyish korxonalarida bir smenaning o‘zida kulrang cho‘yan uchun yuqori mustahkam yoki zichlangan grafitli cho‘yan uchun past oltingugurtli bo‘lgan cho‘yanlar ishlab chiqariladi. Bunday ishlab chiqaruvchilar uchun yagona past oltingugurtli asosiy cho‘yandan foydalanish juda qulay bo‘lar edi, ayniqsa agar barcha turdagi cho‘yanlar uchun bitta inokulyant turidan foydalanish mumkin.

Bu ayniqsa yupqa devorli quyma mahsulotlar qo‘llaniladigan muhim dvigatel qismlarini ishlab chiqarishda juda muhim hisoblanadi. Chunki bunday cho‘yanlar yaxshi ishlov

beriluvchanlik, yuqori issiqlik o'tkazuvchanlik, tebranishlarni so'ndirish qobiliyati hamda yetarli mustahkamlik kabi muhim xossalarga ega.

Avtomobil sanoatining o'ziga xos xususiyati – tobora yengilroq quyma detallar ishlab chiqarishga bo'lgan talabning ortib borishidir. Shu sababli devor qalinligi 5 mm dan kam bo'lgan yupqa devorli kulrang cho'yan quymalar tobora keng tarqalmoqda. Bunday quymalar uchun metallni yuqori haroratda quyish majburiy bo'lib, odatda suyuqlantirish pechlarida cho'yan 1550 °C dan yuqori darajada qizdiriladi. Vagranka pechida suyuqlantirilgan cho'yan 1450 °C atrofida quyish haroratiga yetishi mumkin bo'lsa-da [5], vagranka shaxtasidagi muhit asosan qaytaruvchi xarakterga ega bo'ladi.

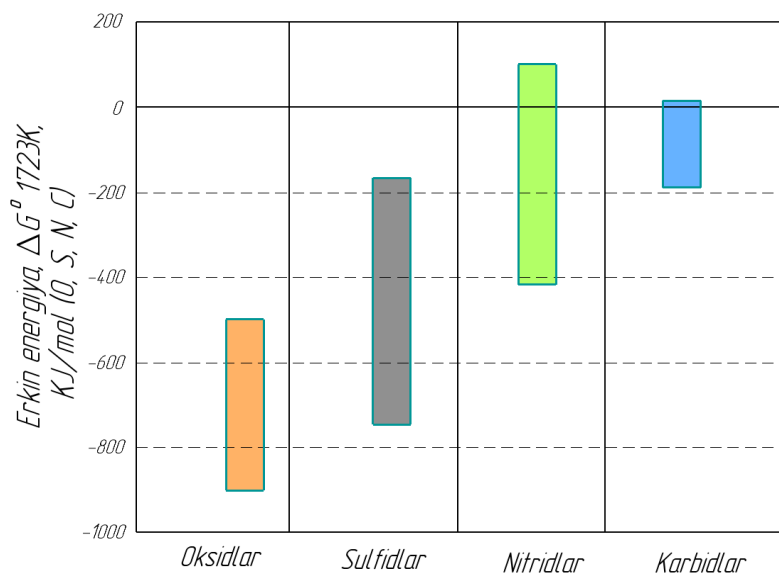
Bunga qarama-qarshi ravishda zamonaviy induksion pechlarda oksidlovchi muhit mavjud bo'lib, elektr energiyasining keng imkoniyatlari suyuq metall vannasini vagranka pechida deyarli erishib bo'lmaydigan yuqori haroratlarga qizdirishga imkon beradi. Past oltingugurtli va juda kam alyuminiyli, elektr pechida yuqori qizdirilgan cho'yanlar yupqa devorli quymalarda yuqori sovish tezligida kristallanadi va erkin karbidlar hamda sovib ketgan grafit hosil bo'lishiga ko'proq moyil bo'ladi.

Mazkur maqolaning asosiy maqsadi – kislotali qoplamali, o'rta chastotali induksion pechlarda yuqori darajada qizdirilgan elektr pechida suyuqlantirilgan kulrang cho'yanning sifatini yaxshilash uchun zarur sharoitlarni aniqlashdir. Tadqiqotchilar tomonidan olingan dastlabki ma'lumotlar asosida past oltingugurtli cho'yanlarning o'ziga xos kristallanish xossalari, yuqori qizdirishning cho'yan sifatiga ta'siri hamda samarali metallurgik ishlov usullari tahlil qilingan.

Kam oltingugurtli kulrang cho'yanlarning xossalari

Faqat suyuq cho'yan yetarli darajada sovib ketganda (taxminan 200÷230 °C), $(C_6)_n$ ko'rinishidagi kichik mikrobirikmalar grafit zarrachalari uchun barqaror gomogen yadrolar sifatida mavjud bo'lishi mumkin. Oddiy sharoitlarda bunday yuqori darajadagi sovib ketishga erishish juda qiyin, shu sababli grafitning shakllanishi asosan geterogen yadrolanish yo'li bilan sodir bo'ladi.

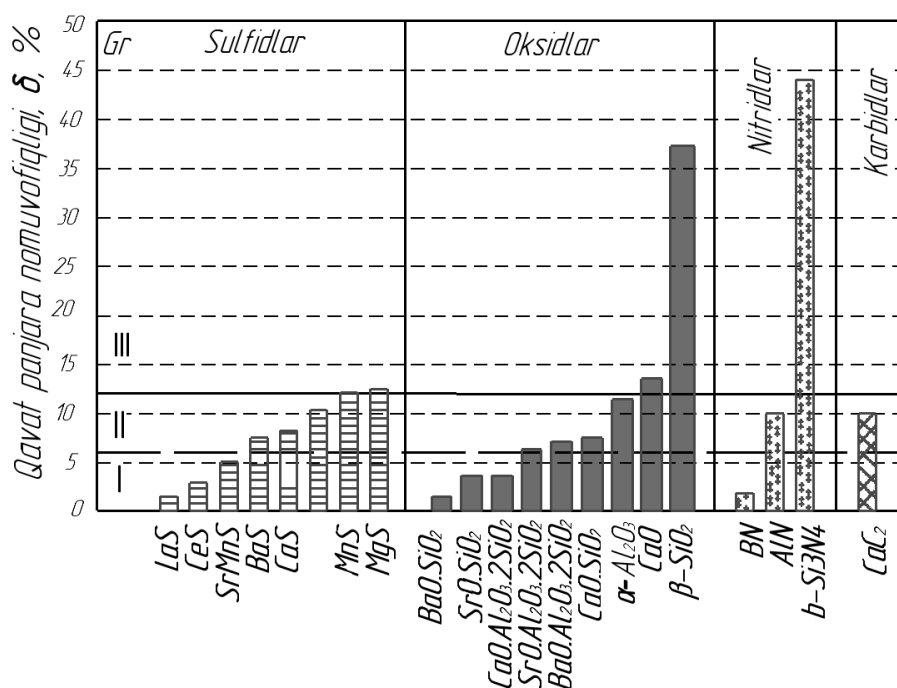
Suyuq metallda turli birikmalar hosil bo'lishi mumkin, bu esa suyuqlantirish va quyish amaliyotlariga bog'liq bo'ladi.



1-rasm. Suyuq metallidagi elementlarning turli birikmalarini hosil qilishning erkin energiya diapazoni ($\Delta G^\circ 1723 K$).

Termodinamik nuqtai nazardan, oksidlar/silikatlar va sulfidlarning hosil bo'lishining erkin energiyasi ($\Delta G^\circ 1723 K$) (1-rasm) suyuq metallarda nitridlar va karbidlarga nisbatan barqarorroq zarrachalarning hosil bo'lishiga imkon beradi. Silikat zarrachalari kulrang cho'yanlarda grafit shakllanishi uchun qulay markazlar sifatida ishlaydi. Buning sababi ularning geksagonal kristallografik tuzilishi, suyuqlik bilan yaxshi kirishish xususiyati, o'xshash kristal panjara mosligi va birikmalarining nisbatan yuqori barqarorligidir. Sulfidlarning grafit shakllanishiga qobiliyati esa

aniq emas, chunki grafitning o'ziga xos geksagonal tuzilishi mavjud bo'lsa, sulfidlar asosan kubik tipga mansub bo'ladi.



2-rasm. Ba'zi moddalar panjarasining ma'lum kristall yuzasi bilan grafitning (0001) yuzasi orasidagi nomuvofiqlik δ (%) [I – kuchli shakllanish qobiliyati; II – o'rtacha shakllanish qobiliyati; III – kuchsiz shakllanish qobiliyati].

Grafitni shakllanish asosining bir qismi bo'lishi uchun chet zarrachalar (qo'shimchalar) ikki shartga javob berishi kerak:

(a) Kristal panjara mos kelmasligi yoki nomuvofiqlik shartlariga mos kelishi; ya'ni chet zarracha (qo'shimcha) asosining ma'lum bir kristal qavati grafitning kristal panjarasi parametri va orientatsiyasiga ma'lum darajada mos kelishi kerak.

(b) Geterogen yadrolar bilan grafit o'rtasidagi yuzaki energiya talablariga javob berishi; ya'ni faqat grafit tomonidan suvlanadigan chet zarrachalarda grafit yadrolari hosil bo'lishi mumkin.

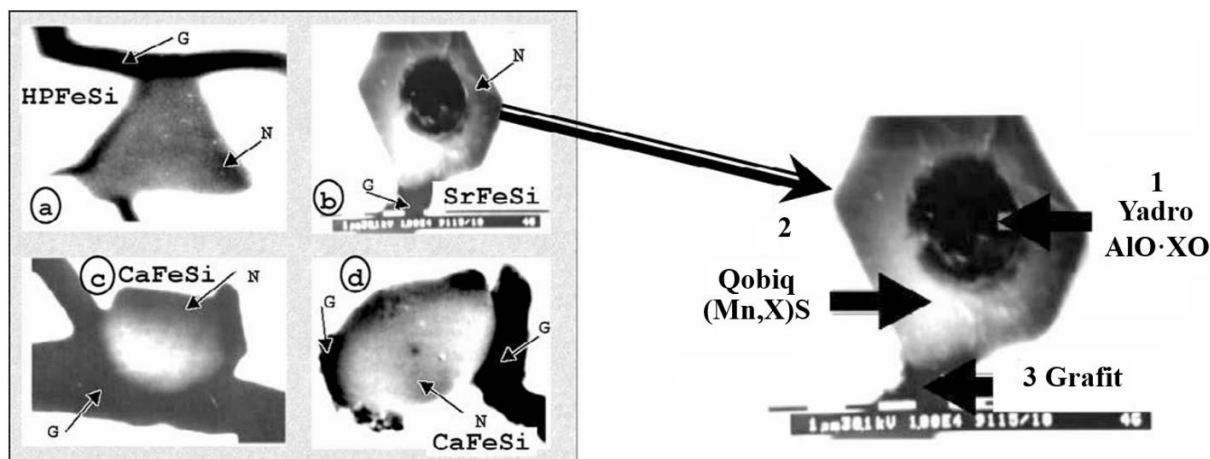
Kristal panjaralar o'rtasidagi munosabatning xarakteristik parametri – qavat nomuvofiqligi (δ). Ikkita moddalar o'rtasidagi δ qanchalik kichik bo'lsa, yadrolanish potentsiali shunchalik kuchli bo'ladi. Umuman olganda:

- $\delta < 6\%$ bo'lsa – yadrolanish qobiliyati eng yuqori,
- $\delta = 6\text{--}12\%$ bo'lsa – o'rtacha yadrolanish qobiliyati,
- $\delta > 12\%$ bo'lsa – yadrolanish qobiliyati zaif hisoblanadi.

Ba'zi moddalar ma'lum kristal qavati bilan grafitning (0001) qavati o'rtasidagi δ (%) nomuvofiqlik 2-rasmda ko'rsatilgan, bu ma'lumotlar mualliflar tomonidan adabiyotlar tahlili asosida keltirilgan.

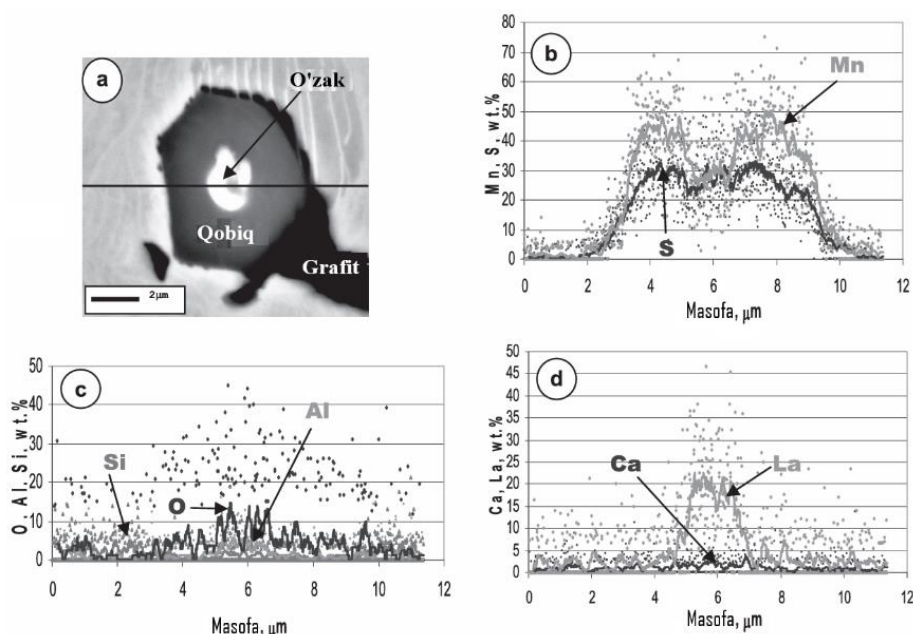
Grafit shakllarining ehtimoliy tartiblanishi quyidagicha: grafit (eng yuqori – eng kam energiya talab qiladi), silikatlar, oksidlar, sulfidlar, karbidlar, nitridlar va austenit (eng past). MnS grafit shakllanishi uchun o'rtacha samarali nomzod hisoblanadi, boshqa sulfidlar esa grafit shakllanishini yanada yaxshiroq ta'minlashi mumkin. An'anaviy modifikatsiyalovchi elementlar (Ca, Sr, Ba) silikatlar ham grafit yadrosi sifatida yaxshi xossaga ega hisoblanadi. Shuningdek, Ca, Ce, La, Pr, Nd, Sr elementlari MnS yadrolari tarkibida mavjud bo'lib, murakkab sulfidlar (Mn,X)S hosil qilishi aniqlangan. Bular grafit bilan yaxshi panjara mosligini ta'minlaydi va geterogen yadrolar orasida eng samarali yadrolarga aylanadi. Masalan, MnS/grafit panjara parametrlarining nomuvofiqligi ancha katta ($-12,1\%$) bo'lishiga qaramay, modifikatsiyalangan zarracha hisoblangan SrMnS grafit shakllanishi uchun yaxshiroq moslikni ($-5,2\%$) ta'minlaydi.

Modifikatsiya qilinmagan va modifikatsiya qilingan kulrang cho‘yanlarda grafit shakllanishi uchun uch bosqichli model taklif qilingan (3-rasm): (a) Suyuq metallda kichik oksid asosli markazlar ($0,1 \div 3$ mkm, odatda 2,0 mkm dan kichik) hosil bo‘ladi; (b) Shu mikro qo‘shimchalar atrofida murakkab $(Mn,X)S$ birikmalari ($1 \div 10$ mkm, odatda 5,0 mkm dan kichik), bunda $X = Fe, Si, Al, Zr, Ti, Ca, Sr, P$, shakllanadi; (c) Grafit $(Mn,X)S$ birikmalari yon tomonlarida shakllanadi, chunki ularning grafit bilan kristallografik nomuvofiqligi kichik bo‘ladi.



3-rasm. Turli modifikatsiyalangan kulrang cho‘yanlarda grafit yadrolarining tipik morfologiyalari (G – grafit; N – yadrolar). [a] yuqori tozalikdagi (HP)–FeSi; b) Sr–FeSi; c va d) Ca–FeSi].

Sanoat sharoitidagi kulrang cho‘yanlarda grafit shakllanishini ta’minlash uchun uch guruh elementlar muhim ekani aniqlangan: (1) Kuchli qayta oksidlovchi elementlar (masalan, Si, Al, Zr) – ular juda mayda, erta hosil bo‘ladigan mikro qo‘shimchalar paydo bo‘lishiga yordam beradi; keyinchalik bu qo‘shimchalar murakkab $(Mn,X)S$ birikmalari hosil bo‘lishi uchun shakllanish markazlari vazifasini bajaradi. (2) Mn va S – MnS turidagi sulfidlar hosil bo‘lishini ta’minlaydi. (3) Modifikatsiyalovchi elementlar (masalan, Ca, Sr, Ba, La, Ce) – grafit hosil bo‘lishining birinchi yoki ikkinchi bosqichida ta’sir ko‘rsatib, $(Mn,X)S$ birikmalarining grafit shakllanish qobiliyatini oshiradi. Kimyoviy xaritalash natijalari shuni ko‘rsatdiki, qo‘shimchalarning markaziy qismi (yadro) va tashqi qismi (qobiq)** kimyoviy tarkibi jihatidan bir-biridan farq qiladi (4-rasm).



4-rasm. Grafit bilan bog‘liq murakkab $(Mn,X)S$ birikmasining kesimi bo‘ylab o‘tkazilgan kimyoviy tahlilning tipik misoli (La, Ca, Al–FeSi bilan modifikatsiyalangan cho‘yan): a – umumiy tarkib (Compo); b – Mn, S; c – O, Al, Si; d – Ca, La.

Mn va S cho‘yanlarida aniqlangan barcha mikro qo‘shimchalarning asosiy tarkibiy qismlari ekani aniqlangan, ularning cho‘yan tuzilmasidagi joylashuvi, kimyoviy tarkibi yoki suyuq metallga ishlov berish sharoitidan qat‘i nazar yuqoridagi barcha holatlarda marganes sulfidlar oddiy emas, balki murakkab turga mansub ekanligi aniqlangan. Modifikatsiyalangan cho‘yanlarda (Mn,X)S birikmalari yanada murakkab bo‘lib, ular pastroq Mn/S nisbatida hosil bo‘ladi va grafit shakllanishi uchun yuqori moslikka ega bo‘ladi, ayniqsa modifikatsiyalovchi elementlardan biri yoki bir nechta (Ca, Sr, Ba) ishtirok etganda sodir bo‘ladi.

Grafitning MnS zarrachalari ustida shakllanishi mikrostrukturani modellashtirish orqali ham tasdiqlangan. So‘nggi tadqiqotlarda kremniyga boy oksid ikki qatlamli plyonka oksisulfid zarrachalar hosil bo‘ladigan asos sifatida qaralib, ular grafit shakllanishiga yordam berishi mumkinligi aniqlangan. Bunday plyonka mavjudligi grafit o‘sishi uchun qulay asos yaratadi. Natijada plastinkasimon grafit rivojlanadi. Aksincha, suspenziyada qulay plyonka tipidagi asos bo‘lmagan sharoitda pastroq haroratlarda shakllanadigan grafit tez sovigan grafit bo‘lib, u haqiqiy bog‘langan o‘sish shakli hisoblanadi.

Qum-gilli qolipga quyish amaliyotida, oltingugurt miqdori kam bo‘lgan kulrang cho‘yanlar odatda yuqori eutektik sovish bilan qotadi. Natijada, avtomobil sanoatida ishlatiladigan yupqa devorli quyma mahsulotlarda, karbidlar va sovigan grafit morfologiyalari hosil bo‘ladi.

Xulosa

Ushbu ishda elektr pechida suyuqlantirilgan past oltingugurtli kulrang cho‘yanlarning kristallanish xossalari va yuqori qizdirishning cho‘yan sifati hamda grafit shakllanishiga ta’siri o‘rganildi. Tadqiqot natijalari shuni ko‘rsatdiki:

- 1. Yuqori qizdirish** (1550 °C dan yuqori) induksion pechda cho‘yan kristallanishini tezlashtiradi, evtektik sovish parametrlarini oshiradi va plastinkasimon grafit shakllanishiga imkon yaratadi. Shu bilan birga, C, Si, Mn, Al va Zr elementlarining kimyoviy tarkibi sezilarli darajada o‘zgaradi.
- 2. Grafit shakllanishi** uch bosqichli model bilan tavsiflanadi: (a) kichik oksid asosli mikro qo‘shimchalar hosil bo‘ladi, (b) ularning atrofida murakkab (Mn,X)S birikmalari paydo bo‘ladi, (c) grafit (Mn,X)S birikmalari yuzasida shakllanadi.
- 3. Muvofiqlik elementlari** (Si, Al, Zr) kuchli oksid hosil qiluvchi xossalari bilan birga, grafit shakllanish markazlarini yaratish va karbidlar hosil bo‘lishining oldini olishda muhim rol o‘ynaydi.
- 4. Mn va S elementi** MnS turidagi sulfidlar hosil bo‘lishini ta’minlab, grafit shakllanishini yaxshilaydi, modifikatsiyalovchi elementlar (Ca, Sr, Ba, La, Ce) esa (Mn,X)S birikmalarining grafit shakllanish qobiliyatini oshiradi.
- 5. Suyuqlantirish sharoitlari** – past S (<0,05%) va past Al (<0,005%) miqdori, yuqori qizdirish va kislotali futerovka – kulrang cho‘yanni yupqa devorli quyma mahsulotlar uchun mos qiladi, shu bilan birga grafit morfologiyasi va sifatini yaxshilaydi.
- 6. Qum-gilli qolipga quyish** jarayonida yuqori eutektik sovish bilan qotish, ayniqsa avtomobil sanoatida ishlatiladigan yupqa devorli mahsulotlarda karbid va sovigan grafit hosil bo‘lishini rag‘batlantiradi.

Natijada, elektr pechida yuqori qizdirilgan past oltingugurtli kulrang cho‘yan texnologiyasi vagranka pechlariga nisbatan quyma sifatini oshirish, grafit morfologiyasini yaxshilash va yupqa devorli avtomobil qismlari uchun yuqori sifatli cho‘yan olish imkonini beradi.

Adabiyotlar

- [1]. Turakhodjaev, N. D., Saidmakhamadov, N. M., Zokirov, R. S., Odilov, F. U., & Tashkhodjaeva, K. U. (2020). Analysis of defects in white cast iron. Theoretical & Applied Science, (6), 675 – 682.
- [2]. Shirinkhon, T., Azizakhon, T., & Nosir, S. (2020). Methods For Reducing Metal Oxidation When Melting Aluminum Alloys. International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology, 7(10), 77 – 82.
- [3]. Djahongirovich, T. N., & Muysinaliyevich, S. N. (2020). Important features of casting systems when casting alloy cast irons in sand – clay molds. Academia: An International Multidisciplinary Research Journal, 10(5), 1573 – 1580.

- [4]. Nodir, T., Nosir, S., Shirinkhon, T., Erkin, K., Azizakhon, T., & Mukhammadali, A. (2021). Development Of Technology To Increase Resistance Of High Chromium Cast Iron. The American Journal of Engineering and Technology, 3(03), 85 – 92.
- [5]. Nodir T. et al. Development of 280X29Ni Alloy Liquefaction Technology to Increase the Hardness and Corrosion Resistance of Cast Products //International Journal of Mechatronics and Applied Mechanics. – 2021. – T. 154. – C. 2021.

UDC 697.942.2.

THEORETICAL JUSTIFICATION OF THE HYDRAULIC RESISTANCE OF A SCRUBBER WITH A FLEXIBLE PLATE

A.M. Sulaymanov

Fergana State Technical University,
abduraxmon.sulaymanov@fstu.uz
 (Received on March 10 th, 2026)

Abstract. This research focuses on the theoretical principles underlying hydraulic resistance in a combined sieve plate scrubber, a device designed for the wet cleaning of dusty gases. The study delves into the mechanisms by which hydraulic resistance influences the flow dynamics of dusty gas streams as they pass through the scrubber. The combined sieve plate scrubber operates by leveraging the interaction between the gas flow and liquid layers to effectively capture and remove particulate matter. Key factors contributing to hydraulic resistance, such as fluid velocity, particle size distribution, and sieve plate configuration, are analyzed to provide a comprehensive understanding of their effects on the scrubber's performance.

Keywords. Diffuser, dust and liquid consumption, hydraulic resistance, plate, resistance coefficient, scrubber, separator.

Introduction:

It is known from the conducted experiments that usually the hydraulic resistance of the apparatus $\Delta P_{\text{apparatus}}$ (Pa) is taken as the energy of gas flow. This energy should have a small value in dry-type equipment [1,2].

The useful energy of high-speed wet dust cleaning devices is significantly greater than the energy lost due to friction in the absence of fluid. In the apparatus working at low pressure (speed), this situation depends on several parameters of useful energy.

In the theoretical justification of the hydraulic resistance of the combined sieve plate scrubber, a device calculation scheme was developed and the determination of the following parameters was introduced (Figure. 1).

- total hydraulic resistance of combined sieve plate scrubber,, $\Delta P_{\text{scrubber}}$;
- the total hydraulic resistance of the sieve plate scrubber, $\Delta P_{\text{hydraulic}}$;
- the total hydraulic resistance of the venturi pipe, $\Delta P_{\text{venturi pipe}}$;
- diffuse total hydraulic resistance, $\Delta P_{\text{diffuse}}$;
- the actual height of the liquid layer formed on the surface of the sieve plate, h_0 .

Method of research

In the development of the method of calculation of wet dust cleaning devices, hydrodynamic regimes in the device and its influence on cleaning efficiency and the amount of energy used for dust cleaning are studied. In this case, the choice of optimal parameters of the resistance to the dust flow in the working bodies of the device is one of the main characteristics, which determines the overall hydraulic resistance of the device. Usually, designing improved structures of existing devices to simplify calculations in scientific and research work is the most optimal option. But the fact that the device needs to take into account the event in each working organ requires the development of a new calculation method for the designed structure. [3,5,6]. In addition, it is important to ensure a high level of cleaning with low energy consumption in the design of the

device. Therefore, the scope of following this trend is expanding today.

The proposed scrubber is an improved variant of the venturi tube and sieve plate scrubber. This should be taken into account when writing the total hydraulic resistance of the device. Then the equation for calculating the hydraulic resistance without fluid (for a dry device) and with fluid (for a fluid-irrigated device) can be written as follows, Pa;

-Hydraulic resistance for non-fluidized device.

$$\Delta P = \xi_t \frac{\rho_m v^2}{2} \quad (1)$$

in this $v_{entring}$ – speed of dust entering the scrubber, m/s; $\rho_{mixture}$ – is the density of the mixture of gas and dust, which can be determined according to the following equation, kg/m³;

$$\rho_m = \rho_g + (\rho_{dust} \cdot \gamma) \quad (2)$$

in this ρ_{dust} – dust density, kg/m³; ρ_{gas} – gas density, kg/m³; γ – is the amount of dust in the gas, which is determined experimentally, %.

ξ_{total} hydraulic resistance– total hydraulic resistance of the scrubber [4, 9]. The following general equation is used to determine it;

$$\xi_s = \xi_v + \xi_{g,e} \quad (3)$$

Usually, to simplify calculations, an equation is used to determine the speed or consumption of dust at the entrance to the device by the ratio of the speed or consumption of dust at the exit of the device;

$$\xi_t = \frac{v_{ent}}{v_{ex}} = \frac{Q_{ent}}{Q_{ex}} \quad (4)$$

- Hydraulic resistance for a device irrigated with liquid.

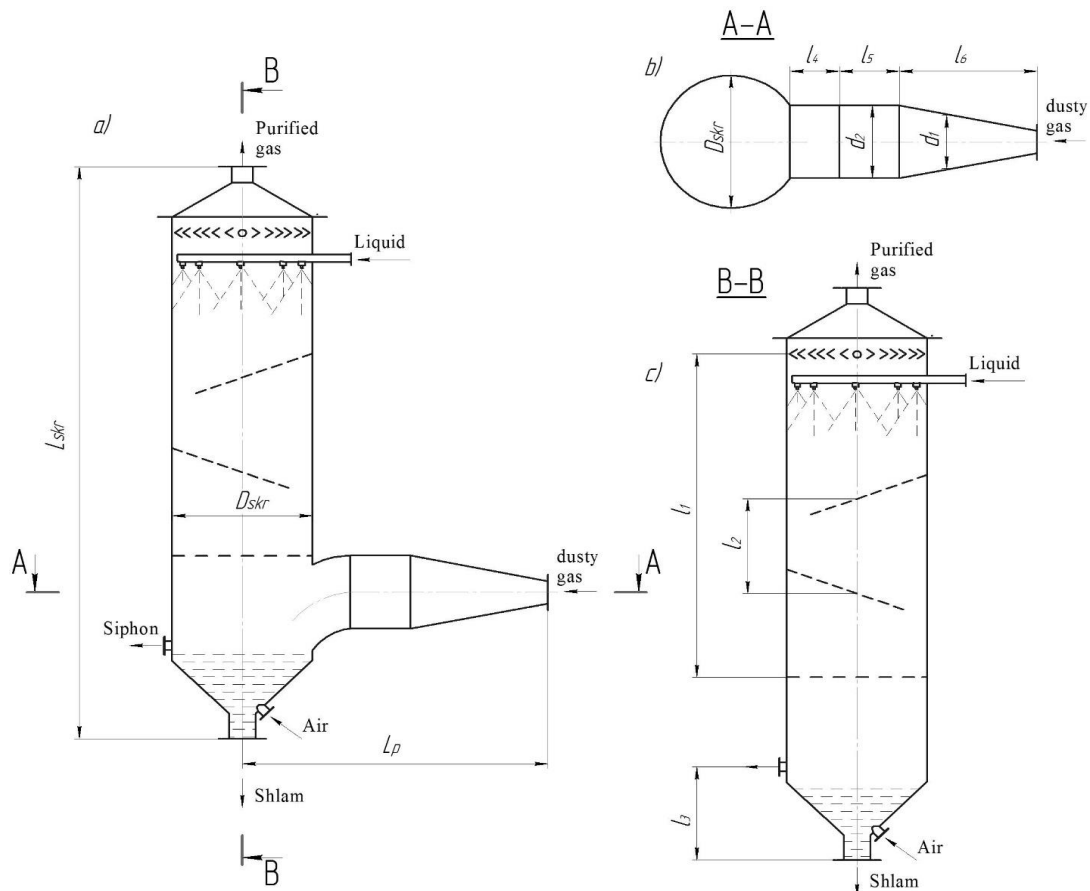


figure 1. Calculation scheme of a sieve plate scrubber.

a) Sieve plate scrubber overview; b) Dust gas inlet pipe; c) Dust gas and liquid contact column;

L_{skr} - scrubber length ; D_{skr} - scrubber diameter; L_p - pipe length; d_1 - diffuser diameter; d_2 - Cylinder diameter; l_1 - Length of working detail zones; l_2 - the distance between the plates; l_3 - chukma layer distance; l_4, l_5 - cylinder length; l_6 - diffuser length;

Determining the hydraulic resistance in a irrigated device requires some difficulties and deviations. Therefore, when determining the hydraulic resistance of irrigated devices, device zones are considered separately.

Then the total hydraulic resistance of the device irrigated with liquid can be written as follows, Pa;

$$\Delta P_s = \Delta P_{ven} + \Delta P_{s.p.s} \quad (5)$$

In this $\Delta P_{scrubber}$ – total hydraulic resistance of combined sieve plate scrubber, Pa; $\Delta P_{venture}$ – hydraulic resistance of the venturi pipe, Pa; $\Delta P_{sieve\ plate\ scrubber}$ – hydraulic resistance of a sieve plate scrubber, Pa.

When determining the total hydraulic resistance, the primary cleaning of dust in the working liquid in the scrubber bath was taken into account, and a calculation scheme was made separately for the venturi tube and separately for the sieve plate scrubber. Figure 1 shows the calculation scheme of the device.

Research results

Hydraulic resistance acting on the flow of powder moving in the venturi tube. The venturi pipe is composed of a diffuser, a guide pipe and an elbow with a certain inclination angle relative to the pipe axis. When the dust enters the diffuser, the flow spreads according to the expansion angle and reduces its speed. As a result of the expansion, dust particles in a dispersed state collide with each other. It enters the scrubber through an elbow at a certain angle of inclination and hits the surface of the working liquid in the scrubber bath and is primary cleaned.

Dust moving through the venturi tube experiences friction and local resistance as it passes through the diffuser, guide tube, and elbow. Then, using the section A-A of the calculation scheme in Figure 1, it will be possible to write the total hydraulic resistance of the venturi pipe as follows, Pa;

$$\Delta P_{ven} = \Delta P_{dif} + \Delta P_p + \Delta P_{p.t} \quad (6)$$

where $\Delta P_{diffuser}$ -is the hydraulic resistance due to internal friction during the transfer of dust to the device through the diffuser, it is determined as follows, Pa [1,4,11];

$$\Delta P_{dif} = \xi_{dif} \frac{\rho_{mix} \cdot v_{dif}^2}{2} \quad (7)$$

where $v_{diffuser}$ –is the speed of dust entering the diffuser, m/s; ξ_{dif} is the local resistance coefficient that affects the movement of dust inside the diffuser, and we determine it using the diffuser calculation scheme [4,11]. Figure 2 shows the calculation scheme of the diffuser.

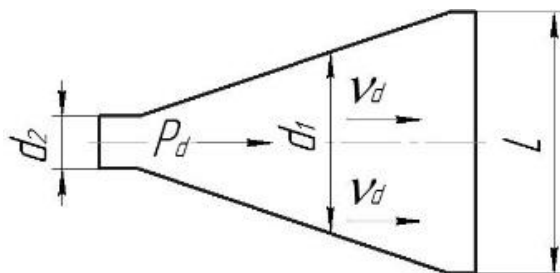


figure 2. Dependence of the gas flow rate $v_{diffuser}$ on the friction coefficient $\lambda_{diffuser}$, the expansion angle α expansion angle and the degree of expansion $n_{diffuser}$.

An important issue is that the dust flow moving in the diffuser is evenly spread over the expansion length L of the diffuser and slows down, which determines the particle collision in the guide tube. When designing the device, the condition indicated in the scheme must be fulfilled. To determine this condition, we use the approximate equation of Idelchik and Flinger [1,4,10];

$$\xi_{dif} = \frac{\lambda_{dif}}{8 \sin \frac{\alpha_{ex}}{2}} \left(1 - \frac{1}{n_{dif}^2}\right) + \sin \frac{\alpha_{ex}}{2} \left(1 - \frac{1}{n_{dif}}\right)^2 \quad (8)$$

where $n_{diffuser}$ – is the expansion level of the diffuser; $\alpha_{expansion\ angle}$ – diffuser expansion angle; $\lambda_{diffuser}$ – is the coefficient of friction in the diffuser, which depends on the expansion angle $\alpha_{expansion\ angl}$ of the diffuser, the degree of expansion $n_{diffuser}$ and the Reynolds number Re .

We determine the values of $\lambda_{diffuser}$, $\alpha_{expansion\ angle}$ and $n_{diffuser}$ according to the condition mentioned above [4; p 428].

$$\lambda_{dif} = \frac{A}{Re_{dif}} \quad (9)$$

where the $Re_{diffuser}$ – Reynolds criterion; A – Coefficient that takes into account the shape of the diffuser. If we take into account that the speed of the dust flow to the device is given in different ranges, it is possible to determine the $\lambda_{diffuser}$ by the Blasius equation [4; p 428].

$$\lambda_{dif} = \frac{0.316}{\sqrt[4]{Re_{dif}}} \quad (10)$$

In the calculations, the coefficient of friction is $0.015 \div 0.025$, the angle of expansion is 6° (in practice, the angle of expansion is taken around $7^\circ \div 9^\circ$ to reduce the length of the diffuser) and the degree of expansion is assumed to be $2 \div 4$ [4; p 428-432].

Then the equation (7) takes the following form, Pa;

$$Re_{dif} = \frac{\lambda_{dif}}{8 \sin \frac{\alpha_{ex}}{2}} \left(1 - \frac{1}{n_{dif}^2}\right) + \sin \frac{\alpha_{ex}}{2} \left(1 - \frac{1}{n_{dif}}\right)^2 \frac{\rho_{mix} \cdot v_{dif}^2}{2} \quad (11)$$

ΔP_{pipe} – is the hydraulic resistance due to internal friction during the passage of dust through the guide pipe, which is defined as follows, Pa;

$$\Delta P_p = \xi_p \frac{\rho_{mix} \cdot v_{dif}^2}{2} \quad (12)$$

where v_{pipe} – speed at the entrance to the dust diverter pipe, m/s; ξ_{pipe} – is the local resistance coefficient affecting the movement of dust inside the pipe, which is assumed to be equal to 1 in the literature and scientific research [4; p 432].

$\Delta P_{pipe\ twist.}$ – is the hydraulic resistance due to internal friction during the passage of dust through the elbow, which is determined as follows, Pa;

$$\Delta P_{k.b} = \xi_{p.t} \frac{\rho_{mix} \cdot v_{p.t}^2}{2} \quad (13)$$

where $v_{pipe\ twist.}$ – speed of dust entering the elbow, m/s; $\xi_{pipe\ twist.}$ – is the local resistance coefficient of the elbow, which is accepted as 0.15 in the literature and in the scientific research done [9].

Based on the above factors, putting equations (11), (12) and (13) into equation (6), it is possible to write the total hydraulic resistance of the venturi pipe as follows, Pa;

$$\Delta P_{ven} = \frac{\lambda_{dif}}{8 \sin \frac{\alpha_{ex}}{2}} \left(1 - \frac{1}{n_{dif}^2}\right) + \sin \frac{\alpha_{ex}}{2} \left(1 - \frac{1}{n_{dif}}\right)^2 \frac{\rho_{mix} \cdot v_{dif}^2}{2} + \xi_p \frac{\rho_{mix} \cdot v_{dif}^2}{2} + \xi_{p.t} \frac{\rho_{mix} \cdot v_{p.t}^2}{2} \quad (14)$$

To simplify the equation (14), the values of the resistance coefficients were calculated depending on the design parameters of the device. According to the obtained results, the local resistance coefficient affecting the movement of dust inside the diffuser was set to $\xi_{pipe} = 0.3$ (in which the expansion degree of the diffuser $n_{diffuser}$ and $L_{diffuser}$ length of the diffuser were taken into account, the local resistance coefficient affecting the movement of dust inside the pipe was set to $\xi_{pipe} = 1$ and the local resistance coefficient of the elbow and it was accepted as equal to $\xi_{pipe\ twist.} = 0.15$ in literature and scientific research works. In that case, the theoretically calculated total resistance coefficient of the venturi pipe can be taken as equal to 1.45. (14) putting the theoretically calculated values into the equation, the following equation was created that determines the total hydraulic resistance for the venturi pipe, Pa;

$$\Delta P_{ven} = 1.45 \frac{\rho_{mix} \cdot v_{ent}^2}{2} \quad (15)$$

Hydraulic resistance acting on the moving dust flow in a sieve plate scrubber. The sieve plate scrubber is composed of a working liquid bath, a distribution plate, a shoulder plate that increases the contact surface between dust and liquid, and a drop returner (separator). passes through the plate. The distribution plate distributes the dust flow uniformly along the cross-sectional surface of the sieve plate. Part of the working liquid (water) sprayed from above through the nozzle forms a layer of liquid on the outer surface of the plate, while the rest moves down through the holes of the plate in the form of a drop. As a result, a drop of liquid and a dust particle on the contact surface of the plate are absorbed into the liquid. The purified air passes through the plate and goes to the separator, where it is separated from the liquid droplets it carries with it. and released into the atmosphere.

In a sieve plate scrubber, the moving dust encounters hydraulic resistance as it impinges on the working fluid in the liquid bath, passes through the distribution plate and sieve plate, and the droplet returner. Then, using the B-B section of the calculation scheme in Figure 1, it will be possible to write the total hydraulic resistance of the sieve plate scrubber as follows, Pa;

$$\Delta P_{s.p.s} = \Delta P_{dif} + \Delta P_{p.t} + \Delta P_{s.p} + \Delta P_{ven} \quad (16)$$

where $\Delta P_{sieve\ plate\ scrubber}$ – total hydraulic resistance of the sieve plate scrubber, Pa; $\Delta P_{liquid\ bath}$ – is the hydraulic resistance of the liquid in the liquid bath to the powder flow, which is defined as follows, Pa [4; pp. 440-444];

$$\Delta P_{liq} = \xi_c \frac{\rho_{mix} \cdot v_{s.d}^2}{2} \quad (17)$$

where $v_{speed\ of\ dust\ exiting}$ – speed of dust exiting the elbow, m/s; ξ coefficient of resistance of the liquid surface.– is the coefficient of resistance of the liquid surface, which is determined experimentally depending on the viscosity of the liquid. In the literature and in the scientific research works (Doyle scrubber and plate absorbers) it is assumed to be equal to 0.45. In this case, the speed of the dust hitting the surface of the liquid was taken in the range of 40÷80 m/s, and the dust was directed perpendicular to the surface of the liquid. [4; pp. 440-444].

In the sieve plate scrubber, considering that the elbow is set at 45 degrees and the gas velocity is maximum 30 m/s, the gas experiences a imperceptible hydraulic resistance on the surface of the working fluid in the device bath. In that case, we can ignore the hydraulic resistance of the surface of the working fluid in the device bath in the theoretical justification of the total hydraulic resistance of the device.

$\Delta P_{gas\ flow\ distribution\ plate.}$ – is the hydraulic resistance of the gas flow distribution plate, which is determined according to the following equation, Pa [4; pp. 439-440];

$$\Delta P_{gas} = \xi_r \frac{\rho_{mix} \cdot v_{s.d}^2}{2gS^2} \quad (18)$$

where $v_{speed\ at\ the\ entrance}$ – speed at the entrance to the dust distributor, m/s; ξ_r – is the resistance coefficient of the distributor, which is accepted as 0.5 for grids with large apertures. It is determined that the surface of the grid holes should be $S \geq 0.18\ m^2/m^2$.

Then we get the following equation by changing the equation (18), Pa;

$$\Delta P_{g.f} = 0.77 \rho_{mix} \cdot v_{g.f}^2 \quad (19)$$

(19) from the equation we will be able to determine the hydraulic resistance of the gas distribution plate.

$\Delta P_{s.p.}$ – is the hydraulic resistance of the sieve plate, which is determined by the following equation, Pa [3,4,8];

$$\Delta P_{s.p} = \Delta P_{dry} + \Delta P_a + \Delta P_l \quad (20)$$

where, ΔP_{dry} - dry plate resistance, Pa; - the pressure difference necessary to overcome surface tension forces, Pa; - resistance of the liquid column in the plate, Pa;

ΔP_a – determined by the surface tension of the liquid:

$$\Delta P_a = \frac{4\sigma}{d_0} \quad (21)$$

where, σ – surface tension at the phase boundary, N/m; d_0 – diameter of the plate hole, m;

Dry plate and the resistance of the liquid column in it can be calculated from the equations recommended by Professor A.N. Plonovsky, Pa;

$$\Delta P_{dry} = 1.83 \frac{v_0^2 \rho_g}{2} \quad (22)$$

$$\Delta P_l = 1.3kh + \sqrt{k \cdot \Delta h} \quad (23)$$

where, v_0 - is the speed of the gas flow in the holes of the plate, m/s; $k=0.5$ is the ratio of foam density to liquid density in the plate; h - the height of the pouring threshold, m; – height of non-bottleneck liquid around the threshold, m;

$$\Delta h = \sqrt{\left(\frac{4}{\varphi b}\right)^2} \quad (24)$$

where, φ – consumption coefficient of the liquid passing through the pouring barrier ($\varphi = 6400 \div 10000$); b - the width of the pouring barrier, m.

The coefficient 1.83 in the equation (22) applies when the plate is installed in the device in a vertical position and for sieve plates with 7÷10% hole surface.

Given that the plates of a sieve plate scrubber are installed at a certain slope, this coefficient is not correct in determining the plate hydraulic resistance. Therefore, the following equation was recommended to determine the resistance coefficient in equation (22);

$$\xi_{dry} = 1.83 + \Delta k \sin \alpha \quad (25)$$

where Δk is a ratio coefficient, which is determined according to the plate hole diameter, thickness and number of holes.

If we put equation (25) into equation (22), we get the equation for determining the hydraulic resistance of the dry plate, Pa;

$$\Delta P_{dry} = (1.83 + \Delta k \sin \alpha) \frac{v_0^2 \rho_g}{2} \quad (26)$$

Putting equations (21), (23) and (26) into equation (20), the total hydraulic resistance of the sieve plate can be written as follows, Pa;

$$\Delta P_{s.p} = (1.83 - \Delta k \sin \alpha) \frac{v_0^2 \rho_g}{2} + \frac{4\sigma}{d_0} + 1.3kh + \sqrt{k \cdot \Delta h} \quad (27)$$

ΔP_{sep} – is the hydraulic resistance of the separator, which is defined as follows, Pa;

$$\Delta P_{sep} = \xi_s \frac{\rho_{mix} \cdot v_{sep}^2}{2} \quad (28)$$

where v_{sep} – speed of cleaned dust entering the separator, m/s; ξ_s – is the resistance coefficient of the liquid surface, which is taken as 0.4 in the calculations [4; pp. 444-448].

Then equation (27) becomes the following form, Pa;

$$\Delta P_{sep} = 0.4 \frac{\rho_{mix} \cdot v_{sep}^2}{2} \quad (29)$$

If you put equations (19), (27) and (29) into equation (16), it is possible to write the total hydraulic resistance of the sieve plate scrubber as follows, Pa;

$$\Delta P_{s.p.s} = 0.77 \rho_{mix} \cdot v_{d.s}^2 (1.83 - \Delta k \sin \alpha) \frac{v_0^2 \rho_g}{2} + \frac{4\sigma}{d_0} + 1.3kh + \sqrt{k \cdot \Delta h} + 0.4 \frac{\rho_{mix} \cdot v_{sep}^2}{2} \quad (30)$$

Conclusion

As a result of the research of wet dust cleaning devices, the efficiency of capturing dust

particles in a certain gas depends only on the pressure loss in the device, and a calculation scheme for sections A-A and B-B was developed. Based on this, the formula for the total hydraulic resistance of the combined sieve plate scrubber can be written as follows, Pa;

$$\Delta P = 1.45 \frac{\rho_{mix} \cdot v_{ent}^2}{2} + 0.77 \rho_{mix} \cdot g_{d,s}^2 (1.83 - \Delta k \sin \alpha) \frac{g_0^2 \rho_g}{2} + \frac{4\sigma}{d_0} + 1.3kh + \sqrt[3]{k \cdot \Delta h} + 0.4 \frac{\rho_{mix} \cdot g_{sep}^2}{2} \quad (31)$$

Through the resulting equation (31), we can determine the total hydraulic resistance of the combined sieve plate scrubber.

References

- [1]. Gavin Towler, Ray Sinnott, Chapter 17 - Separation columns (distillation, absorption, and extraction), Chemical Engineering Design (Third Edition), Butterworth-Heinemann, 2022, pp. 631-733.
- [2]. Kurella Swamy, B. C. Meikap. Hydrodynamic characteristics of a three-stage dual-flow sieve plate scrubber. South African Journal of Chemical Engineering Volume 23, 2017, pp. 91-97.
- [3]. Spellman, F. R., & Whiting, N. E. (2004). Environmental engineer's mathematics handbook. CRC Press.
- [4]. Yusupbekov N.R., Nurmuhamedov H.S., Zokirov S.G. Basic processes and devices of chemical technology. – Tashkent: Science and technologies, 2015. – 848 p.
- [5]. Yongfa Diao, Honggang Yang, Chapter 5 - Gas-cleaning technology, Editor(s): Howard D. Goodfellow, Yi Wang, Industrial Ventilation Design Guidebook (Second Edition), Academic Press, 2021, pp. 279-371.
- [6]. GOST 31826-2012. Gas cleaning and dust collecting equipment. Bag filters. Wet dust collectors. Safety requirements. – Moscow: Standartinform, 2019. – P.27.
- [7]. Sulaymanov A.M., (2022). Energy consumption in a sieve plate scrubber. Universum: technical science, (11-7 (104)), 5-9.
- A. Bandyopadhyay, M.N. Biswas. SO² scrubbing in A tapered bubble column scrubber. Chem. Eng. Commun., 84 (2006), pp. 54-62
- [8]. Sulaymanov A.M., Tojiev R.J., (2022). "Hydrodynamics of a scrubber for wet cleaning of powder gas generations" Mechanics and Technology, 2 (7), 120-127.
- [9]. J. Zhang, Y. Wang, G. Yu, X. Mao, F. Wang. Experimental study of two phase flow characteristics on the dual-flow tray. Chem. Eng. Res. Des., 102 (2015), pp. 90-99.
- [10]. Sulaymonov A.M., "Hydrodynamics of an inertial scrubber for cleaning dusty gases in the chemical industry using liquids," Scientific-technical journal (STJ FerPI, 2023, Vol. 27. Special issue No. 8)

QURILISH KONSTRUKSIYALARI TEXNIK HOLATINI MONITORING QILISHDA
STATIK VA DINAMIK YONDASHUVLAR TAHLILI

Sh.M. Davlyatov, D.D. Xasanov

Farg'ona davlat texnika universiteti

e-mail: sh.davlyatov@ferpi.uz, ORCID(0009-0006-7204-7192).

e-mail: hasanovdavlatbek2@gmail.com ORCID (0009-0007-3597-8681)

(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya: Ushbu maqolada qurilish konstruksiyalarining xavfsiz ekspluatatsiyasini ta'minlashda monitoring tizimlarining o'rni va ahamiyati ko'rib chiqiladi. Maqolada monitoring va tekshiruv tushunchalari o'rtasidagi farqlar, avtomatlashtirilgan monitoring tizimlarining (AMT) ierarxik tuzilishi hamda statik va dinamik monitoring usullarining qiyosiy tahlili keltirilgan. Shuningdek, konstruksiyalardagi shikastlanishlarni aniqlashning to'rt darajali paradigmasi va zamonaviy stoxastik modal tahlil (OMA) usullarining afzalliklari asoslab berilgan.

Tayanch so'zlar: monitoring, statik tahlil, dinamik tahlil, operatsion modal tahlil (OMA), datchiklar, shikastlanishlarni aniqlash, konstruksiya xavfsizligi.

Аннотация: В настоящей статье рассматриваются роль и значение систем мониторинга в обеспечении безопасной эксплуатации строительных конструкций. В статье приводится сравнительный анализ различий между понятиями мониторинга и обследования, иерархическая структура автоматизированных систем мониторинга (АСМ), а также статические и динамические методы мониторинга. Кроме того, обосновывается четырехуровневая парадигма выявления повреждений в конструкциях и преимущества современных методов стохастического модального анализа (СМА).

Ключевые слова: мониторинг, статический анализ, динамический анализ, эксплуатационный модальный анализ (ЭМА), датчики, обнаружение повреждений, безопасность конструкции.

Abstract: This article examines the role and importance of monitoring systems in ensuring the safe operation of building structures. The article presents a comparative analysis of the differences between the concepts of monitoring and verification, the hierarchical structure of automated monitoring systems (AMS), and methods of static and dynamic monitoring. The advantages of the four-level paradigm for determining structural damage and modern methods of stochastic modal analysis (SMA) are also substantiated.

Keywords: monitoring, static analysis, dynamic analysis, operational modal analysis (OMA), sensors, damage detection, structural safety.

Kirish: Zilzila tabiiy ofatlardan biri bo'lib, ko'p yillardan buyon O'zbekiston Respublikasi aholisi va hududiga jiddiy xavf tug'dirib kelgan. Seysmik xavfsizlik muammosi mamalkatimizda dolzarb muammalardan biri bo'lib, zilzila natijasida yuz berishi mumkin bo'lgan talofatlarning oldini olish borasida Davlatimiz tomonidan salmoqli ishlar olib borilmoqda. Buning asosiy sababi mamlakatimizning seysmik rayonlashtirish haritasiga ko'ra umumiy yer maydonining 78% hududi 7 va undan ortiq balli hududni tashkil qiladi. [1].

Bino va inshootlarning seysmik va ekspluatatsiya xavfsizligini ta'minlashda, undan kelib chiqadigan oldini oluvchi (ogohlantiruvchi) chora-tadbirlarni o'tkazish bilan bog'liq bo'lgan vazifalar hayot uchun muhim va nihoyatda dolzarb hisoblanadi [2]. Shu munosabat bilan muhimlik darajasi yuqori, ijtimoiy ahamiyatga ega bo'lgan binolar uchun yuk ko'taruvchi konstruksiyalarini monitoring qilish tizimini yaratish provard maqsad bo'lib qolmoqda.

Monitoring tushunchasi tekshiruv tushunchasi bilan chambarchas bog'liq. SHNQ 1.04.01-23 [3] ga muvofiq tekshiruv - bu tekshirilayotgan obyektlarning foydalanish holati, yaroqliligi va ishlash qobiliyatini tavsiflovchi hamda ularni kelgusida ishlatish imkoniyatini yoki tiklash va kuchaytirish zaruratini aniqlovchi nazorat qilinadigan parametrlarning haqiqiy qiymatlarini aniqlash va baholash bo'yicha chora-tadbirlar majmuidir. Tekshiruv davriy xususiyatga ega. Tekshiruvdan farqli o'laroq, monitoring doimiy xususiyatga ega. ГОСТ Р 53778-2010 ga muvofiq [4] monitoring - bu kuzatuv va nazorat tizimi bo'lib, kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holati (KDH) sezilarli o'zgargan va texnik holatini tekshirish zarur bo'lgan obyektlarni aniqlash uchun xizmat qiladi. Shunday qilib, tekshiruv va monitoring - bu ikkita parallel, bir-birini to'ldiruvchi

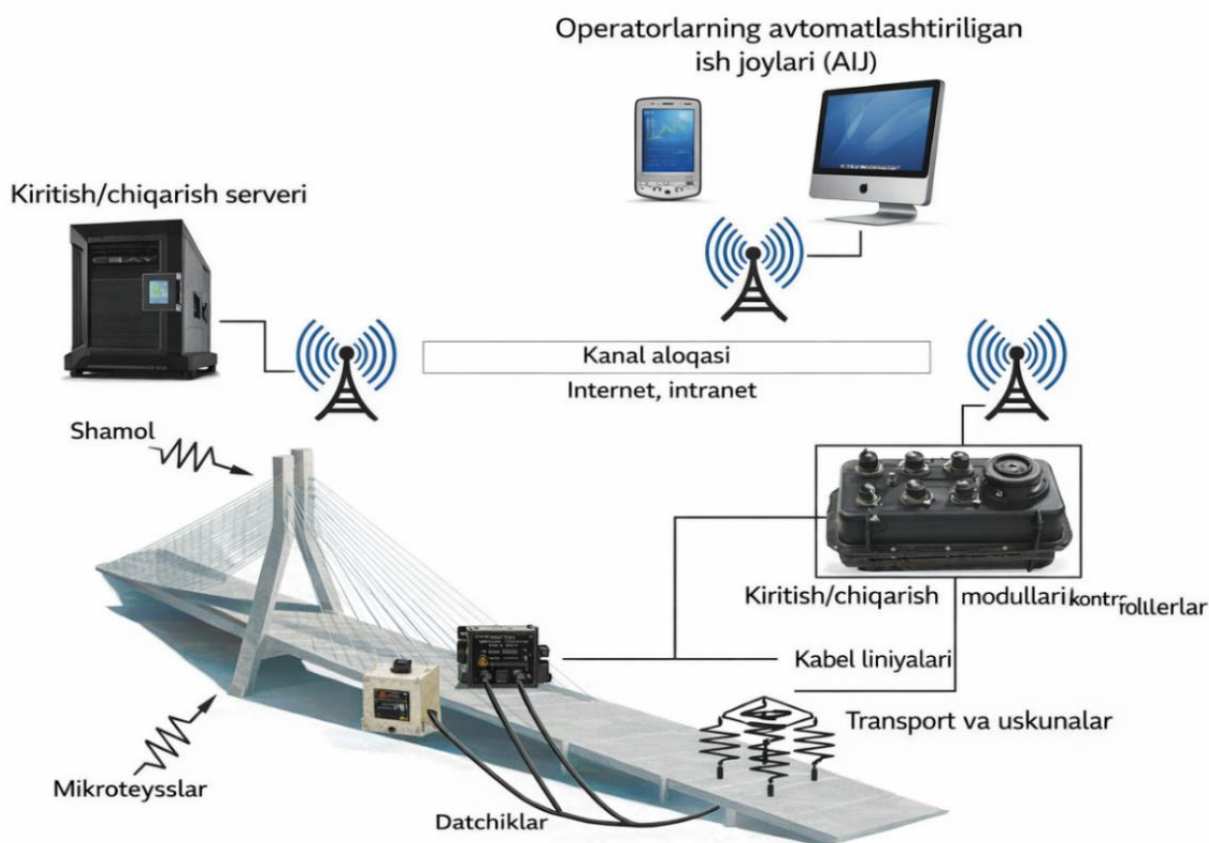
jarayon bo‘lib, qurilish konstruksiyalarining xavfsiz ishlashini ta’minlaydi. Monitoring, xuddi tekshiruv singari, aniqlash va baholashni nazarda tutadi quyidagi nazorat qilinadigan parametrlarni:

1. Statik xususiyatlar:
 - materiallarning xossalari;
 - deformatsiya;
 - siljish (cho‘kish, egilish, qiyshayish) va boshqalar.
2. Dinamik xususiyatlar:
 - chastota;
 - so‘nish dekrementi (dempirlash koeffitsiyenti) va boshqalar.

Monitoring o‘tkazish uchun umumiy tuzilmasi avtomatlashtirilgan monitoring tizimlari tobora ommalashib bormoqda.

[5] ga ko‘ra, monitoring tizimi ko‘p darajali ierarxik tuzilmaga ega bo‘lishi kerak:

- 1-daraja. Tuzilmali axborot kabel tizimi.
- 2-daraja. Birlamchi o‘zgartgichlar.
- 3-daraja. Ma’lumot yig‘ish kontrollerlari.
- 4-daraja. Kiritish/chiqarish serverlari.
- 5-daraja. Dispatcherlarning avtomatlashtirilgan ish joylari.



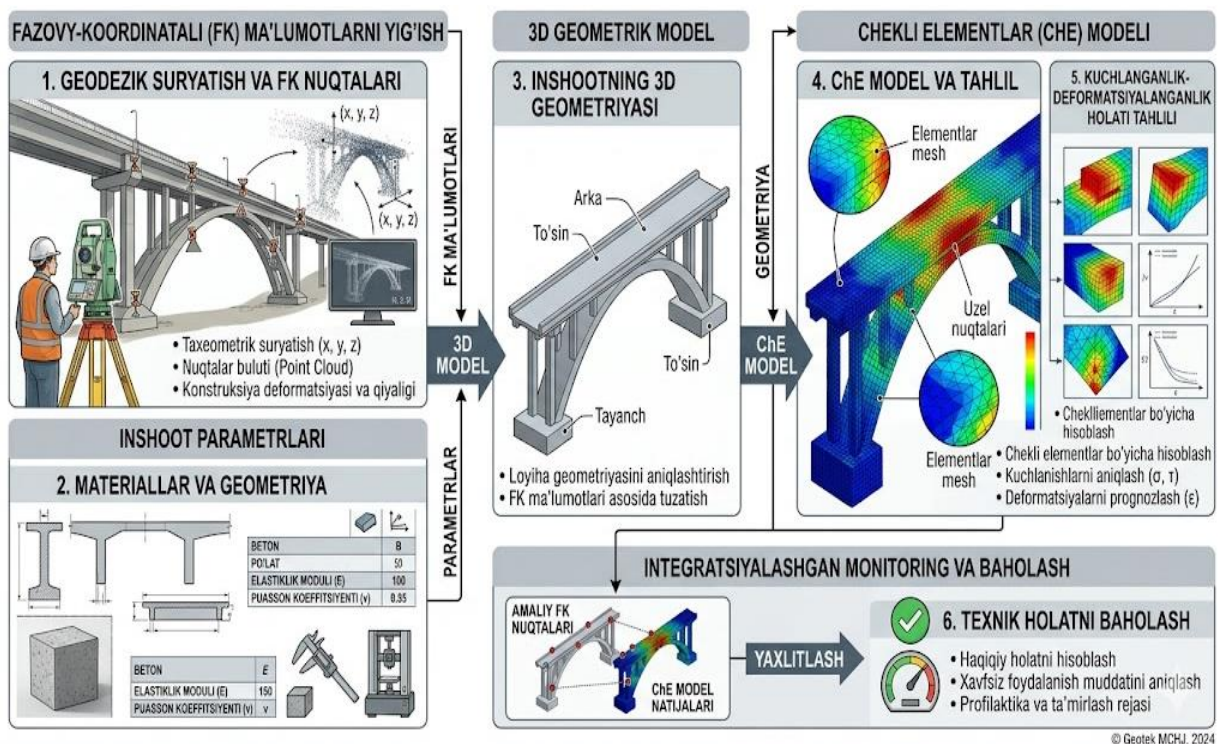
1-rasm. Qurilish monitoring tizimining tuzilmaviy sxemasi.

Asosiy qism: Funktsional imkoniyatlariga ko‘ra, nazorat qilinadigan parametrlar turiga qarab monitoring tizimlari ikki sinfga bo‘linadi: statik va dinamik. Statik SM (*Tokyo Sokki Kenkyujo* va *Geokon*) vaqt o‘tishi bilan sekin o‘zgaradigan parametrlarni (harorat, egilish, og‘ish, cho‘kish, poydevor ostidagi kontakt kuchlanishlari) o‘lchaydi. Dinamik monitoring tizimlari esa (*RefTek*, *Kinematics* va *Digitexx*) vaqt o‘tishi bilan tez o‘zgaradigan parametrlarni (tezlanish, tebranish tezligi) o‘lchaydi.

Hozirgi vaqtda monitoring tizimlarini ishlab chiqishda uchta texnologik platforma qo‘llanilmoqda.

Birinchisi turli xil sensorlardan foydalanishga asoslangan bo'lib, o'lchov ma'lumotlarini simli aloqa orqali uzatadi. (SISGEO simli monitoring tizimlari); ikkinchi tur qo'shimcha ravishda me'yorlangan parametrlarni (egilish, qiyshayish, deformatsiya) avtomatik nazorat qilish va simli yoki simsiz aloqa orqali ma'lumot uzatish bilan o'lchov natijalarini to'plash hamda avtomatik qayta ishlash serverlarini o'z ichiga oladi (MicroStrain, NI, J.Lynch simsiz monitoring tizimlari); uchinchi tur esa, yuqoridagilarga qo'shimcha ravishda, matematik va fizik modellashtirish asosida konstruksiyalarning texnik holatini baholash imkoniyatiga ega (Brimos ko'priklar holatini monitoring qilish tizimi). Ushbu ko'priklar holatini aniqlash tizimi arqonlarning tebranish tezlanishlarini o'lchaydi. O'lchangan natijalar spektri asosida matematik model parametrlari hisoblanadi. Parametrlar sifatida arqonning egilishdagi bikrligi va taranglik kuchi qabul qilinadi. Arqonlarning taranglik darajasiga qarab, ko'priklar konstruksiyasidan xavfsiz foydalanish mumkinligi aniqlanadi.

Statistik monitoring sohasidagi xorijiy tadqiqotlar orasida [6] ishini alohida ta'kidlash lozim. Ushbu ish binolar va inshootlarning yuk ko'taruvchi konstruksiyalarining kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini baholash masalalariga bag'ishlangan bo'lib, ularning texnik holatini monitoring qilish jarayonida olib borilgan. Holatni baholash uchun monitoring tizimi ishlab chiqilgan bo'lib, u konstruksiyalar nuqtalarining siljishini avtomatlashtirilgan geodezik o'lchash usullari va elektron taxeometrlarni o'z ichiga oladi. [7] ishda tanlab tekshirish, fazoviy-koodinatali (FK) o'lchashlar, o'lchash natijalari bo'yicha konstruksiyalarning kuchlanganlik-deformatsiyalanganlik holatini chekli elementlar usulida tahlil qilishdan foydalanish taklif etiladi (2-rasm). Qo'llanilgan yondashuvning kamchiligi boshqa usullar, masalan, deformatsiya, harorat va shu kabi datchiklar yordamida bajarilgan o'lchovlarning yo'qligidir. Aslida, FK o'zgarishining sababini faqat taxeometrik syomka natijalari asosida to'liq aniqlash mumkin emas.

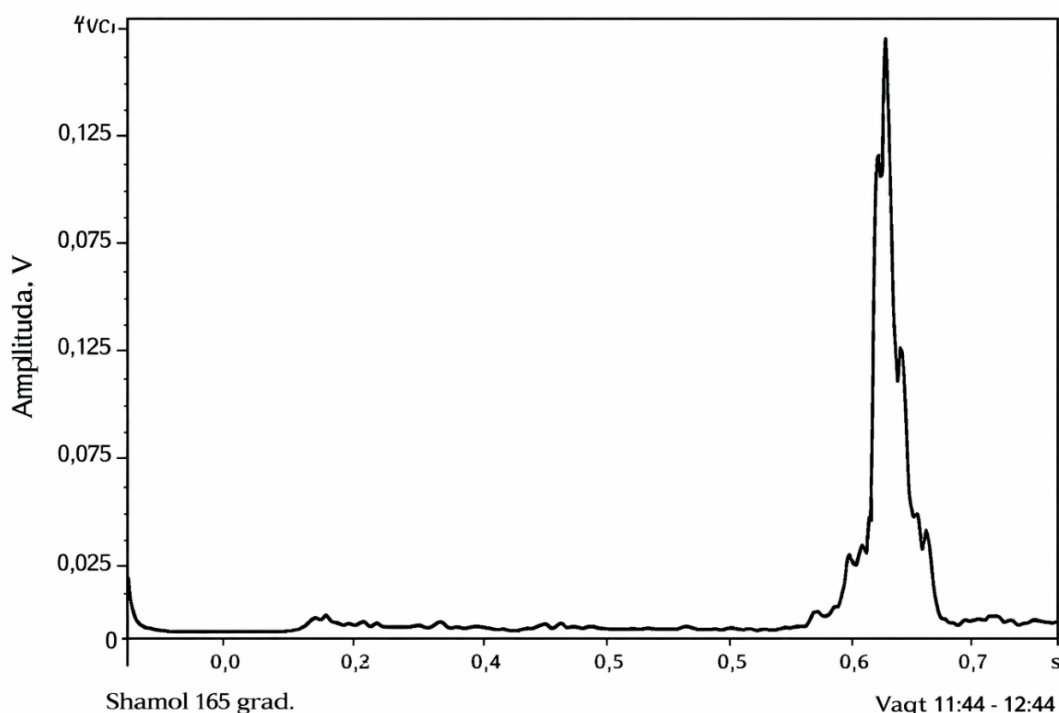


2-rasm . Fazoviy kordinatali va chekli elementlar modeli shakillanishi.

Statik monitoring tizimining namunasi [7] ishida tavsiflangan tizim hisoblanadi. Ushbu monitoring tizimi grunt bosimi, beton deformatsiyasi va armatura sterjenlaridagi kuchlanishni o'lchaydi. Mazkur tizimni qo'llash zarurati hisob-kitob va amaliy cho'kish hamda qiyalik qiymatlarining farqlanishi tufayli yuzaga kelgan. Tizimning kamchiligi ma'naviy eskirgan uskunalarni qo'llashdir.

So'nggi xorijiy dinamik monitoring tizimlari ishlanmalari orasida [8] ishni ta'kidlash

lozim. Ushbu ish Moskvadagi *G'alaba* xiyobonidagi yodgorlik konstruksiyalarini kompleks monitoring qilish tizimini ishlab chiqishga bag'ishlangan. Yodgorlik balandligi 142 metr bo'lgan uch qirrali piramida shaklidagi ustun-obelisk bo'lib, uning 110 metr balandligida "Nika ma'buda farishtalar bilan" haykaltaroshlik guruhi o'rnatilgan. Foydalanish davridagi shamol yuki ta'sirida inshoot bir nechta xususiy chastotalarda rezonans tebranishlarga duchor bo'ladi, shu sababli obyekt bir nechta xususiy chastotalarga mo'ljallangan dinamik tebranish so'ndirgichlari bilan jihozlangan. Shu munosabat bilan, yodgorlikning normal ishlashi inshoot holatini nazorat qilish (monitoring) tizimini talab etadi. [8] ish muallifi monitoring tizimida flyugerlar, anemometrlar, tezlanish datchiklari va optik siljish datchiklari. javob spektriga misol 3-rasmda ko'rsatilgan. Ushbu tizimda uslubiy kamchilik mavjud - dempferlash parametrlari tabiiy tebranish foniga xos bo'lgan shovqinli ma'lumotlarga ta'sirchan yarim energiya usuli yordamida aniqlangan. Yuqorida ta'kidlangan yechimlarning kamchiligi monitoring tizimlarini loyihalashda kompleks yondashuvning yo'qligidir. Komplekslikka bir vaqtning o'zida bir nechta texnologiyalarni qo'llash orqali erishish mumkin - axborot modellashtirish Konstruksiyalar monitoringi jarayoni bevosita shikastlanishlarni aniqlash (**damage detection**) bosqichlari bilan bog'liq bo'lib, u tizimli ravishda to'rt darajaga bo'linadi: shikastlanish mavjudligini aniqlash, uning lokatsiyasini tayinlash, xavf darajasini baholash va qolgan xizmat muddatini bashorat qilish. Tadqiqotda shikastlanish tushunchasi materialning xususiyatlari o'zgarishi, jumladan, charchoq deformatsiyalari hamda mikro va makro yoriqlarning rivojlanishi natijasida yuzaga keladigan konstruktiv holatning o'zgarishi sifatida talqin etiladi.

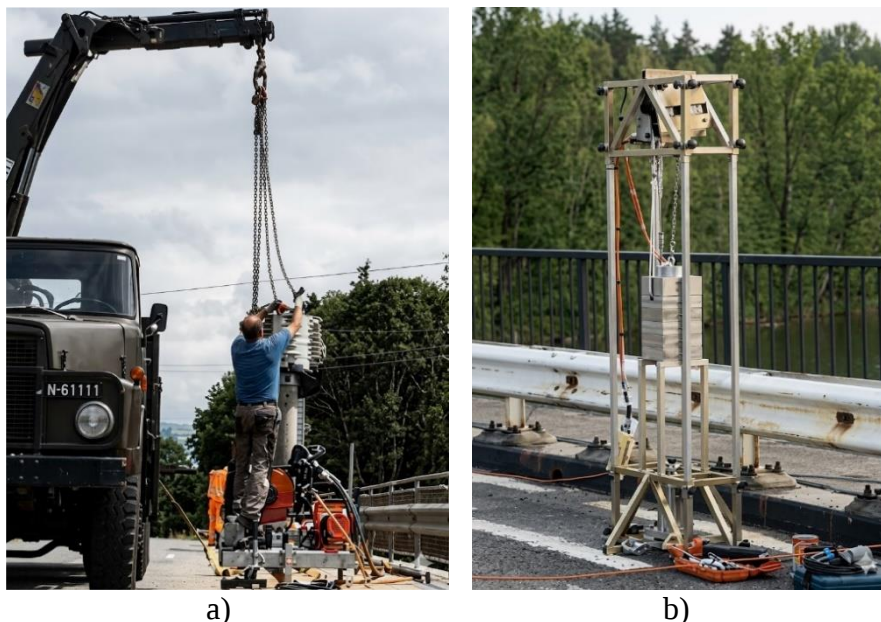


3-rasm. Akselerometr o'lchov natijalari bo'yicha Y o'qi bo'ylab cho'qqi tebranishlari spektri.

Binolar va inshootlar konstruksiyalari ekspluatatsiya jarayonida mikroseysmlar, shamol, transport va boshqa manbalar ta'sirida uzluksiz ravishda vibratsion yuklamaga duchor bo'ladi. Konstruksiyalarning vibratsion yuklamaga javobini o'lchash mumkin va bu o'lchovlardan olingan dinamik xususiyatlar asosida konstruksiyalarning holatini baholash uchun foydalanish mumkin.

Dinamik o'lchashlarning uch turi farqlanadi: sun'iy ta'sirlar natijasida yuzaga kelgan tebranishlarni o'lchash (aniq belgilangan ta'sir), erkin tebranishlarni o'lchash va tabiiy ta'sirlar fonidagi (tasodifiy yoki stoxastik ta'sir) tebranishlarni o'lchash. Sun'iy uyg'otish natijasida yuzaga kelgan tebranishlarni o'lchashda maxsus teykerlar qo'llaniladi. Ular oldindan berilgan algoritm bo'yicha konstruksiyalarda g'alayonlarni yaratishga qodir: ma'lum statistik taqsimot qonuniga ega bo'lgan tasodifiy ta'sirlar, davriy yoki impulsli ta'sirlar. Xorijiy amaliyotda bu usul so'zma-so'z

"majburiy tebranish sinovi" (Forced vibration testing) deb ataladi. Ushbu usulning asosiy afzalligi o'lganayotgan ma'lumotlarning yuqori sifatidadir. Biroq, usulning jiddiy kamchiliklari mavjud - maxsus texnika talab qilinadi, bu esa ishning narxi va bajarilish murakkabligini oshiradi. O'lgangan ma'lumotlarni talqin qilish uchun konstruksiyaga berilgan kuch ta'sirini o'lgash ham qo'llaniladi. Kuchli tebranish sinovlari uchun aylanadigan muvozanatsiz elektr dvigatellari bilan jihozlangan teykerlardan foydalaniladi, shuningdek, elektrogidravlik teykerlar va modal bolg'alar ham ishlatiladi.



4-rasm . a)Teykerni kran yordamida o'rnatish va b)ko'prik konstruksiyasiga o'rnatilgan teyker.

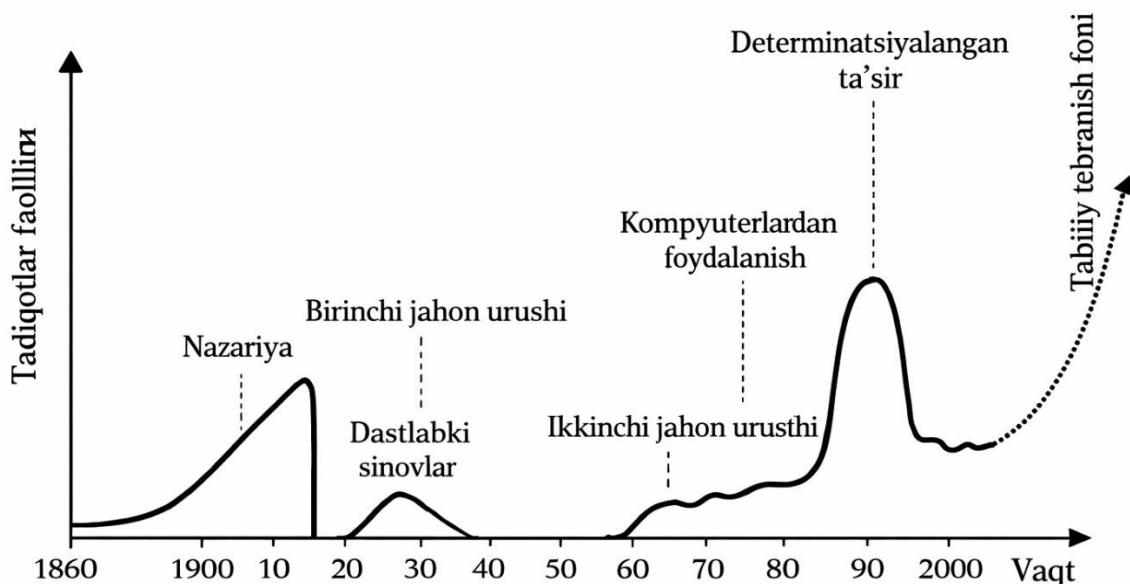
Konstruksiyaning erkin tebranishlarini o'lgash jarayoni konstruksiyaning boshlang'ich holatini belgilash zarurati bilan bog'liq - tezlanish, tezlik yoki siljish Shubhasiz, bu usul amalda to'liq o'lgamli qurilish obyektlariga qaraganda ko'proq kichik laboratoriya qurilmalari uchun qo'llaniladi.

Bugungi kunda qurilish konstruksiyalarining amaliy loyihalashda tabiiy tasodifiy (stoxastik) *tashqi* ta'sirlar natijasida konstruksiya nuqtalarining tebranishlarini o'lgash usuli keng qo'llanilmoqda. Bu usul *tebranishli* sinov yoki *tashqi* ta'sirlardan *tebranishli* operatsion sinov (Ambient vibration testing) deb nomlanadi

Ushbu usul sun'iy ta'sirlarning yo'qligi va tabiiy ta'sirlar xususiyatlari haqida ma'lumotning mavjud emasligi bilan tavsiflanadi. Qurilish konstruksiyasiga quyidagi mexanik tebranish manbalari ta'sir ko'rsatishi mumkin:

1. Mikroseysmlar.
2. Seysmik faollik.
3. Mashinalar, mexanizmlar va odamlardan keladigan tebranishli ta'sirlar.
4. Shamolning pulsatsiyalanuvchi oqimlari.
5. Tovush to'liqlari va boshqa manbalar.

Ushbu usulning ommaviyligi bino va inshootlardan foydalanish jarayonida kuch ta'sirini o'lgash zarurati yo'qligi bilan bog'liq. Konstruksiyadagi yuklanish noma'lum bo'lgani uchun quyidagicha taxmin qilinadi: yuklanish jarayonini tasodifiy statsionar jarayon deb qarash mumkin ,shuningdek, bu jarayon tekis spektrga ega bo'ladi (boshqacha aytganda, tekis amplituda-chastota xarakteristikasiga ega bo'ladi, ko'pincha "oq shovqin" atamasi ishlatiladi). O'lgash uchun ko'pincha akselerometrlar (tezlanish datchiklari), kamroq hollarda tezlik, siljish, deformatsiya va boshqa turdagi datchiklar qo'llaniladi.



5-rasm. Dinamik tajriba usullarining rivojlanish tarixi tahlili.

Shuni ta'kidlash joizki, amaliyotda "tasodifiy tashqi ta'sirlardan vibratsion sinovlar" sun'iy ravishda berilgan kuch ta'sirlari bilan birgalikda qo'llanilishi mumkin.

5-rasmda konstruksiyalarning eksperimental dinamik tahlili sohasidagi tadqiqotlar faolligi ko'rsatilgan. 5-rasmdan ko'rinib turibdiki, hozirgi vaqtda tadqiqotlar ko'proq konstruksiyalarning tabiiy vibratsion fonga javobini ko'rib chiqishda stoxastik tahlil usullari uchun o'tkazilmoqda.

Xulosalar:

Monitoring tizimlari bo'yicha mavjud yechimlarni tahlil qilish natijasida ishchi gipoteza shakllantirildi. Uning asosiy mohiyati dinamik monitoringning kompleks texnologiyasini ishlab chiqishda uchta texnologiyani qo'llashdan iborat: axborot modellashtirish, chekli elementli modellashtirish hamda nazariy va eksperimental dinamik tahlil texnologiyalari.

Masala holatini o'rganish shuni ko'rsatdiki, zamonaviy qurilishda monitoring usullari faol qo'llanilmoqda. Bu esa mazkur ishning dolzarbligini tasdiqlaydi.

Hozirgi kunda xorijda monitoring o'tkazish uchun keng qamrovli me'yoriy baza mavjud. Ushbu baza muntazam ravishda to'ldirib borilmoqda

Adabiyotlar

- [1]. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining Qarori. 30.07.2020 y. PQ-4794. O'zbekiston Respublikasi qonun xujjatlari ma'lumotlari milliy bazasi. <https://lex.uz/docs/4921703>.
- [2]. O'zbekiston Respublikasi qonuni, 13.09.2021 y. №713. O'zbekiston Respublikasi qonun xujjatlari ma'lumotlari milliy bazasi.. <https://lex.uz/docs/5630183>.
- [3]. SHNQ 1.04.01-23 Bino va inshootlarning texnik holatini o'rganish va monitoring qilish tartibi
- [4]. ГОСТ Р 53778-2010. Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния [Текст]. - М.: Стандартинформ, 2010. -90 с.
- [5]. ГОСТ Р 22.1.12-2005. Безопасность в чрезвычайных ситуациях. Структурированная система мониторинга и управления инженерными системами зданий и сооружений. Общие требования [Текст]. - М.: ИПК «Издательство стандартов», 2005. - 26 с.
- [6]. Коргина, М.А. Оценка напряженно-деформированного состояния несущих конструкций зданий и сооружений в ходе мониторинга их технического состояния. [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Мария Андреевна Коргина. - М., 2008. - 225 с.
- [7]. Лазебник, Г.Е. Мониторинг несущих конструкций зданий повышенной этажности. [Текст] / Г.Е. Лазебник, Кошелева Н.Н. // Свгт геотехники, январь 2009 - С. 14 - 18.
- [8]. Патрикеев, А. В. Разработка комплексной системы динамического мониторинга металлоконструкции главного монумента памятника Победы на поклонной горе в г. Москве [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Александр Владимирович Патрикеев. - М., 2009. - 198 с.

**KO‘P QAVATLI BINOLAR POYDEVORLARIDA REZINA-GRUNT
ARALASHMALI SEYSMIK IZOLYATSIYA TIZIMINING QO‘LLANILISHI: ILMIY
TADQIQOTLAR TAHLILI**

R.R. Raximov

Farg‘ona davlat texnika universiteti
Mas‘ul muallif, e-mail rasuljon.raximov@fstu.uz
(Qabul qilindi 10.03.2026 y.)

Annotatsiya: Ushbu maqolada ko‘p qavatli binolarni zilziladan himoya qilishning zamonaviy, innovatsion va iqtisodiy jihatdan samarali yechimlaridan biri sifatida rezina-grunt aralashmasi (RGA) asosidagi geotexnik seysmik izolyatsiya (GSI) tizimi atroflicha tahlil qilinadi. Tadqiqotning asosiy maqsadi mazkur tizimning ishlash mexanizmini, seysmik energiyani kamaytirishdagi rolini, hamda ko‘p qavatli bino poydevorlarida qo‘llash imkoniyatlarini ilmiy asosda baholashdan iboratdir. Shu bilan birga, an‘anaviy poydevor yechimlari bilan taqqoslanganda rezina grunt aralashma asosidagi GSI tizimining ustun jihatlari, iqtisodiy tejamkorligi va amaliy qo‘llanishdagi qulayliklari ko‘rsatib beriladi. Maqolada jahon olimlari tomonidan olib borilgan ilmiy izlanishlar, kompyuter modellash natijalari hamda tebranish stoli sinovlari tahlil qilinadi. Ushbu manbalar asosida rezina va grunt aralashmasi qatlamining deformatsiyani pasaytirish, tebranishlarni so‘ndirish hamda ustki inshootga uzatiladigan dinamik yuklarni kamaytirish xususiyatlari baholanadi. Tadqiqot davomida rezina donachalari ulushi, gruntning fizik-mexanik ko‘rsatkichlari, qatlam qalinligi, zichlanish darajasi va namlik kabi omillarning tizim samaradorligiga ta‘siri alohida o‘rganiladi. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, RGA asosidagi GSI tizimi seysmik to‘lqinlarning bir qismini o‘zida yutib, qolgan qismini tuproq muhitida tarqatish orqali bino konstruksiyalariga yetib boruvchi zarbani sezilarli darajada kamaytiradi. Bu esa inshootning siljish amplitudasi, tezlanish darajasi va ichki kuchlanishlarining kamayishiga olib keladi. Shuningdek, maqolada optimal tarkib va konstruktiv parametrlarni tanlash bo‘yicha tavsiyalar umumlashtiriladi. Bundan tashqari, mazkur tizimni O‘zbekiston sharoitida qo‘llash imkoniyatlari ham ko‘rib chiqiladi. Hududiy seysmik faollik, geologik muhit, grunt sharoiti hamda amaldagi qurilish me‘yorlari (GOST, QMQ, SHNQ) nuqtayi nazaridan uning moslashuvchanligi va amaliy joriy etish istiqbollari baholanadi. Hisob-kitoblar va tajriba natijalari tizimning xizmat muddati, ta‘mirlashga ehtiyoji va ekspluatatsion barqarorligi bo‘yicha ham ijobiy xulosalarni beradi. Xulosa qilib aytganda, rezina-grunt aralashmasiga asoslangan geotexnik seysmik izolyatsiya tizimi ko‘p qavatli binolarning zilzilabardoshligini oshirish, qurilish xavfsizligini kuchaytirish va xarajatlarni optimallashtirishda istiqbolli yechim sifatida namoyon bo‘ladi. Tizimning yana bir muhim afzalligi shundaki, u murakkab mexanik qurilmalarni talab qilmaydi va mahalliy qurilish materiallari asosida nisbatan arzon tayyorlanadi. Shu sababli, yuqori seysmik xavfga ega hududlarda yangi qurilish loyihalarida ham, mavjud binolarni rekonstruksiya qilishda ham undan foydalanish mumkin. Mazkur yo‘nalish bo‘yicha kelgusida tajriba-sinov maydonlarida qo‘shimcha tadqiqotlar olib borish, turli grunt turlari uchun hisobiy modellarni aniqlashtirish va normativ hujjatlarni takomillashtirish maqsadga muvofiq hisoblanadi. Bu esa uning amaliy joriy etilishini tezlashtirib, zilzila xavfini kamaytirish bo‘yicha barqaror va ekologik toza muhandislik yechimlari qatoriga kiritadi shaharsozlikda muhim ahamiyat kasb etadi.

Tayanch so‘zlar: geotexnik seysmik izolyatsiya, rezina-grunt aralashmasi, dempferlash, seysmik tebranish, poydevor, zilzilabardoshlik, qavatlararo siljish.

Аннотация: В данной статье всесторонне анализируется геотехническая сейсмическая изоляционная система (GSI) на основе резино-грунтовой смеси (RGA) как одно из современных, инновационных и экономически эффективных решений защиты многоэтажных зданий от землетрясений. Основной целью исследования является научная оценка механизма работы данной системы, её роли в снижении сейсмической энергии, а также возможностей применения в фундаментах многоэтажных зданий. Кроме того, показаны преимущества системы GSI на основе резино-грунтовой смеси по сравнению с традиционными фундаментными решениями, её экономичность и удобство практического применения. В статье анализируются результаты научных исследований, проведённых мировыми учёными, данные компьютерного моделирования и испытаний на вибрационном столе. На основе этих данных оцениваются свойства слоя резино-грунтовой смеси по снижению деформаций, гашению колебаний и уменьшению динамических нагрузок, передаваемых на надземную часть сооружения. В ходе исследования отдельно изучается

влияние таких факторов, как содержание резиновых частиц, физико-механические характеристики грунта, толщина слоя, степень уплотнения и влажность, на эффективность системы. Результаты показывают, что система GSI на основе RGA частично поглощает сейсмические волны и рассеивает оставшуюся энергию в грунтовой среде, значительно снижая воздействие на конструкции здания. Это приводит к уменьшению амплитуды смещений, уровня ускорений и внутренних напряжений. Также в статье обобщены рекомендации по выбору оптимального состава и конструктивных параметров. Дополнительно рассматриваются возможности применения данной системы в условиях Узбекистана. Оценивается её адаптивность и перспективы внедрения с учётом региональной сейсмической активности, геологических условий, характеристик грунтов и действующих строительных норм (ГОСТ, КМК, ШНК). Расчёты и экспериментальные данные также подтверждают положительные показатели по сроку службы, потребности в ремонте и эксплуатационной устойчивости системы. В заключение отмечается, что геотехническая сейсмическая изоляция на основе резино-грунтовой смеси является перспективным решением для повышения сейсмостойкости многоэтажных зданий, повышения безопасности строительства и оптимизации затрат. Дополнительным преимуществом системы является отсутствие необходимости в сложных механических устройствах и возможность её изготовления из местных строительных материалов по относительно низкой стоимости. В связи с этим её можно применять как в новых строительных проектах, так и при реконструкции существующих зданий в сейсмоопасных районах. В перспективе целесообразно проведение дополнительных исследований на экспериментальных полигонах, уточнение расчётных моделей для различных типов грунтов и совершенствование нормативной базы. Это позволит ускорить внедрение данной технологии и включить её в число устойчивых и экологически безопасных инженерных решений в градостроительстве.

Ключевые слова: геотехническая сейсмическая изоляция, резино-грунтовая смесь, демпфирование, сейсмические колебания, фундамент, сейсмостойкость, межэтажное смещение.

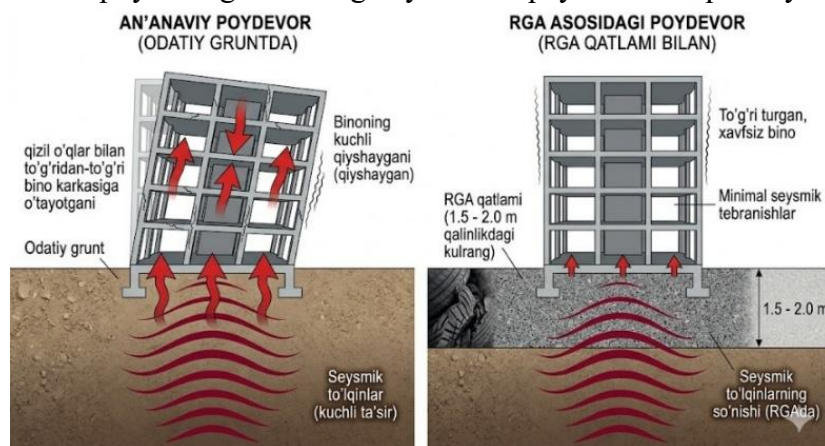
Abstract: This article provides a comprehensive analysis of a geotechnical seismic isolation (GSI) system based on a rubber–soil mixture (RSM) as a modern, innovative, and cost-effective solution for protecting multi-storey buildings against earthquakes. The main objective of the study is to scientifically evaluate the operating mechanism of this system, its role in reducing seismic energy, and its applicability in the foundations of multi-storey buildings. In addition, the advantages of the GSI system based on rubber–soil mixtures compared to conventional foundation solutions are demonstrated, including its cost efficiency and practical convenience. The paper analyzes findings from international research, results of computer simulations, and shaking table tests. Based on these sources, the deformation reduction, vibration damping, and dynamic load mitigation properties of the rubber–soil layer are evaluated. The study also examines the influence of factors such as rubber particle content, physical and mechanical properties of the soil, layer thickness, compaction degree, and moisture on system performance. The results indicate that the RSM-based GSI system absorbs part of the seismic waves and dissipates the remaining energy within the soil medium, significantly reducing the impact transmitted to the building structures. This leads to a decrease in displacement amplitude, acceleration levels, and internal stresses. The article also summarizes recommendations for selecting optimal composition and structural parameters. Furthermore, the potential for implementing this system under the conditions of Uzbekistan is assessed. Its adaptability and prospects for practical application are evaluated considering regional seismic activity, geological conditions, soil characteristics, and existing construction standards (GOST, KMK, SHNK). Calculations and experimental results also demonstrate positive outcomes in terms of service life, maintenance requirements, and operational stability. In conclusion, the geotechnical seismic isolation system based on a rubber–soil mixture is presented as a promising solution for enhancing the seismic resilience of multi-storey buildings, improving construction safety, and optimizing costs. Another important advantage of the system is that it does not require complex mechanical devices and can be produced relatively cheaply using locally available construction materials.

Keywords: geotechnical seismic isolation, rubber-soil mixture, damping, seismic vibrations, foundation, seismic resistance, inter-storey drift.

1.Kirish:

Seysmik faolligi yuqori bo'lgan hududlarda, xususan O'zbekiston sharoitida, ko'p qavatli bino va inshootlarning zilzilaga chidamliligini ta'minlash muhim muhandislik vazifalaridan biri hisoblanadi. Urbanizatsiya jarayonida binolarning balandligi ortib borayotgani ularning dinamik

yuklamalarga sezgirlikini oshiradi va bu esa konstruktiv yechimlarga alohida talab qo'yadi. An'anaviy loyihalash usullarida bunday binolar yuqori mustahkamlikka ega beton (B15, B20 va undan yuqori markalar) hamda biki karkas tizimlari asosida quriladi. Ushbu yondashuv konstruksiyaning umumiy mustahkamligini oshirsa-da, kuchli zilzilalar vaqtida elementlarda katta ichki kuchlanishlarning yuzaga kelishiga sabab bo'ladi. Bundan tashqari, konstruksiya og'irligining ortishi poydevorga tushadigan yukni ko'paytiradi va iqtisodiy samaradorlikni pasaytiradi. [5,7,8]



1-rasm. An'anaviy poydevor va RGA asosidagi poydevor taqqoslamasi.

Shu bilan birga, zamonaviy muhandislik amaliyotida seysmik izolyatsiya (Base Isolation) texnologiyalaridan foydalanish kengayib bormoqda. Ushbu texnologiyaning asosiy g'oyasi — bino konstruksiyasini zamin tebranishlaridan ma'lum darajada ajratish orqali unga uzatiladigan seysmik energiyani kamaytirishdan iborat. Natijada, bino elementlarida hosil bo'ladigan tezanish va

deformatsiyalar kamayadi, bu esa konstruksiyaning ishonchliligini oshiradi va xizmat muddatini uzaytiradi. So'nggi yillarda olib borilgan tadqiqotlarda qimmat rezina-metall tayanchlar o'rniga iqtisodiy jihatdan maqbul bo'lgan geotexnik seysmik izolyatsiya (GSI) tizimlariga qiziqish ortmoqda. Ushbu yo'nalish doirasida ayniqsa, poydevor ostidagi tabiiy grunt qatlamini maydalangan avtomobil shinalari va qum yoki grunt aralashmasidan iborat qatlam bilan almashtirish usuli samarali deb baholanmoqda. Rezina-grunt aralashmasi (RGA) yuqori elastiklik va energiyani so'ndirish xususiyatiga ega bo'lib, seysmik to'lqinlarning ta'sirini kamaytirishda muhim rol o'ynaydi. Mazkur texnologiyaning yana bir muhim jihati uning ekologik foydasidir. Chunki u chiqindi avtomobil shinalarini qayta ishlash imkonini berib, atrof-muhitga salbiy ta'sirni kamaytiradi. Shu sababli, RGA asosidagi geotexnik izolyatsiya tizimi nafaqat texnik va iqtisodiy, balki ekologik nuqtayi nazardan ham istiqbolli yechim sifatida qaraladi. [1,4,7]

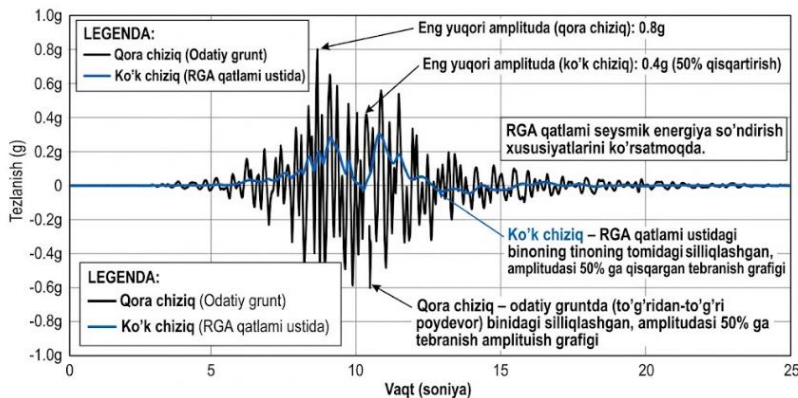
2. Metodologiya Rezina-grunt aralashmasi (RGA) asosidagi tizimning samaradorligini aniqlash maqsadida xalqaro ilmiy amaliyotda qo'llanilayotgan turli metodologiyalar kompleks tarzda o'rganildi. Tahlil jarayonida bir nechta asosiy tadqiqot yo'nalishlariga alohida e'tibor qaratildi.

Birinchi yo'nalish sifatida raqamli modellashtirish usullari ko'rib chiqildi. Xususan, zamonaviy sonli hisoblash dasturlari yordamida grunt va inshoot o'rtasidagi o'zaro ta'sir (Soil-Structure Interaction) chuqur tahlil qilindi. Modellashtirish jarayonida tarixiy zilzilalarga oid akselerogrammalar, jumladan El Centro va Kobe zilzilalarining real yozuvlari yuklama sifatida qo'llanildi. Turli sharoitlarda, ya'ni RGA qatlamining qalinligi poydevor kengligining taxminan 0,2–0,4 qismiga teng bo'lgan holatlarda, binoning dinamik javobi hisoblab chiqildi. Natijada, qatlam qalinligi va material tarkibining konstruksiya tebranishiga ta'siri aniqlashtirildi [8].

Ikkinchi muhim yo'nalish laboratoriya sharoitida olib borilgan tajribalar bilan bog'liq. Jumladan, yetakchi ilmiy markazlarda tebranish stoli (shaking table) yordamida o'tkazilgan sinovlarda kichraytirilgan masshtabdagi bino modellari qo'llanildi. Ushbu tajribalarda poydevor ostiga joylashtirilgan RGA qatlamining deformatsiyasi va siljish xususiyatlari maxsus akselerometrlar yordamida qayd etildi. Olingan natijalar orqali tizimning real sharoitdagi xatti-harakati va energiyani so'ndirish darajasi baholandi [9].

Uchinchi yo'nalish materiallarning fizik-mexanik xususiyatlarini aniqlashga qaratildi. Dinamik sinovlar asosida qum va maydalangan rezina aralashmasining siljish moduli hamda dempferlash koeffitsiyentlari turli nisbatlarda aniqlab chiqildi. Ushbu parametrlar RGA qatlamining seysmik to'lqinlarni yutish va susaytirish qobiliyatini baholashda muhim ahamiyat kasb etadi [1].

3. Natijalar O'rganilgan metodologik tadqiqotlar natijalari shuni ko'rsatadiki, rezina-grunt aralashmasi (RGA) asosidagi seysmik izolyatsiya tizimi yuqori darajadagi mexanik va dinamik samaradorlikka ega. Turli ilmiy yondashuvlar asosida olingan natijalar ushbu tizimning quyidagi asosiy xususiyatlarini tasdiqlaydi. Avvalo, RGA qatlamining qo'llanilishi kinematik izolyatsiya effektini yuzaga keltiradi hamda tizimning chastota xususiyatlarini sezilarli darajada o'zgartiradi. Xususan, qum tarkibiga maydalangan rezina qo'shilishi natijasida aralashmaning siljish moduli kamayadi, bu esa "bino–zamin" tizimining xususiy tebranish davrining ortishiga olib keladi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, ushbu davr odatda 0,5 soniyadan 1,5–2 soniya oralig'igacha uzayadi. Natijada, yuqori chastotali va eng xavfli seysmik to'liqlar konstruksiyaga kamroq uzatiladi va ularning zararli ta'siri sezilarli darajada kamayadi [1]. Ikkinchi muhim jihat — energiyani so'ndirish qobiliyatining oshishidir. Laboratoriya sinovlari shuni ko'rsatadiki, oddiy qum materialida dempfirlash koeffitsiyenti nisbatan past bo'lib, odatda 2–5% atrofida bo'ladi. Biroq, rezina-grunt aralashmasida ushbu ko'rsatkich keskin ortib, 15–30% gacha yetadi. Bu esa seysmik energiyani katta qismini yutish va uni konstruksiyaga yetib borishidan oldin kamaytirish imkonini beradi [9]. Uchinchi natija sifatida seysmik yuklarning kamayishi qayd etiladi. Raqamli modellashirish asosida olingan ma'lumotlarga ko'ra, RGA qatlamidan foydalanilganda binoning yuqori qavatlarida yuzaga keladigan qavatlararo siljishlar (inter-story drift) me'yoriy chegaralargacha pasayadi. Shu bilan birga, bino tom qismidagi maksimal tezlanish (PGA) qiymatlari ham 40–60% gacha kamayishi aniqlangan. Bu esa konstruksiyani umumiy barqarorligini sezilarli darajada oshiradi [9]. Bundan tashqari, material tarkibining optimal nisbatini aniqlash bo'yicha olib borilgan tajribalar shuni ko'rsatdiki, eng samarali natijalar rezina zarrachalari hajm bo'yicha 10–25% (og'irlik bo'yicha 5–15%) bo'lgan holatda kuzatiladi. Bunda rezina bo'laklarining o'lchami odatda 2–10 mm diapazonda bo'lishi maqsadga muvofiq hisoblanadi. Aynan shu nisbatlarda bino cho'kishi va seysmik izolyatsiya samaradorligi o'rtasida optimal muvozanat ta'minlanadi [1,3,4,], [7,8].

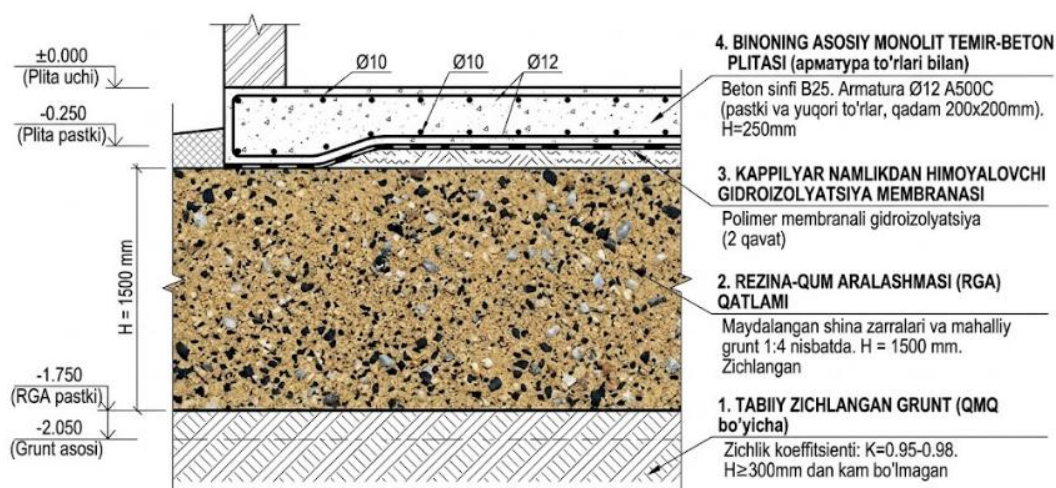


2-rasm. PLAXIS dasturidan olingan tezlanish grafikasi.

texnologik jihatlar alohida e'tiborga loyiq. An'anaviy seysmik izolyatsiya tizimlarida qo'llaniladigan qimmat rezina-metall tayanchlar o'rniga qayta ishlangan avtomobil shinalaridan foydalanish qurilish xarajatlarini sezilarli darajada kamaytiradi. Shu bilan birga, bu yondashuv chiqindi shinalarni utilizatsiya qilish orqali ekologik muammolarni kamaytirishga ham xizmat qiladi. RGA qatlamini hosil qilish jarayoni murakkab maxsus uskunalar talab qilmaydi, balki odatiy yo'l-qurilish texnikalari yordamida amalga oshirilishi mumkin. Bundan tashqari, ushbu tizim faqatgina poydevor ostida qo'llanilishi bilan cheklanmay, balki inshoot atrofida joylashtirilgan holda vertikal seysmik to'siq vazifasini ham bajarishi mumkin, bu esa uning funksional imkoniyatlarini kengaytiradi [10]. Shu bilan birga, mazkur texnologiyani amaliyotga joriy etishda ayrim cheklovlar va muammolar ham mavjud. Eng muhim masalalardan biri — uzoq muddatli cho'kish (creep) hodisasidir. Rezina materialining viskoelastik xususiyatlari tufayli vaqt o'tishi bilan qo'shimcha deformatsiyalar yuzaga kelishi mumkin. Ayniqsa, katta og'irlikka ega bo'lgan ko'p qavatli binolar ostida bu holat yanada yaqqol namoyon bo'lishi ehtimoli bor. Natijada, ruxsat etilgan cho'kish me'yorlaridan oshish xavfi paydo bo'ladi. Shu sababli, loyihalash bosqichida uzoq

4. Muhokama Olib borilgan tadqiqotlar natijalari geotexnik seysmik izolyatsiya (GSI) tizimi an'anaviy konstruktiv yondashuvlarga nisbatan bir qator muhim ustunliklarga ega ekanligini ko'rsatadi. Mazkur tizim nafaqat texnik samaradorlikni oshiradi, balki iqtisodiy va ekologik jihatdan ham afzalliklarni ta'minlaydi. Avvalo, iqtisodiy va

muddatli deformatsiyalarni hisobga oluvchi aniq muhandislik hisob-kitoblarini amalga oshirish zarur.



3-rasm. RGA qatlamining tuzilishi.

Bundan tashqari, normativ-huquqiy baza bilan bog'liq muammolar ham mavjud. Hozirgi kunda GSI tizimi to'liq ravishda milliy qurilish me'yorlari — GOST, QMQ va ShNQ hujjatlariga integratsiya qilinmagan. Bu esa har bir loyiha uchun alohida texnik shartlar ishlab chiqishni, qo'shimcha hisob-kitoblar va ekspertizalarni talab etadi. Natijada, tizimni keng miqyosda joriy etish jarayoni murakkablashadi.

5. Xulosa O'tkazilgan tahlillar natijalari shuni ko'rsatadiki, ko'p qavatli binolar poydevorida rezina-grunt aralashmasiga asoslangan geotexnik seysmik izolyatsiya (GSI) tizimini qo'llash zamonaviy va samarali muhandislik yechimlaridan biri hisoblanadi. Mazkur yondashuv konstruktiv xavfsizlikni oshirish bilan bir qatorda iqtisodiy jihatdan ham o'zini oqlaydi. Raqamli modellashirish natijalari hamda tebranish stoli sharoitida o'tkazilgan laboratoriya sinovlari ushbu tizimning yuqori samaradorligini tasdiqlaydi. Xususan, tadqiqotlar natijasiga ko'ra, optimal parametrlar asosida shakllantirilgan, ya'ni qatlam qalinligi to'g'ri tanlangan va tarkibida hajm bo'yicha taxminan 10–25% rezina komponenti mavjud bo'lgan aralashma seysmik ta'sirlarni sezilarli darajada kamaytiradi. Bunday sharoitda bino konstruksiyasiga uzatiladigan dinamik yuklar 50% gacha qisqarishi aniqlangan. Bu esa binoning umumiy barqarorligini oshirib, uning ekspluatatsion ishonchliligini ta'minlaydi. Shu bilan birga, mazkur texnologiyani yanada keng joriy etilishi uchun ayrim masalalarni chuqurroq o'rganish talab etiladi. Xususan, uzoq muddatli cho'kish (creep) jarayonlarini kompleks tadqiq etish, turli yuklama va grunt sharoitlarida uning ta'sirini aniqlashtirish muhim ahamiyatga ega. Bundan tashqari, ushbu tizimni amaliyotga tatbiq etishni soddalashtirish maqsadida uni milliy qurilish me'yorlari va standartlariga kiritish zarur. Umuman olganda, rezina-grunt aralashmasiga asoslangan geotexnik seysmik izolyatsiya tizimi yuqori seysmik faollikka ega hududlarda qurilayotgan bino va inshootlar uchun ishonchli, iqtisodiy va ekologik jihatdan maqbul yechim sifatida qaraladi.

Adabiyotlar

- [1]. Senetakis, K., Anastasiadis, A., & Pitilakis, K. (2012). Dynamic properties of dry sand/rubber (SRM) and gravel/rubber (GRM) mixtures in a wide range of shearing strain amplitudes. *Soil Dynamics and Earthquake Engineering*, 33(1), 38-53.
- [2]. Sağlam, D., & Tonaroglu, M. (2025). Investigation of Geotechnical Seismic Isolation Systems Based on Recycled Tire Rubber–Sand Mixtures. *Applied Sciences*, 15(4), 2133.
- [3]. Modern technologies for ensuring seismic safety of buildings. (2025). *Eureka Journal of Civil, Architecture and Urban Studies*, 1(2), 29-38. <https://eurekaao.com/index.php/8/article/view/72>
- [4]. S.M. Mirzabayeva S.A. Umarov Z.A. ABOBAKIROVA. (2025) Binolarda seysmik xavfni kamaytirishning zamonaviy usullari Scientific-technical journal (STJ FerSTU, ФДТУ ИТЖ, ИТЖ ФГТУ, 2025,
- [5]. Yin, Z., Sun, H., Jing, L., & Dong, R. (2022). Geotechnical seismic isolation system based on rubber-sand mixtures for rural residence buildings: shaking table test. *Materials*, 15(21), 7724.

- [6]. Bessimbayev, Y. T., Shadkam, A. S., Begaliev, U. T., Begentayev, M. M., Suleyev, D. K., Zhumadilova, Z. O., ... & Ussipbekov, Y. Y. (2024). Development of Geotechnical Seismic Isolation System in the Form of Vertical Barriers: Effectiveness and Perspective. *Buildings*, 14(9), 2736.
- [7]. Tsang, H. H. (2008). "Seismic isolation by rubber-soil mixtures for developing countries." *Earthquake Engineering and Structural Dynamics*, 37(2), 283-303.
- [8]. MDPI (2025). "Investigation of Geotechnical Seismic Isolation Systems Based on Recycled Tire Rubber–Sand Mixtures." *Buildings*, Maxsus nashr (Special Issue).
- [9]. ResearchGate (2022). "Geotechnical Seismic Isolation System Based on Rubber-Sand Mixtures for Rural Residence Buildings: Shaking Table Test." *Journal of Earthquake Engineering*.
- [10]. MDPI (2024). "Development of Geotechnical Seismic Isolation System in the Form of Vertical Barriers." *Applied Sciences*.

AGRESSIV MUHITLI HUDUDLARDA TURAR JOY BINOLARINING BAZALT ARMATURALI LENTASIMON POYDEVORLARI

K.I. Maxsimov, magistr A. Abdunazarov

Farg'ona davlat texnika universiteti

e-mail: maxsimov55@bk.ru

(Qabul qilindi 10.03.2026 y.)

Annotatsiya: maqolada respublikamizning sho'rlangan gruntli xududlarida kam turar joy binolari lentasimon poydevorlarini barpo etishda an'anaviy metal armaturalar o'rniga bazalt tolali polimer kompozitsion armaturalardan foydalanish tadqiq qilingan. Bunda, bazalt tolali armatura metall armaturaga nisbatan kam ishlatilishi bilan birga, ayniqsa, sho'rlangan gruntlar va sizot suvlaridagi mavjud agressiv muhit ta'siriga chidamliligi bilan farqlanishi ko'rsatilgan.

Tayanch so'zlar: sho'rlangan grunt, turar joy binolari, bazalt tolali polimer kompozitsion armatura, lentasimon poydevorlar, korroziya, innovatsiya, texnologiya.

Abstract: This article examines the use of basalt rebar instead of traditional metal rebar in the construction of strip foundations for residential buildings in our republic with unstable saline soils. It demonstrates that basalt rebar is used less frequently than metal rebar and is particularly resistant to the aggressive environments found in saline soils and groundwater.

Key words: saline soil, residential buildings, basalt fiber polymer composite reinforcement, strip foundations, corrosion, innovation, technology.

Аннотация: В данной статье рассматривается использование базальтовой арматуры вместо традиционной металлической арматуры при строительстве ленточных фундаментов жилых зданий в нашей республике с неустойчивыми засоленными грунтами. Показано, что базальтовая арматура используется реже, чем металлическая, и обладает особой устойчивостью к агрессивным средам, характерным для засоленных грунтов и грунтовых вод.

Ключевые слова: засоленный грунт, жилые дома, базальтовая арматура, ленточные фундаменты, коррозия, инновации, технологии.

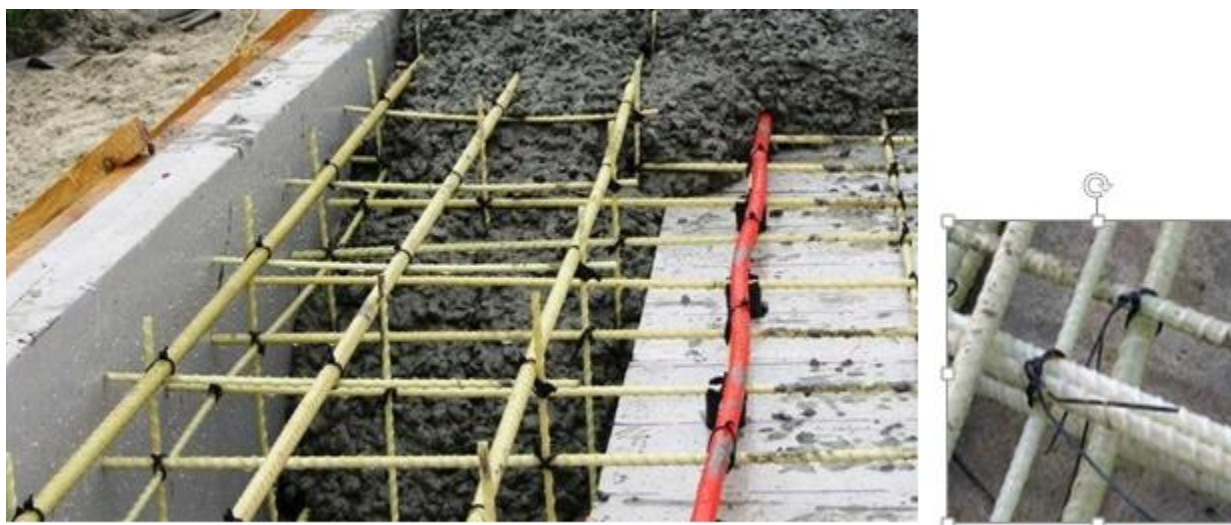
Kirish. So'ngi yillarda respublikamizning o'ziga xos murakkab xususiyatlarga ega bo'lgan noustivor sho'rlangan gruntli hududlarida ko'plab turar joy binolari, madaniy-maishiy ob'ektlar hamda qishloq xo'jalik bino va inshootlari barpo etilmoqda. Ma'lumki, tarkibida 5% o'rtacha va 0,3% (quruq grunt og'irligiga nisbatan) tez eruvchi tuzlari bo'lgan gruntlar sho'rlangan gruntlar hisoblanadi. Natriy xlor (NaCl), kaliy xlor (KCl), kalsiy xlor (CaCl_2), magniy xlor (MgCl_2); bikarbonat natriy (NaHCO_3), kalsiy bikarbonat (CaNSO_4); karbonat natriy (K_2SO_4); sulfat natriy (Na_2SO_4) va magniy sulfat (MgSO_4) kabilar tez eruvchi tuzlar hisoblanadi. Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) va angidritli (CaSO_4) tuzlar o'rtacha eruvchi tuzlar toifasiga kiradi [1,5,9,12].

O'zbekistonning ko'p viloyat va tumanlarida gruntlardagi sulfatlar miqdori ko'p holatlarda xloridlardan ancha yuqori, shu sababdan qurilish maydonining sho'rlanishi xlorid-sulfatli yoki sulfatli deb baholanishi mumkin. Buxoro viloyati tumanlarida va Farg'ona vodiysida tuzlar tarkibini asosan sulfatlar tashkil etib, xloridlar juda kam miqdorda uchraydi, shu bois bu yerlarda grunt sho'rlanish turini sulfatli deb hisoblanadi. Suvda eruvchi tuzlarning eritma shaklida tez harakatchanligi bois yerning ustki qatlamlarida sho'rlangan gruntlar maydonlari miqdor

jihatdan

o'zgarib turishi mumkin. Gruntlar sho'rlanganlik darajasiga qarab 3 ta asosiy toifaga - oz sho'rlangan, o'rtacha sho'rlangan va kuchli sho'rlanganlar bo'linadi. Gruntlarni bunday tartibda toifalanishi zamin va poydevorlarni loyihalashda samarali himoya usullarini tanlash imkoniyatini beradi [7,8,10,11].

Mazkur hududlarda turar joy binolari lentasimon poydevorlarini barpo etishda an'anaviy metal armaturalar o'rniga va bazalt tolali polimer kompozitsion armaturalardan foydalanish yaxshi samara berishi mumkin[3,4,6]. Ma'lumki, bunday armaturalar diametri 4 dan 18 mm gacha bo'lgan epoksid qatron asosida olingan polimer bilan qoplangan holda ishlab chiqariladi. U sanoat, fuqarolik, yo'l qurilishida, shuningdek, an'anaviy po'lat armatura o'rniga oldindan zo'riqtirilgan va kuchlanishsiz beton konstruksiyalarda, jumladan, barcha turdagi yig'ma va quyma poydevorlarni barpo etishda qo'llanilishi mumkin[4]. Bunda, bazalt tolali polimer kompozitsion armatura metall armaturaga nisbatan bir necha barobar kam ishlatilishi bilan birga, ayniqsa, sho'rlangan gruntlar va sizot suvlaridagi mavjud agressiv muhit ta'siriga chidamliligi bilan farqlanadi.



1-rasm. Bazalt armaturali quyma lentasimon poydevor o'rnatish jarayoni.

Natijalar. Tadqiqotlar olib borilayotgan Yozyovon tumanida zamin gruntlarining o'ziga xos xususiyatlaridan kelib chiqib asosan poydevori lentasimon quyma va yig'ma poydevorli turar joy binolari barpo etilmoqda.

Poydevor turi va o'lchamlari binoning konstruktiv tuzilmasi va zamin gruntlarning yuk ko'tarish qobiliyatiga va poydevorga ta'sir etuvchi yuk miqdoriga qarab turli o'lchamda bo'lishi mumkin. Lentasimon poydevorlarining kengligi uning balandligidan ancha katta qabul qilinganligi bois tashqi yuklar ta'sirida egilishga moyil bo'ladi. Xozirda, zamin gruntlari turli darajada sho'rlangan gruntlarda yakka tartibdagi uylarni qurishda asosan tegishli hisoblarga asoslangan holda, diametri 10-12 mm, ayrim hollarda 14 mm bo'lgan metall armaturalardan foydalanib kelinadi. So'ngi tadqiqotlarga ko'ra, lentasimon poydevorlarni barpo etishda - bir qavatli uylarda 6,7mm va ikki qavatli uylar 8,10mm diametrli bazalt tolali polimer kompozitsion armaturalardan foydalanish texnik-iqtisodiy jihatdan samarali ekanligi tasdiqlangan (1-jadval).

Bazalt tolali polimer kompozitsion armatura poydevorlar barpo qilish quyidagi bosqichlardan iborat:

- qolip(opalubka) tayyorlash va undan bir necha marta foydalanish uchun ichki yuzasini pergamin bilan qoplash;
- beton aralashmasi quyiladigan chegaralarni opalubkaning ichki tomonidan belgilash, armatura to'rini qolip ikkala chetidan 30÷ 50 mm masofada joylashtirish;
- ikki qator bazalt tolali polimer kompozitsion armatura qolip perimetri bo'ylab o'rnatish (himoya qatlami, agar armatura beton yostiq ustidan o'rnatilsa 35 mm, to'g'ridan-to'g'ri

zichlangan grunt ustidan bo'lsa 70mm);

-ko'ndalang armaturalarni yotqizib plastik bog'lamalar yordamida mahkamlangan armatura to'rini hosil qilish;

- loyixaga ko'ra tik armaturalarni o'rnatish va xomutlar bilan mahkamlash;

- beton qo'yish.

1-jadval.

Metal va bazalt tolali polimer kompozitsion armaturalarning taqqoslama ko'rsatkichlari.

№	Ko'rsatkichlar nomi	Metal armatura, klass A-11(A300S)	Bazalt tolali polimer kompozitsion armatura
1	Materiali	po'lat	Epoksid qatron asosida olingan polimer bilan qoplangan bazalt tola
2.	Cho'zilishga bo'lgan chegaraviy qarshiligi, MPa	390	1100
3	Nisbiy cho'zlish, %	14	2.2
4	Zichligi, t/kub.m	7	1,9
5	Korroziyaga chidamliligi	korroziyalanadi	Korroziyaga chidamli
6	Issiqlik o'tkazuvchanligi	issiqlik o'tkazuvchan	Issiqlik o'tkazmaydi
7	Elektr o'tkazuvchanligi	elektr o'tkazuvchan	dielektrik
8	Profilni ishlab chiqarilishi, diametri(mm)	6-80	4-24
9	Uzunligi(m)	6-12	Talabga qarab
10	Ekologikligi	ekologik	zaharli emas, 4 klass havflilikga ega(xavfliligi kam)
11	Umrboqiyiligi	me'yorlarga asosan	kamida 80 yil
12	Fizik-mexanik hossalarga ko'ra armaturalarning almashuvchanligi, diametri(mm)	6 8 12 14 16 18	4 6 8 10 12 14
13	Iqtisodiy samaradorligi	armatura F10 A-III o'rtacha bahosi 2590 so'm/p.m	shunga mos - 6mm armatura bahosi - 1400 so'm/p. m

Tahillarimizni ko'rsatishicha bazalt tolali polimer kompozitsion armaturalar metall armaturaga nisbatan bir qancha afzalliklarga ega. Jumladan, bazalt tolali armatura narxining po'lat armaturaga nisbatan narxining pastligi, yengil bo'lganligi sababli tashish xarajatlarining kamligi, ishlash uchun qulayligi, issiqlikdan kengayish xususiyati betonga yaqin bo'lganligi sababli beton sathida yoriqlar hosil bo'lmasligi uning boshqa turdagi armaturalarga nisbatan ustunligini belgilaydi. Bazalt tolali polimer kompozitsion armaturalar 50-100m li bog'lamalarda ishlab chiqarilib, uni qurilish maydonida uzluksiz yotqizish qulay va oson bajarish mumkin.

Xozirda sho'rlangan gruntlarda keng qo'llanib kelinayotgan temir-beton lentasimon poydevorlarga agressiv muhitning uzoq vaqt ta'siri natijasida ishchi po'lat armaturalarda korroziya jarayonlarining paydo bo'lishi va maxsus choralar ko'rilmaganda faol bosqichga o'tishi mumkin. Oqibatda, egiluvchan lentasimon poydevorning deformatsiyaga chidamlilik xususiyatlarini o'zgarishi, himoya qatlamining yemirilishi bilan bog'liq salbiy oqibatlar sodir bo'ladi. Shunga ko'ra, yangi ishlab chiqarilayotgan va foydalanilayotgan temir-beton poydevorlarning agressiv muhit ta'siriga yuqori darajada chidamliligini ta'minlashda bazalt tolali polimer kompozitsion armaturadan foydalanish istiqbolli hisoblanadi.

Shunga ko'ra, seysmik faol sho'rlangan gruntlarda joylashgan 5 qavatli turar joy binosini lentasimon poydevorlarini loyihalashni ko'rib chiqamiz. Bino asosini 12 m ga qadar chuqurlikda o'rganilganda uning 0,7m qismi o'simlik qatlamidan, 7,3m qumoq va 4,7m qalinlikda qumdan tashkil topgan. Yer osti sizot suvlari sathi bahor oylarida 2,3m atrofida bo'lishi kuzatilgan. Binoni

loyixalashtirish jarayonida zamin ishchi qatlami gruntlarining fizik-mexanik xossalari o'rganilgan (2-jadval).

2-jadval.

Gruntlarning fizik-mexanik xossalari

Grunt nomi	Qatlam qalinligi, m	γ_s kN/m ³	ρ kN/m ³	ρ_d kN/m ³	Π	e	E, mPa	Siljish qarshiligi	
								S, kPa ϕ , grad.	S, kPa ϕ , grad.
Kumok	7,3	26,7	19,7	15,7	0,42	0,70	10,9	0,22	24
Qum	4,7	26,3	18,6	15,4	0,4	0,69	12,4	0,15	26

Gruntlar va yer osti sizot suvlarining sulfatga chidamli o'rtacha zichlikdagi betonga nisbatan agressivligi mavjud (3-jadval)

3-jadval.

Gruntlar va yer osti sizot suvlarining kimyoviy tarkibi

Namuna olish chuqurligi, m	Quruq qoldiq C_l (absolyut quruq gruntga nisbatan)	Suvda ionlar miqdori mg. 1kg grunt tarkibida				Ionlar tarkibi, mg/kg
		$\frac{cL}{HCO_3}$	SO_4	$\frac{Ca}{Mg}$	Na+K	
0,5-1,0	0,72	$\frac{50,4}{400,8}$	4420,7	$\frac{130,0}{130,0}$	240,7	1155
3,0	0,33	$\frac{47,0}{348,0}$	2061,0	$\frac{640,0}{192,0}$	51,0	562,0

Bazalt totali armatura yuqori mustahkamlikka va korroziyaga chidamlilikka ega (1-jadval) [3,6].

Yoz'yavon tumanida barpo etilayotgan ko'p qavatli g'ishtli turar joy binosi quyma lentasimon poydevorini egilishga ishlovchi temirbeton element sifatida qabul qilamiz. Bunda, bino 5 qavatli, devor yuklamasi: $N=210$ kN/m, poydevor kengligi: $b=1.0$ m, balandligi: $h=0.6$ m va himoya qatlami: $ax=50$ mm. Devordan tushadigan hisobiy yuklama $q = 210$ kN/m.

Poydevorga armatura tanlash uchun egilish momentini aniqlaymiz:

$$M = q \cdot l^2 / 8 \quad (1)$$

Bu yerda $l = 3.0$ m lentasimon poydevor uzunligi.

$$M = 210 \cdot 3^2 / 8 = 236.25 \text{ kH} \cdot \text{m}.$$

Bazalt armatura kesimi yuzasi:

$$A = M / (R \cdot d_0) \quad (2)$$

bu yerda: $R = 800$ mPa, bazalt armaturaning cho'zilishga bo'lgan hisobiy qarshiligi (1-jadval), $d_0 = 0.9h = 0.54$ m lentasimon poydevorning foydali balandligi. Kesim yuza bo'yicha armatyr ko'ndalang kesimi umumiy maydoni $A = 546,8$ mm² ekanligini inobatga olib armatura diametrini tanlaymiz (4-jadval).

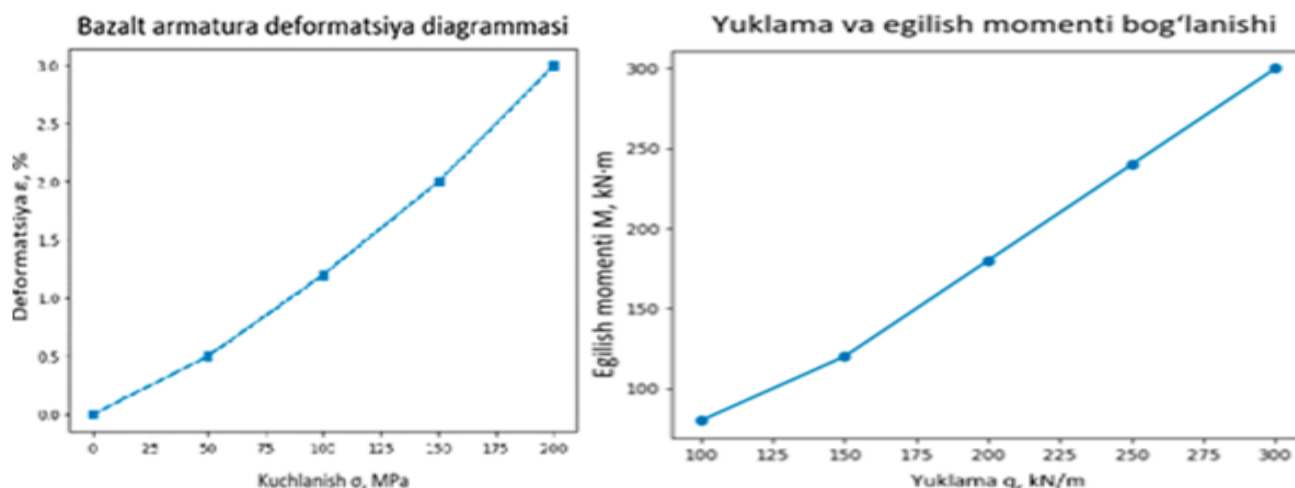
Xisobot natijalariga ko'ra ishchi armatura sifatida 4ta Ø14li bazalt armatura qabul qilamiz. Bazalt armaturaning elastiklik moduli po'lat armaturaga nisbatan kam ekanligini inobatga olamiz. Shu maqsadda diametri 6mm bo'lgan A-1 klassli po'lat armaturadan qo'shimcha konstruktiv armatura sifatida foydalanamiz.

4-jadval. Armatura diametrini tanlash.

№	Diametr, mm	1 dona yuza, mm ²	Soni
1	Ø12	113	5
2	Ø14	154	4
3	Ø16	201	3

5-jadval. Iqtisodiy samaradorlik

№	Ko'rsatkich	Po'lat	Bazalt
1	1 m ³ uchun solishtirma og'irlik	Yuqori	Past
2	Montaj ishlari qiyinligi	O'rta	Oson
3	Ekspluatatsiya davomiyligi	50 yil	80 yil



2-rasm. Yuklama va egilish momenti bog'lanish va bazalt armatura deformatsiya diagrammasi.

Xulosa. Olib borgan izlanishlarimizga ko'ra, bazalt armaturasi Yoz'yavon tumani markazida barpo etilayotgan ko'p qavatli binolarning lentasimon poydevorlari uchun samarali material sifatida ko'llanishi mumkin ekan. Uning asosiy afzalliklar sifatida yuqori mustahkamlik va agrssiv muhitga chidamlilik, po'lat armaturaga nisbatan yengil va uzoq xizmat muddati kabi xossalarni ko'rsatish mumkin. Lekin, shunga qaramasdan, bazalt armaturasini loyihalashda uning kam cho'zilish modulini hisobga olish zarur.

Ushbu maqolada keltirilgan hisoblash natijalari va grafik-jadvallar muhandislarga sho'rlangan gruntlarda ko'p qavatli binolar uchun iqtisodiy jihatdan maqbul yechim sifatida samarali bazalt armaturali poydevorlarni loyihalashda amaliy yordam berishi mumkin.

Bazalt armaturasining po'latga nisbatan kam cho'zilish moduli (taxminan 4 barobar kam) tufayli, deformatsiyalar katta bo'lishi mumkin. Shuning uchun, deformatsiyalarni cheklash maqsadida qo'shimda xisob-kitoblar olib borilishi maqsadga muvofiq bo'ladi.

Adabiyotlar

- [1]. Yunusaliyev E.M., Maxsimov K.I., Maxsimov K.K. Sho'r gruntlarning o'zgaruvchanligi va korroziy xossalarni xisobga olgan gorizontaal yuklangan qoziqlar. FarPI Ilmiy texnika jurnali, 2023 yil tom. 27 №6 85-88 bet.
- [2]. Рахмонов А.Д., Соловев Н.П. Предложения по применению композитной арматуры в каркасах зданий. //Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии//. 2013.№5.с.69–74.
- [3]. Уманский А.М., Беккер А.Т. Перспективы применения композитной арматуры // Вестник Инженерной школы Дальневосточного федерального университета. 2012. № 2. С.7–13.
- [4]. Фролов Н.В. Современная классификация полимеркомпозитной арматуры // Актуальные проблемы гуманитарных и естественных наук//. 2016. № 4-1. с. 154–157.
- [5]. Maxsimov Q.I. Sizot suvlari yaqin bo'lgan hududlarda zamin va poydevorlarni barpo etish xususiyatlari. FarPI Ilmiy texnika jurnali, 2023 yil №16-son 269-271 bet.
- [6]. Фролов Н.В., Никулин А.И. Альтернативное армирование изгибаемых железобетонных элементов композитной арматурой с учетом деформативности. //Современные строительные материалы, технологии и конструкции. Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ФГБОУ ВПО «ГНТУ им.акад. М.Д.Миллионщикова».Грозненский ГНТУ Миллионщикова. 2015. С. 342–347.
- [7]. Qayumov A.D., Agzamova I.A., Xudoyqulov R.M. Sho'rlangan gruntli yo'l ko'tarmalari, Toshkent: "Fan", 2013
- [8]. Петрухин В.П. Строительные свойства засоленных и загипсованных грунтов. - М.: Стройиздат, 1980.-120с.
- [9]. K.Maxsimov, M.Mirzajonov. Sho'rlangan gruntli xududlarda bino va inshootlar barpo etishda innovasion texnologiyalar. V kn.: "Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологии на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях" Материалы 1- Международной НПК, г.Фергана,2021. s.59-62.
- [10]. Maxsimov Q. I. Qurilish va rekonstruktsiya ishlarini tashkil etishda sizot suvlari sathining o'zgarish ta'siri."Qurilishda innovatsiyalar, binolar va inshootlarning seysmik xavfsizligi" Xalqaro miqyosdagi ilmiy va ilmiy- texnik konferensiya materiallari to'plami. Namangan, 15-17 dekabr, 2022y.793-796 b.

- [11]. Maxsimov Q.I., Maxsimov K.Q. Sho'rlangan gruntlarda qoziq poydevorlarning yuk ko'tarish qobiliyatini aniqlashning ayrim xususiyatlari to'g'risida. FarPI Ilmiy- texnik jurnali. 2022y. №3 son, 18-22b.
- [12]. Maxsimov Q.I. Pile foundations of agricultural buildings on saline soils. Central asian jornal of theoretical and applied scienceks. Volume: 03 Issue: 10||Ost 2022 ISSN: 2660-5317. <https://cajotas. Centralasianstudies.org>.

UDK: 691.33:666.95

SANOAT CHIQINDILARI ASOSIDA OLINGAN GIPSBETON UCHUN QO'LLANILADIGAN MATERIALLARNING XUSUSIYATLARI VA TADQIQOT USULLARI

M.A. Mamatov, mustaqil tadqiqotchi J.N. Akbarov

Farg'ona davlat texnika universiteti,
jahongir_nematovich@mail.ru
(Qabul qilindi 10.03.2026 y.)

Annotatsiya: Mazkur ilmiy ishda gips asosidagi kompozitsion materiallar tarkibini takomillashtirish hamda ularning fizik-mexanik xossalarini yaxshilash maqsadida mahalliy xom-ashyo materiallari asosida tadqiqotlar olib borildi. Tadqiqotlarda Sho'rsuv Baraka Gips korxonasida ishlab chiqarilgan gips bog'lovchilari, Farg'onaazot korxonasining ohak chiqindisi hamda polimer qo'shimcha komponent sifatida qo'llanildi. Xom-ashyo materiallarining granulometrik tarkibi, fizik va kimyoviy xususiyatlari laboratoriya sharoitida o'rganildi. Tadqiqot jarayonida rentgen-fluoressensiya, rentgen difraktometriya va skanerlovchi elektron mikroskopiya usullari orqali materiallarning element va fazaviy tarkibi hamda mikro tuzilmasi aniqlab berildi. Olingan natijalar ohak chiqindisi yuqori kalsiyli tarkibga ega ekanligini va gipsli kompozitsion tizimlarda faol mineral qo'shimcha sifatida qo'llash imkoniyatini ko'rsatdi. Tadqiqot natijalari asosida gipsli materiallar ishlab chiqarishda sanoat chiqindilaridan foydalanish orqali iqtisodiy samaradorlikni oshirish hamda ekologik muammolarni kamaytirish mumkinligi asoslab berildi.

Tayanch so'zlar: gips bog'lovchi, ohak chiqindisi, qurilish materiallari, kompozitsion materiallar, mineral qo'shimcha, mikro tuzilma, kimyoviy tarkib, rentgen tahlili, elektron mikroskopiya, gipsobeton, sanoat chiqindisi, fizik mexanik xossalar.

Аннотация: В данной научной работе проведены исследования по совершенствованию состава гипсовых композиционных материалов и улучшению их физико-механических свойств на основе местного сырья. В исследованиях использовались гипсовые вяжущие, произведенные на предприятии «Sho'rsuv Baraka Gips», известковый отход предприятия «Farg'onaazot», а также полимерная добавка. В лабораторных условиях изучены granulometricheskii состав, физические и химические свойства исходных материалов. С использованием методов рентгенофлуоресцентного анализа, рентгенодифрактометрии и сканирующей электронной микроскопии определены элементный и фазовый состав, а также микроструктура материалов. Полученные результаты показали, что известковый отход имеет высокое содержание кальция и может применяться в качестве активной минеральной добавки в гипсовых композиционных системах. Результаты исследования обосновывают возможность использования промышленных отходов в производстве гипсовых строительных материалов с целью повышения экономической эффективности и снижения экологической нагрузки.

Ключевые слова: гипсовое вяжущее, известковый отход, строительные материалы, композиционные материалы, минеральная добавка, микроструктура, химический состав, рентгеновский анализ, электронная микроскопия, гipsobeton, промышленный отход, физико-механические свойства.

Abstract: This scientific study investigates the improvement of the composition of gypsum-based composite materials and the enhancement of their physical and mechanical properties using local raw materials. The research utilized gypsum binders produced by the "Sho'rsuv Baraka Gips" enterprise, lime waste from the "Farg'onaazot" company, and a polymer additive. The granulometric composition, physical properties, and chemical characteristics of the raw materials were analyzed under laboratory conditions. The elemental and phase composition as well as the microstructure of the materials were determined using X-ray fluorescence analysis, X-ray diffraction, and scanning electron microscopy. The obtained results showed that the lime waste contains a high amount of calcium and can be used as an active mineral additive in gypsum composite systems. The results demonstrate the possibility of using industrial waste in the

production of gypsum construction materials in order to increase economic efficiency and reduce environmental impact.

Keywords: *gypsum binder, lime waste, construction materials, composite materials, mineral additive, microstructure, chemical composition, x ray analysis, electron microscopy, gypsum concrete, industrial waste, physical mechanical properties.*

Kirish. Qurilish sanoati iqtisodiyotning muhim tarmoqlaridan biri hisoblanib, unda qo'llaniladigan qurilish materiallarining sifati va samaradorligi alohida ahamiyat kasb etadi. Zamonaviy qurilish jarayonlarida yuqori mustahkamlikka ega, iqtisodiy jihatdan samarali va ekologik xavfsiz materiallardan foydalanish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Shu sababli mavjud xom-ashyo resurslaridan oqilona foydalanish hamda sanoat chiqindilarini qurilish materiallari ishlab chiqarish jarayoniga jalb etish bugungi kunning dolzarb ilmiy-amaliy masalalaridan biri hisoblanadi.

Hozirgi vaqtda gips asosidagi qurilish materiallari qurilish amaliyotida keng qo'llanilmoqda. Gipsli materiallar tez qotishi, ekologik xavfsizligi, nisbatan yengil vaznga ega bo'lishi hamda texnologik jihatdan qulayligi bilan boshqa bog'lovchi materiallardan ajralib turadi. Shu bilan birga, gips asosidagi materiallarning suvga chidamliligi va mustahkamligini oshirish maqsadida turli mineral va kimyoviy qo'shimchalardan foydalanish zarur hisoblanadi.

Adabiyotlar tahlili: Qurilish materiallari sanoatida gips asosidagi kompozitsion materiallardan foydalanish so'nggi yillarda kengayib bormoqda. Ilmiy manbalarda gipsli bog'lovchilar asosida tayyorlangan gipsobeton buyumlari yengil vaznga ega bo'lishi, issiqlikni yaxshi saqlashi, ekologik xavfsizligi va texnologik jihatdan qulay ishlab chiqarilishi bilan ajralib turishi qayd etilgan. Shu bilan birga, gipsobetonlarning ayrim kamchiliklari, jumladan suvga chidamliligining nisbatan pastligi, mexanik mustahkamlikning cheklanganligi hamda g'ovak strukturaning barqaror emasligi ularning qo'llanish doirasini ma'lum darajada cheklab kelmoqda.

Shuningdek, ilmiy tadqiqotlarda gipsli kompozitsion materiallarning mikrostrukturasi, mineral tarkibi va fazaviy o'zgarishlarini o'rganishda zamonaviy fizik-kimyoviy tahlil usullaridan foydalanish muhim ahamiyat kasb etishi ta'kidlanadi. Rentgen-fazali tahlil, skanerlovchi elektron mikroskopiya hamda rentgen-fluoressensiya usullari materiallarning mineral tarkibini, zarracha morfologiyasini va kimyoviy elementlar taqsimlanishini aniqlash imkonini beradi. Shu sababli gipsobeton tarkibini optimallashtirish hamda sanoat chiqindilaridan samarali foydalanish bo'yicha ilmiy izlanishlar muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Tadqiqot metodologiyasi: Mazkur tadqiqot ishida gipsobeton tarkibini takomillashtirish hamda ohak chiqindisi va Redispersible Polymer Powder kimyoviy qo'shimchasining material xossalariga ta'sirini aniqlash maqsadida kompleks eksperimental tadqiqot usullaridan foydalanildi. Tadqiqot uchun asosiy xom ashyo sifatida Farg'ona viloyati O'zbekiston tumani Sho'rsuv shaharchasida joylashgan "Sho'rsuv Baraka Gips" MChJda ishlab chiqarilgan G-6 va G-7 markali gips bog'lovchilari, "Farg'onaazot" AJ korxonasining ishlab chiqarish jarayonida hosil bo'ladigan ohak chiqindisi hamda Redispersible Polymer Powder polimer qo'shimchasi tanlandi.

Dastlab qo'llanilgan xom ashyolarning fizik-mexanik va kimyoviy xususiyatlari amaldagi standartlar asosida o'rganildi. Gips bog'lovchilarining asosiy ko'rsatkichlari GOST 125–2018 talablari asosida aniqlanib, ularning maydalik darajasi, me'yoriy quyuqligi, qotish muddati hamda siqilish va egilishdagi mustahkamlik ko'rsatkichlari laboratoriya sharoitida tekshirildi. Gips bog'lovchisining mineralogik tarkibi va fazaviy tuzilishini aniqlash uchun rentgen-fazali tahlil usuli qo'llanildi.

Tadqiqot jarayonida "Farg'onaazot" AJ ohak chiqindisining fizik, kimyoviy va granulometrik xususiyatlari ham o'rganildi. Uning haqiqiy zichligi, to'kma zichligi, yiriklik moduli hamda elaklarda qolgan fraksiyalar miqdori laboratoriya sinovlari orqali aniqlandi. Ohak chiqindisining kimyoviy tarkibi rentgen-fluoressensiya (XRF) usulida tahlil qilinib, asosiy oksidlar tarkibi aniqlab olindi. Shuningdek, materialning mikrostrukturasi va zarracha morfologiyasini o'rganish uchun skanerlovchi elektron mikroskopiya (SEM-EDX) usulidan foydalanildi.

Tajriba ishlari Toshkent kimyo-texnologiya ilmiy-tadqiqot instituti hamda Farg'ona davlat texnika universitetining "Qurilish materiallari va buyumlari" kafedra laboratoriyalarida amalga oshirildi. Olingan natijalar asosida gipsobeton tarkibining optimal parametrlari aniqlanib, ohak chiqindisi va Redispersible Polymer Powder qo'shimchasining material mikrostrukturasi va fizik-mexanik xossalariga ta'siri ilmiy jihatdan baholandi.

Tajriba sinov: Ilmiy tadqiqot ishi uchun asosiy xom-ashyo Farg‘ona viloyati O‘zbekiston tumani Sho‘rsuv shaharchasi hududidagi “Sho‘rsuv Baraka Gips” MCHJda ishlab chiqarilgan G-6 va G-7 markali gips, “Farg‘onaazot” ohak chiqindisi hamda Redispersible Polymer Powder kimyoviy qo‘shimchasidan foydalanildi.

Ushbu bobda ularning xalqaro standartlarga muvofiq aniqlangan asosiy xususiyatlari haqidagi ma‘lumotlar keltirib o‘tilgan va quyidagi 1, 2, 3 va 4-jadvallarda xom ashyolarning tasnifi keltirib o‘tilgan.

1-jadval

Gipsli bog‘lovchilarning GOST 125 – 2018 talablari bo‘yicha xususiyatlari

№	Markasi	Asosiy xossalar					
		Mayinlik darajasi, %	Me‘yoriy quyruqligi, %	Tishlashish muddati, daqqa		Mustahkam, MPa	
				boshlanishi	tugashi	R _{siq.}	R _{egil}
1	G-6	2,3	70	5,5	10	6	3
2	G-7	3,8	60	5,5	8,5	7,6	3,6

2-jadval

Gips bog‘lovchilarning tasnifi

T/r	Xom ashyo nomi	Markasi	Namligi, %	pH	Zichligi, g/m ³	To‘kma zichligi g/sm ³	Zichlang anida, kg/m ³	Solishtir ma og‘irligi, g/sm ³	Suvga chidamlilik ko‘effitsiyenti, %
1.	Gips	G-6 va G-7	4	7	2,3	1,5	1350	2,40	0,73

“Farg‘onaazot” ohak chiqindisi zarralarining sirtini faollashtirish uchun mineral qo‘shimchalar, ohak chiqindisidagi zararli aralashmalarni aniqlash uchun kimyoviy tahlillar olindi. Chiqindi tarkibidagi zararli aralashmalar, radiatsiya ta‘siri va shunga o‘xshash omillar maxsus laboratoriya tekshiruvdan o‘tqazilib tegishli xulosalar beriladi (3-jadval).

3-jadval

“Farg‘onaazot” ohak chiqindisining yiriklik moduli

№	Elak o‘lchamlari	Elakdagi qoldiq 1000 gr	Miqdori, 100 %
1	300 um	3,026	0,3
2	150 um	51,192	5,12
3	75 um	539,138	53,91
4	0	401,372	40,14
Jami:		994,728	99,47

4-jadval

“Farg‘onaazot” ohak chiqindisining fizik ko‘rsatkichlari

№	Ko‘rsatkichlar	O‘lchov birligi	Miqdori
1	Haqiqiy zichligi	g/sm ³	2,69
2	Yiriklik moduli	%	1,6
2	To‘kma zichligi	kg/m ³	1,025
3	№ 075 g‘alvirda qolgan qoldiq	%	53.91
4	Yirik donalar miqdori: 300 um .	%	0,3

“Farg‘onaazot” ohak chiqindisining xususiyatlarini o‘rganayotganda tarkibida, chang va loy zarralari aniqlandi, namunalarga qo‘shiladigan miqdoriy chegaralar belgilab olindi. gipsabeton va xom-ashyo materiallarining xususiyatlarini aniqlash bo‘yicha tajriba ishlarining asosiy qismi Toshkent kimyo texnologiy ilmiy-tadqiqot instituti, Farg‘ona davlat texnika universiteti “Qurilish materiallari va buyumlari” kafedrasida laboratoriyasida bajarildi.

BOG‘LOVCHILAR VA TO‘LDIRUVCHILARNING XUSUSIYATLARI

Bog‘lovchi moddalar: Gips bog‘lovchilarni ishlab chiqarish uchun tarkibida mineral-gips bo‘lgan tog‘ jinslaridan foydalaniladi. Gips –mineral tog‘ jinslaridan ikki suvli kalsiy sulfat tuzi hosil

bo'ladi: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$. Molekular og'irlik 172,17 g/mol, zichligi 2,2 dan 2,94 g/m³, tashkil qiladi. Monoklin tizimida kristallanadi. Kristallari plastinkasimon, ustunsimon, ignasimon va tolasimon ko'rinishda bo'ladi. Ko'p xollarda, tutashgan donador, tolasimon va turli kristallik guruhlari tarzida uchraydi.

Gipsli bog'lovchining asosiy xususiyatlaridan biri suv bilan qorishtirilganda qotib qolish qobiliyatidir. Gips bog'lovchisining tez fursatda qotib qolishi yarim gidrat va kalsiy sulfatga suv ta'sirida digidratga ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) o'tish reaksiyasiga asoslanadi.

Gips bog'lovchining rentgen fazali tahlil diffraktogrammasida; gips bog'lovchi kalsiy sulfatni yarim gidratli β -modifikatsiyasi ($\alpha = 0,590; 0,343; 0,3297; 0,278; 0,166$ nm) va kam miqdorda ($\alpha = 0,225; 0,213; 0,173$ nm) angidritdan iboratligi aniqlandi.

Gips bog'lovchisining kimyoviy tahlil natijalari 5-jadvallarda keltirilgan.

5-jadval

Gipsning kimyoviy tarkibi										
T/r	Xom-ashyo nomi	Oksidlar tarkibi, mass. %								
		SiO₂	Al₂O₃	Fe₂O₃	CaO	MgO	SO₃	R₂O	PPP	Σ
1.	Gips bog'lovchisi	1,60	0,40	0,20	37,66	0,60	53,76	0,05	5,70	99,96

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki "Sho'rsuv Baraka Gips" MChJda ishlab chiqarilgan, yarim gidratli kalsiy sulfat tajriba-sinov natijalarida G-6 markada ekanligi aniqlandi va suvga chidamlilik ko'effitsiyenti 0,46 tashkil qiladi. Mineralogik tarkibi va fizik-mexanik xususiyatlarini aniqlash maqsadida olib borilgan tadqiqotlar, gips bog'lovchi β - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ va kam miqdorda α - $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$, CaSO_4 dan iboratligi aniqlandi. Gips bog'lovchining (β -modifikatsiya) fizik-mexanik xossalari 6-jadvalda keltirilgan.

6-jadval

Gips bog'lovchining (β -modifikatsiya) fizik-mexanik xossalari

T/r	Ko'rsatkichlar nomi	Ko'rsatkichlar qiymati
1.	Maydalik darajasi (№ 02 elakda qoldiq), %	1,7
2.	Suv/gips nisbati (S/G), %	0,61
3.	- qotish davri boshlanishi, minut - qotish davri tugashi, soat	6,0 - 6,5 11
4.	Siqilishga mustahkamlik, 2 soatdan so'ng, MPa	6,1
5.	Egilishga mustahkamlik, 2 soatdan so'ng, MPa	3,0
6.	Qurigandan so'ng siqilishga mustahkamlik, MPa	12,4
7.	Qurigandan so'ng egilishga mustahkamlik, MPa	6,2
8.	Suvga chidamlilik ko'effitsiyenti	0,46

Ohak chiqindisi: Tajriba ishlarida to'ldiruvchi sifatida "Farg'onaazot" AJning suvni tozalash natijasidan hosil bo'lgan ohak chiqindilaridan foydalanildi. "Farg'onaazot" o'g'itlar ishlab chiqarish korxonasining ohak chiqindisining tashqi ko'rinishi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. "Farg'onaazot" o'g'itlar ishlab chiqarish korxonasining ohak chiqindisining tasviri.

Ohak chiqindisining umumiy tasnifi Toshkent kimyo-texnologiya instituti laboratoriyasida aniqlangan va tahlil natijalari 7-jadvalda keltirilgan (5-ilova).

“Farg‘onaazot” AJning ohak chiqindilarining kimyoviy tarkibi

7-jadval

Material nomi	Kimyoviy tarkibi, mass. %								
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Summa
Ohak chiqindisi	1,37	0,14	0,08	48,63	1,28	0,38	0,01	0,08	51,97

To‘ldiruvchi: Tajriba ishlarida to‘ldiruvchi sifatida “Farg‘onaazot” AJ ishlab chiqarish jarayonida hosil bo‘lgan ohak chiqindisidan foydalanildi. Ohak chiqindisining fizik-kimyoviy ko‘rsatkichlari laboratoriya sharoitida aniqlanib, tegishli jadvallarda keltirildi.

Ohak chiqindisining haqiqiy zichligi – 2,69 g/sm³, to‘kma zichligi – 1025 kg/m³, yiriklik moduli – 1,6 ni tashkil etadi. 75 mkm elakda qolgan qoldiq miqdori 53,91%, 300 mkm fraksiya esa 0,3% ni tashkil qiladi. Bu ko‘rsatkichlar materialning mayda dispers va yuqori sirt maydoniga ega ekanligini ko‘rsatadi.

Xulosa. Olib borilgan ilmiy tadqiqot ishlari natijasida gips asosidagi kompozitsion materiallar tarkibiga sanoat chiqindilarini qo‘shish orqali ularning fizik-mexanik xossalarini yaxshilash imkoniyatlari o‘rganildi. Tadqiqotlarda mahalliy xom-ashyo sifatida Sho‘rsuv Baraka Gips korxonasida ishlab chiqarilgan gips bog‘lovchisi hamda Farg‘onaazot korxonasida hosil bo‘ladigan ohak chiqindilaridan foydalanildi.

Laboratoriya sharoitida olib borilgan tahlillar natijasida gips bog‘lovchisining asosiy fizik-mexanik xossalari aniqlanib, uning qurilish materiallari ishlab chiqarishda samarali qo‘llanishi mumkinligi tasdiqlandi. Shuningdek, ohak chiqindisining granulometrik tarkibi, fizik va kimyoviy xususiyatlari ham batafsil o‘rganildi. Tadqiqotlar natijasida ushbu chiqindi tarkibida kalsiy birikmalari yuqori miqdorda mavjudligi aniqlandi.

Rentgen-fluoressensiya, rentgen difraktometriya va skanerlovchi elektron mikroskopiya usullari yordamida ohak chiqindisining element tarkibi, fazaviy tuzilishi hamda mikrostrukturasi aniqlab berildi. Tahlil natijalari materialning yuqori disperslik darajasiga va faol mineral xususiyatlarga ega ekanligini ko‘rsatdi.

O‘tkazilgan tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, ohak chiqindisini gipsli kompozitsion materiallar tarkibida mineral qo‘shimcha sifatida qo‘llash gipsli materiallarning strukturaviy xususiyatlarini yaxshilashga, mustahkamligini oshirishga hamda ishlab chiqarish jarayonining iqtisodiy samaradorligini ta‘minlashga xizmat qiladi.

Shu bilan birga, sanoat chiqindilaridan qurilish materiallari ishlab chiqarishda foydalanish ekologik jihatdan ham muhim ahamiyatga ega bo‘lib, ishlab chiqarish chiqindilarini kamaytirish va atrof-muhitga bo‘lgan salbiy ta‘sirni pasaytirishga yordam beradi.

Olingan ilmiy natijalar gips asosidagi qurilish materiallari texnologiyasini takomillashtirish hamda mahalliy xom-ashyolardan samarali foydalanish imkoniyatlarini kengaytirishda muhim ahamiyatga ega.

Adabiyotlar

- [1]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 dekabrda “2022 — 2026-yillarga mo‘ljallangan Yangi O‘zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to‘g‘risida”gi PF-60-sonli farmoni. (Qoonunchilik ma‘lumotlari milliy bazasi, 29.01.2022-y., 06/22/60/0082-son, 18.03.2022-y., 06/22/89/0227-son, 21.04.2022-y., 06/22/113/0330-son; 10.02.2023-y., 06/23/21/0085-son; 03.01.2024-y., 06/24/221/0003-son; 28.12.2024-y., 06/24/227/1089-son; 01.03.2025-y., 06/25/27/0196-son).
- [2]. O‘zbekiston Respublikasi Prezidentining 2019 yil 23 maydagi “Qurilish materiallari sanoatini jadal rivojlantirishga oid qo‘shimcha chora-tadbirlar to‘g‘risida”gi PQ-4335-sonli qarori (Qonun hujjatlari ma‘lumotlari milliy bazasi, 25.05.2019 y., 07/19/4335/3183-son; 07.05.2020 y., 07/20/4707/0545-son).
- [3]. Getty Publications 1200 Getty Center Drive, Suite 500 Los Angeles, California 90049-1682 www.getty.edu/publications/. 39,44-p
- [4]. Альтшуллер Е.М. О показателе удельной энергоёмкости в индустриальном домостроении // Бетон и железобетон, 1982, № 121-123.

- [5]. Волженский А.В., Ферронская А.В. Гипсовые вяжущие и изделия. - М.: Стройиздат, 1974. - 328 с.
[6]. Воробьев Х.С. Гипсовые вяжущие и изделия. - М.: Стройиздат, 1983. - 100 с.
[7]. Гордашевский П.Ф., Долгарев А.В. Производство гипсовых вяжущих и материалов из гипсосодержащих отходов. - М.: Стройиздат, 1987. - 105 с.

GEODEZIK TARMOQLARNI TENGLASHDA PARAMETRIK TENGLAMALAR BOG'LIQLIGI VA TUZATMALAR TENGLAMALARINING TIPIK TURLARI

B.M. Axmedov

Farg'ona davlat texnika universiteti,
e-mail: bahriddin7074@gmail.com ; (ORCID: 0000-0002-2897-7812)
(Qabul qilindi 10.03.2026 y.)

Anotatsiya: Mazkur maqolada, geodezik tarmoqlarni tenglashtirishda qo'llaniladigan "Eng kichik kvadratlar" predmetda duch kelinadigan tenglashtirish usullaridan biri bo'lmish parametrik usulining parametrik tenglamalar bog'liqligi va tuzatmalar tenglamalarining tipik turlariga oid ma'lumotlarni yoritib berilgan.

Tayanch so'zlar: tasodifiy kattaliklar, triangulyatsiya, trilateratsiya, chiziqli burchakli sistemalar, zaruriy-ortiqcha va umumiy o'lchovlar, parametrik va korrelat usul, haqiqiy va taxminiy qiymat, tenglamalarni parametrik tenglamalar bog'liqligi, normal tenglamalar, tenglashtirilgan qiymat, aniqlikni baholash.

Аннотация: В данной статье освещается предмет "наименьшие квадраты", применяемый при выравнивании геодезических сетей, информация о теории параметрического метода и последовательности выравнивания, которая является одним из методов выравнивания, с которыми мы сталкиваемся, а также информация о применяемых выражениях.

Ключевые слова: случайные величины, триангуляция, трилатерация, линейные угловые системы, необходимые избыточные и общие измерения, параметрический и корреляционный метод, действительное и приближенное значение, параметрическая зависимость уравнений, нормальные уравнения, уравненное значение, оценка точности.

Annotation: This article highlights the subject of "least squares" used in the alignment of geodetic networks, information about the theory of the parametric method and the alignment sequence, which is one of the alignment methods that we encounter, as well as information about the expressions used.

Key words and word expressions: random variables, triangulation, trilateration, linear angular systems, necessary redundant and general measurements, parametric and correlation method, real and approximate value, parametric dependence of equations, normal equations, equalized value, accuracy estimation.

1. Kirish. Kichik kvadratlar usuli ko'p o'lchovli tasodifiy kattalikning o'lchovlarini qayta ishlashga asoslangan. Geodeziyada ko'p o'lchovli tasodifiy kattaliklar-yagona geodezik tarmoqqa birlashtirilgan miqdorlarni o'z ichiga olishi mumkin. Bunday tarmoqlarga triangulyatsiya, trilateratsiya tarmoqlari, chiziqli burchakli sistemalar, yer usti va sun'iy yo'ldosh o'lchovlarining kombinatsiyalangan kiradi. Geodeziyada o'lchovlarni talab qilinganidan ko'proq miqdorda bajarish odatiy holdir, shuning uchun k -zaruriy, r -ortiqcha va n -umumiy o'lchovlar tushunchalari ajralib turadi.

Ortiqcha o'lchovlar soni barcha o'lchovlar soni va kerakli o'lchovlar o'rtasidagi farq $r=n-k$ ga teng bo'ladi. [1],[2],[5]

2. Tadqiqot usullari. Parametrik tenglamalar bog'liqligi va parametrik tuzatmalar tenglamalarining tipik turlari. Parametrik tenglamalar bog'liqligining eng tipik turlarini, ularni shakllantirish va parametrik tuzatmalar tenglamalarini tuzish qoidalarini ko'rib chiqiladi. Nivelirlash tarmog'i va chiziqli-burchakli planli tarmoqlari uchun bunday tenglamalar sistemasini tuzish qoidalarini alohida-alohida ko'rib chiqamish mumkin. Parametrik tenglamalar bog'liqliklarining ko'rinishlari o'lchovning turiga (masofa, nisbiy balandliklar, burchak va

boshqalar) va tanlangan parametrlarga bog'liq bo'ladi. Qoidaga ko'ra parametrlar sifatida punktlarning koordinatalari yoki aniqlanayotgan otmetkalari tanlanadi. Tipik tuzatmalar parametrik tenglamalarini tuzishni ham quyida shunday amalga oshirilgan. Parametrik tenglamalar bog'liqligini tuzishda o'lchangan kattalik va parametrlar orasida bog'liqlikni o'rnatish kerakligini har doimo hisobga olish kerak. [1],[4],[10].

Tadqiqot usullari.

3. Natijalar.

Nivelirlash to'rlarida nisbiy ko'tarilishlar ochanadi. Umumiy holatda nisbiy ko'tarilish aniqlanayotgan nuqtalar farqiga teng. 1.1 shaklda **j** va **i** punktlar orasidagi o'lchangan nisbiy ko'tarilish ko'rsatilgan.

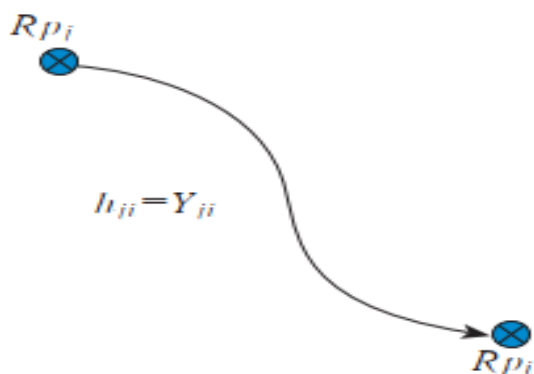
X_j va **X_i** parametrlar sifatida nisbiy ko'tarilish o'lchangan reperlar otmetkalarini tanlaymiz. U holda bizni ko'rayotgan namunamiz uchun parametrik tenglamalar bog'liqligi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$Y_{ij} = H_{Rp_i} - H_{Rp_j} = X_i - X_j.$$

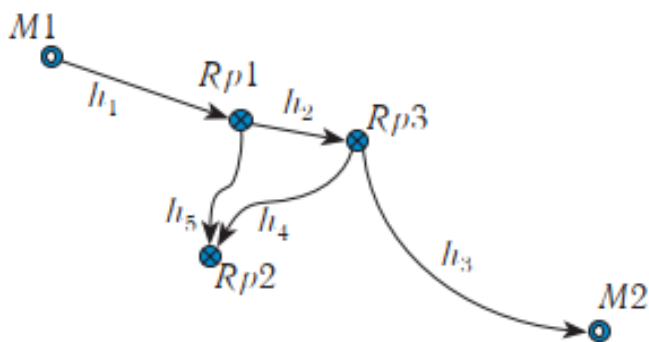
Tuzatmalar parametrik tenglamasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$v_{ji} = \delta x_j - \delta x_i + l_{ji}$$

bu yerda, $l_{ji} = x_i - x_j - y_{ji}$ [1,4,10]



1.1-shakl. Nivelirlash to'ri ning bir qismi.



1.1a-shakl. Nivelirlash tarmog'i.

Umumiy holda, quyidagi **1.1a**-shakldagi nivelirlash tarmog'ida sodir bo'ladiga parametrik tenglamalar bog'liqligi va tuzatmalar parametrik tenglamalari 1 jadvalda berilgan:

1 jadval

parametrik tenglamalar bog'liqligi	tuzatmalar parametrik tenglamasi	tuzatmalar tenglamasi ozod xadlari
Nivelir to'ri uchun		
$Y_1 = X_1 - H_{M1};$	$v_1 = \delta x_1 + l_1$	$l_1 = x_1 - H_{M1} - y_1$
$Y_2 = X_3 - X_1;$	$v_2 = -\delta x_1 + \delta x_3 + l_2$	$l_2 = x_3 - x_1 - y_2$
$Y_3 = H_{M2} - X_3;$	$v_3 = -\delta x_3 + l_3$	$l_3 = H_{M2} - x_3 - y_3$
$Y_4 = X_2 - X_3;$	$v_4 = \delta x_2 - \delta x_3 + l_4$	$l_4 = x_2 - x_3 - y_4$
$Y_5 = X_2 - X_1.$	$v_5 = -\delta x_1 + \delta x_2 + l_5$	$l_5 = x_2 - x_1 - y_5$

[1],[11]

Planli tarmoq uchun parametrik tenglamalar bo'g'liqligini tuzushni ko'rib chiqamiz. Geodeziyada qabul qilingan belgilashlarni saqlab qolamiz: β -o'lchangan burchaklar, S -o'lchangan tomonlar; X, Y - koordinatalar va h.o. bu umumiy nazariyani emas faqat aniq o'lchashlarni ko'rayotganimizda ancha qulay bo'ladi. Parametrlar sifatida aniqlanayotgan punktlar koordinatalarini olamiz.

O'lchangan tomonlar uchun parametrik tenglamalar bog'liqligi va tuzatmalar tenglamalari

Parametrik tenglamalar bog'liqligini tuzishda S -o'lchangan kattalik va masofa o'lchanadigan nuqtalarning koordinatalari-parametrlar o'rtasidagi bog'liqlikni o'rnatish kerak (1.2-shakl).



1.2 shakl. 1 va 2 punktlar orasidagi masofani o'lchash holati.

Punktlar orasidagi masofani koordinatalar orqali quyidagicha ifodalash kerak:

$$S = \sqrt{(X_2 - X_1)^2 + (Y_2 - Y_1)^2} = \sqrt{\Delta X^2 + \Delta Y^2}$$

Tuzatishlarning parametrik tenglamalari, tenglamalar bog'liqligining chiziqli ifodasi hisoblanadi. Biz koib chiqayotgan holat uchun tuzatmalar tenglamasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$v_s = a_1 \delta x_1 + a_2 \delta y_1 + a_3 \delta x_2 + a_4 \delta y_2 + l_s$$

Bu yerda a koefitsiyentlar- tenglamalar bog'liqligidan har bir parametr bo'yicha xususiy hosilalari, $\delta x_i, \delta y_i$ -parametrlarning taxminiy qiymatlariga, mos holda x_i va y_i koordinatalarga tuzatmalar.

Hosilalarni quyidagidek aniqlaymiz:

$$a_1 = \frac{\partial S}{\partial X_1} = -\cos \alpha_{12}; a_2 = \frac{\partial S}{\partial Y_1} = -\sin \alpha_{12};$$

$$a_3 = \frac{\partial S}{\partial X_2} = \cos \alpha_{12}; a_4 = \frac{\partial S}{\partial Y_2} = \sin \alpha_{12}.$$

Yuqoridagilarga ko'ra tuzatmalar tenglamasi quyidagi ko'rinishni oladi:

$$v_s = -\cos \alpha_{12} \delta x_1 - \sin \alpha_{12} \delta y_1 + \cos \alpha_{12} \delta x_2 + \sin \alpha_{12} \delta y_2 + l_s$$

$$l_s = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} - S. [1],[4],[10]$$

O'lchangan direksion burchaklar uchun parametrik tenglamalar bog'liqligi va tuzatmalar tenglamalari

Oldingi holatda bo'lgani kabi, parametr sifatida 1 va 2-punktlarning koordinatalarini tanlaymiz (1.3-shakl).



1.3-shakl. 1 va 2 punktlar orasidagi yo'nalish uchun direksion burchakni o'lchash.

Koordinatalar orqali direksion burchagini ifodalaymiz va o'lchangan direksion burchagi uchun parametrik tenglamalar bog'liqligi tenglamasini quyidagidek olamiz: $\alpha_{12} = \arctg \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1}$.

Tuzatishlar tenglamasini yozish uchun har bir parametr uchun tenglamalar bog'liqligidan xususiy hosilalarni aniqlaymiz:

$$a_1 = \frac{\partial \alpha}{\partial X_1} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\Delta Y}{\Delta X}\right)^2} \Delta Y \frac{1}{\Delta X^2} = \frac{\Delta Y}{S^2} = \frac{\sin \alpha_{12}}{S} = b'_{12};$$

$$a_2 = \frac{\partial \alpha}{\partial Y_1} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\Delta Y}{\Delta X}\right)^2} \frac{-1}{\Delta X^2} = \frac{-\Delta X}{S^2} = \frac{-\cos \alpha_{12}}{S} = -c'_{12};$$

$$a_3 = \frac{\partial \alpha}{\partial X_2} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\Delta Y}{\Delta X}\right)^2} \Delta Y \frac{-1}{\Delta X^2} = \frac{-\Delta Y}{S^2} = \frac{-\sin \alpha_{12}}{S} = -b'_{12};$$

$$a_4 = \frac{\partial \alpha}{\partial Y_2} = \frac{1}{1 + \left(\frac{\Delta Y}{\Delta X}\right)^2} \frac{1}{\Delta X^2} = \frac{\Delta X}{S^2} = \frac{\cos \alpha_{12}}{S} = c'_{12}.$$

Har bir bunday hosila, S -chiziqli uzunligini o'lchash o'lchamiga teskari o'lchamga ega ekanligini e'tiborga olishimiz kerak. Bunday holda tuzatmalar parametrik tenglamasining umumiy

ko‘rinishi $v_{\alpha} = a_1\delta x_1 + a_2\delta y_1 + a_3\delta x_2 + a_4\delta y_2 + l_{\alpha}$ shakliga ega ekanligini hisobga olsak, bu yerda har bir a‘zo (qo‘shiluvchi) o‘lchovsiz bo‘ladi. Shuning uchun, direksion burchagiga v - tuzatmalar radian o‘lchoviga ega ya‘ni o‘lchovsiz bo‘ladi. Tuzatma gradus o‘lchamiga ega, masalan soniya (sekund) larda bo‘lishi uchun, har bir hosilani $\rho = 206265''$ -radianning sekundlardagi qiymatiga quyidagidek ko‘paytirish kerak:

$$b_{12} = \rho b'_{12},$$

$$c_{12} = \rho c'_{12}.$$

l_{α} -ozod xad ham sekundlarda berilgan bo‘lishi kerak. U holda, deriksion burchak uchun tuzatmalar tenglamasi quyidagi shaklni oladi:

$$v_{\alpha} = b_{12}\delta x_1 - c_{12}\delta y_1 + b_{12}\delta x_2 + c_{12}\delta y_2 + l_{\alpha}.$$

Quyida ko‘riladigan o‘lchangan yo‘nalish uchun tuzatishlar tenglamasiga oxirgi tenglama juda o‘xshashligini ko‘rishimiz mumkin. [1],[4],[10]

O‘lchangan yo‘nalishlar uchun parametrik tenglamalar bog‘liqligi va tuzatmalar tenglamalari

Yo‘nalishning o‘lchangan qiymatini alidada 2-nuqtaga nol qiymat bilan orentirlganda, lambda olingan hisobdan farq kabi olinadi (1.4 shakl).



1.4-shakl. 1 punktga 2 punktga yo‘nalishni o‘lchash holati.

Bu yerda Z_0 orqali, limbdagi nol sanoq orqali o‘tadigan yo‘nalishning direksion burchagi belgilangan,. U holda N_{12} yo‘nalishni quyidagi farq farq sifatida talqin qilish mumkin:

$$N_{12} = \arctg \alpha_{12} - Z_0$$

Parametrlar sifatida 1 va 2 punktlar koordinatalarini qabul qilamiz. Z_0 ni qo‘shimcha parametрни kelib chiqishiga olib keladigan qo‘shimcha zaruriy o‘lchash kabi hisobga olishimiz

mumkin.

O‘lchangan yo‘nalish uchun parametrik tenglamalar bog‘liqligi tenglamasini yakunda quyidagi ko‘rinishni oladi:

$$N_{12} = \arctg \left(\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \right) - Z_0$$

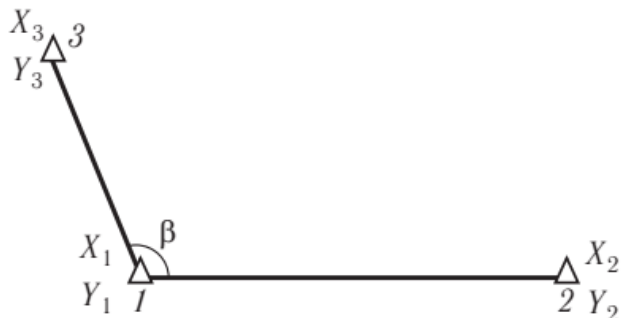
Ko‘rinib turibdiki uhbu tenglama direksion burchakni o‘lchash tenglamalar bog‘liqligidan faqat Z_0 -oriyetrlovchi direksion burchakni ortiqchaligi bilan farq qilmoqda, shuning uchun tuzatmalar tenglamasi ham oriyentrlash burchagiga ortiqcha tuzatma bilan quyidagi ko‘rinishda farqlanadi

$$v_N = b_{12}\delta x_1 - c_{12}\delta y_1 + b_{12}\delta x_2 + c_{12}\delta y_2 - \delta Z_0 + l_N$$

Har bir punktda δZ_0 tuzatma, punktdagi barcha yo‘nalishlarni o‘lchashlari uchun yagona bo‘ladi. [1],[4] [10]

O‘lchangan burchak uchun parametrik tenglamalar bog‘liqligi va tuzatmalar tenglamalari

O‘lchangan β burchak uchun (1.5-shakl), agar parametrlar sifatida aniqlanayotgan punktlarning koordinatalari olingan bo‘lsa, parametrik tenglamalar bog‘liqligini 1-2 va 1-3 yo‘nalishlarning direksion burchaklari farqi kabi olish mumkin:



1.5-shakl. 1 punktda turib 2 va 3 punktlar orasidagi burchakni o‘lchash holati.

$$\beta = \arctg \left(\frac{Y_2 - Y_1}{X_2 - X_1} \right) - \arctg \left(\frac{Y_3 - Y_1}{X_3 - X_1} \right)$$

Burchak uchun tuzatmalar parametrik tenglamasini, direksion burchak uchun tuzatmalar tenglamasini asos qilib yozamiz. Bunda, X_2 va Y_2 lar bo'yicha xususiy xosilalar, xuddi oldingi xolatdagidek ekanligini inobatga olamiz. X_3 va Y_3 lar bo'yicha xususiy xosilalar ishorasini o'zgartiradi, chunki, 3 punkt koordinatalariga kiradigan *arctg* manfiy ishoraga ega. Bundan tashqari 1 punktning koordinatalari birinchi qo'shiluvchiga ham ikkinchi qo'shiluvchiga ham kirishini hisobga olishimiz mumkin. Shuni hisobga olib o'lgan burchak uchun tuzatmalar tenglamasini quyidagicha yozamiz:

$$v_\beta = (b_{12} - b_{13})\delta X_1 + (-c_{12} + c_{13})\delta Y_1 - b_{12}\delta X_2 + c_{12}\delta Y_2 + b_{13}\delta X_3 - \\ - c_{13}\delta Y_3 + l_\beta \cdot [1],[4][10]$$

Xulosa:

Tenglashtirishning ikkita asosiy usullari mavjud bo'lib, ular bir-biridan farqlanadi. Bular-parametrik va korrelat usulidir.[1],[2],[3],[4]

Tenglashtirishning vazifalari quyidagilar hisoblanadi:

- to'r elementlarini aniqlashda noaniqlik (bir xil emaslik) ni bartaraf etish;
- to'rning tenglashtirilgan elementlarini aniqlash-ijobiy baholash;
- to'rning aniqlanayotgan elementlari aniqligini oshirish;
- to'rning hisoblangan elementlarini aniqligini baholash. [1],[2],[3],[4]

Demak parametrik usulda tenglashtirishda, $Y_i = f_i(X_1, \dots, X_k)$ ($i=1,2,\dots,n$)-parametrik tenglamalar bog'liqligini tuzish, tuzatmalarning parametrik tenglamasini tuzish, $v_i = a_{i1}\tau_1 + a_{i2}\tau_2 + \dots + a_{ik}\tau_k + l_i$ ($i=1,\dots,n$), normal tenglamalarini tuzish va yechish, tuzatmalarni hisoblash- $v_i = a_{i1}\tau_1 + a_{i2}\tau_2 + \dots + a_{ik}\tau_k + l_i$ ($i=1,\dots,n$), o'lgan kattaliklarning $y_j = y_j + v_j$ va parametrlarning $\bar{x}_j = x_j + \delta x_j$ tenglashtirilgan qiymatlarini toppish, tenglashtirishni yakuniy tekshirish hamda aniqlikni baholash bilan ko'zlangan maqsadga erishish mumkin bo'ladi.

Adabiyotlar

- [1]. В.В. Голубев Теория математической обработки геодезических измерений. учебник для вузов. –М.: Изд-во МИИГАиК, 2016. – 422 с.: ил. ISBN 978-5-91188-073-6.(УДК 528.11ББК 26.1Г 62).
- [2]. Большаков В.Д., Гайдаев П.А. Теория математической обработки геодезических измерений. М.,1977.
- [3]. Большаков В.Д., Маркузе Ю.И. Практикум по ТМОГИ. — М., Недра, 2007.
- [4]. Jo'rayev D.O. Geodezik o'lchashlarni matematik ishlash nazariyasi. Darslik. 2-qism. Eng kichik kvadratlar usuli. Toshkent, 2014. 160 b
- [5]. Axmedov.B.M. Geodezik o'lchashlarni matematik qayta ishlash nazariyasi. Farg'ona "FARPIALFA" nashriyoti 2022 y
- [6]. Axmedov.B.M.Farg'ona politexnika instituti ILMIY TEXNIKA JURNALI "Alohida triangulyatsiyani korrelat usulida tenglashtirishda shartli tenglamalarni aniqlash" mavzusida ilmiy maqola 2022 yil noyabr maxsus son №9 9-13 betlar
- [7]. Axmedov.B.M.Farg'ona politexnika instituti ILMIY TEXNIKA JURNALI "Gauss-Kryugerning to'g'ri burchakli koordinatalarini bitta zonadan boshqasiga o'zgartirish" mavzusida ilmiy maqola 2022 yil noyabr maxsus son №15 60-65 betlar
- [8]. Axmedov.B.M. D.B. Mamanazarova Farg'ona politexnika instituti ILMIY TEXNIKA JURNALI "Alohida triangulyatsiya punktlarini tenglashtirishda shartli tenglamalarning qutb usulidan foydalanishning ahamiyati" mavzusida ilmiy maqola 2022 yil noyabr maxsus son №14 162-165 betlar
- [9]. Axmedov.B.M.Farg'ona politexnika instituti ILMIY TEXNIKA JURNALI "Geodezik o'lchash va hisoblash ishlarini bajarishda o'lchash hatoliklari nazariyasi asoslaridan foydalanish" mavzusida ilmiy maqola 2022 yil iyun maxsus son №2 144-148 betlar
- [10]. M.X.Rajapboev A.N.Jumanov Geodezik o'lchashlarni matematik hisoblash nazariyasi (o'quv qo'llanma). Toshkent, TIQXMMI MTU, 2023. 82-88 betlar.
- [11]. Axmedov.B.M.Farg'ona politexnika instituti ILMIY TEXNIKA JURNALI "Geodezik tarmoqlarni parametrik usuli bilan tenglash nazariyasi va tartibi" mavzusida ilmiy maqola 2024 yil maxsus son №20 106-111 betlar.

SANOAT CHIQINDISI ASOSIDAGI KO'PIKKULBETON QORISHMASINING REOLOGIK XOSSALARIGA KIMYOVIY QO'SHIMCHANING TA'SIRI

Z.M. Sattorov¹, O.A. Otajonov^{2*}, N.A. Madraymov¹¹Toshkent arxitektura-qurilish universiteti²Farg'ona davlat texnika universiteti[\(Qabul qilindi 10.03.2026 y.\)](#)

Аннотация. В статье освещено механизм действия химической добавки поликарбоксилатного суперпластификатора на реологические свойства цементного теста и пенозолобетонной смеси, приготовленной на основе золы теплоэлектростанции, время затвердевания, снижение водопотребления и расширение цемента. Также доказано, что путем выбора оптимального состава пенозолобетона можно улучшить удобоукладываемость бетонной смеси, снизить водопотребление и повысить ее физико-механические свойства.

Ключевые слова: Бетонная смесь, вяжущее вещества, расширение, производство, пенозолобетон, нормальная густота, поликарбоксилатный суперпластификатор, расход воды, водопотребность, цемент.

Annotatsiya. Maqolada sement xamirining va issiqlik elektr stansiyasi kullari asosida tayyorlanadigan ko'pikkulbeton qorishmasining reologik xossalari, qotish muddati, sementning suv talabchanligini kamayishi va va yoyiluvchanligiga polikarboksilat superplastifikator kimyoviy qo'shimchasining ta'sir qilish ta'siri mexanizmi yoritilgan. Shuningdek, ko'pikkulbetonning optimal tarkibini tanlash orqali beton qorishmasining ishlov berilish xususiyatini yaxshilash, suv sarfini kamaytirish hamda fizik-mexanik xossalari oshirish mumkinligi isbotlangan.

Tayanch so'zlar: Beton qorishmasi, bog'lovchi modda, yoyiluvchanlik, ishlab chiqarish, ko'pikkulbeton, normal quyuqlik, polikarboksilat superplastifikator, suv sarfi, suv talabchanlik, sement.

Abstract. This article describes the mechanism of action of a polycarboxylate superplasticizer chemical additive on the rheological properties of cement paste and foam ash concrete mixture prepared using thermal power plant ash, including curing time, reduced water consumption, and cement expansion. It also demonstrates that by selecting the optimal foam ash concrete composition, it is possible to improve the workability of the concrete mixture, reduce water consumption, and enhance its physical and mechanical properties.

Keywords: Concrete mix, binder, expansion, production, foam ash concrete, normal density, polycarboxylate superplasticizer, water consumption, water demand, cement.

1. Kirish. Sanoat va qurilish sohasidagi resurslardan samarali foydalanish va ekologik barqarorlikni ta'minlash bugungi kunda jahon hamjamiyatida ham, yurtimizda ham ustuvor vazifalardan biri hisoblanadi. Qurilish materiallarining ishlab chiqarilishi, xususan beton va beton qorishmalari ko'p miqdorda tabiiy resurslarni talab qiladi, shu bilan birga energiya sarfi va atrof-muhitga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shu bois, ikkilamchi resurslardan, ya'ni sanoat va qurilish sohasidagi chiqindilardan foydalanish orqali yangi beton tarkiblarini ishlab chiqish va ularning sifatini oshirish dolzarb masalalardan biri sifatida qaralmoqda.

Ko'pikkulbeton qurilishda keng qo'llaniladigan, mustahkam va moslashuvchan xususiyatlarga ega materiallardan biri bo'lib, uning normal quyuqligi betonning ishlov berish qulayligi va yakuniy konstruktiv sifatlariga bevosita ta'sir qiladi. Kimyoviy qo'shimchalar, xususan suyuqlikni ko'paytiruvchi, havo yutilishini boshqaruvchi va plastifikatorlar, ko'pikkulbeton qorishmasining normal quyuqligini sezilarli darajada yaxshilashi mumkin.

O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 24-martdagi "Chiqindilarni qayta ishlash sohasini yanada takomillashtirish hamda kompleks tizimlashtirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi PF-56-sonli va 2025-yil 1-dekabrda "Qurilish materiallari sanoatini rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida" 365-sonli qarorlari ikkilamchi resurslardan foydalanishni rag'batlantirish va energiya tejovchi, ekologik xavfsiz materiallar ishlab chiqarishni davlat siyosati darajasida qo'llab-quvvatlaydi [1, 2]. Shu nuqtai nazardan, ko'pikkulbeton qorishmasida kimyoviy qo'shimchalarning normal quyuqlikka ta'sirini ilmiy asosda o'rganish, mavjud resurslardan maksimal darajada foydalanish va

chiqindilarni qayta ishlash yo‘li bilan ekologik va iqtisodiy samaradorlikni oshirish muhim ilmiy-amaliy vazifa hisoblanadi.

2. Adabiyotlar tahlili. Qurilish materialshunosligining hozirgi kundagi dolzarb masalalarining biri yuqori sifatli, tannarxi arzon, mustahkam, energiya samarador, kam suv talabchan va ikkilamchi resurslardan foydalangan holda arzon va sifatli qurilish materiallari ishlab chiqarish hisoblanadi. Issiqlik elektr stansiyasi kuli qo‘shilgan serg‘ovak betonning kimyoviy qo‘shimchalarning normal quyuqligiga ta’siri bo‘yicha Sviщ I.S., Serkebaev M.K., Moldabay A.K., Nechaev A. A., Selezneva Ye. A., Щepochkina Yu.A., Selezneva G. Yu., Eugenijus janavičiusa, Mindaugas Daukšysb, Gintautas Skripkiūnasc, Džigita Nagrockienėc, Ala Daugėlienėb va boshqa olimlar tadqiqot ishlarini olib borishgan.

Sviщ I.S. “Polikarboksilatlar va ularning asosidagi beton qo‘shimchalari (Polikarboksilatı i dobavki dlya betonov na ix osnove)” nomli tadqiqot ishini olib borgan. Tadqiqotda polikarboksilat asosidagi kimyoviy qo‘shimchalar serg‘ovak beton qorishmalarining texnologik va ishlash xususiyatlarini sezilarli darajada yaxshilashga xizmat qiluvchi asosiy modifikator sifatida ko‘rib chiqilgan. Polikarboksilatlar suvni kamaytiruvchi va superplastifikator qo‘shimchalari bo‘lib, ular sement zarrachalarini disperslash orqali beton qorishmasining yoyiluvchanligini oshiradi va shu bilan birga suv-sement nisbatini kamaytiradi, natijada mustahkam va uzoq muddat xizmat qiluvchi betonlar olinadi.

Tadqiqotda ushbu qo‘shimchalarning ishlash mexanizmlari, yangi va qotgan serg‘ovak beton xossalriga ta’siri, jumladan qorishmaning yoyiluvchanligi, zichligi va mustahkamligi tahlil qilingan. Shuningdek, polikarboksilat qo‘shimchalari bilan serg‘ovak beton aralashmalar tarkibini optimallashtirish natijalari keltirilgan. Ta’kidlanishicha, polikarboksilatlar aralashmaning qulay ishlov berilishini yaxshilaydi, suv va sement sarfini kamaytiradi, betonning bir xilligi va chidamliligini oshiradi. Shu bois, ular zamonaviy va yuqori sifatli qurilish materiallarini ishlab chiqishda samarali vosita sifatida xizmat qiladi [3].

Serkebaev M.K., Moldabay A.K. “Kimyoviy qo‘shimchalarning g‘ovakli avtoklavsiz beton xossalriga ta’sirini o‘rganish (Issledovanie vliyaniya ximicheskix dobavok na svoystva yacheistogo neavtoklavnoy betona)” nomli tadqiqot ishini olib borishgan. Tadqiqotda tez qotish vositasi sifatida KON-kaustik potash ishlatilgan. Xom ashyo tashkil etuvchilari: qum – 140 kg, sement – 120 kg, suv – 90-100 l, beton markasi – D600. Qo‘shimcha bilan qolipdan chiqarish vaqti – 2 soat 20 daqiqa, qo‘shimchasiz – 3 soat 30 daqiqa. Qo‘shimcha bilan betonning mustahkamligi – 16,7 kg/sm², qo‘shimchasiz – 13,7 kg/sm². Beton zichligi – 600 kg/m³. Tajriba-sinovlar uchun S qiymati 1,25 deb olingan. Shu qiymatni hisobga olib, optimal suv-sement nisbatini aniqlash uchun qancha bog‘lovchi va qum tuproqli tashkil etuvchi kerakligi hisoblangan: $S = 400 / (1,25 + 1) = 178$ g – sement; $Q = 400 \times 1,25 / (1,25 + 1) = 222$ g – qum.

Qorishmaning yoyiluvchanligini 22 sm yetkazish maqsadida, sementli bog‘lovchi bilan zichligi D700 bo‘lgan qorishma uchun $S/Q = 0,4$ qiymati tanlangan. Natijada kerakli qorishma xossalriga erishish uchun $S/Q = 0,4$ qabul qilingan. G‘ovakli betonlarning fizik-mexanik xossalari GOST-10180 “Betonlar (Бетонь)”, GOST-12730.1 “Betonlar. Zichlikni aniqlash usullari (Бетонь. Методы определения плотности)” yoki GOST-17623 “Betonlar. O‘rtacha zichlikni aniqlashning radioizotop usuli (Бетонь. Радиоизотопный метод определения средней плотности)” standartlariga muvofiq aniqlanadi. G‘ovakli beton xossalari nazorat kubiklari (10×10×10 sm) yoki diametri va balandligi 10 mm bo‘lgan silindr namunalari bo‘yicha o‘tkazilgan sinov natijalariga asoslanadi. Tajriba-sinov natijalari shuni ko‘rsatdiki, gazbeton aralashmasiga ohak sutini (kislota tashkil etuvchi sifatida) qo‘shilganda, qorishma bir yarim soatlik izotermik ushlab turishdan so‘ng, qolipda tushib ketadi va kutilgan natijaga erishilmaydi. Biroq, aralashmaga kaustik soda (kislota tashkil etuvchi sifatida) qo‘shilganda, qorishma ko‘tarilib, gazlanadi va sementning qotish muddati tugaguncha o‘shishni davom ettiradi. O‘tkazilgan tajriba-sinov natijasida shuni aniqlash mumkinki, ko‘pik hosil qilish va g‘ovak hosil qilish xususiyati kaustik soda bilan ohakka nisbatan yaxshi bo‘ladi (Sastyubin zavodi ohagiga nisbatan). G‘ovakli beton qorishmasining g‘ovak tuzilmasining shakli sferik va betonda bir xil taqsimlangan. Bu esa g‘ovakli betonning mustahkamlik xossalari oshirishga olib keladi [4].

Nechaev A.A., Selezneva E.A., Shchepochkina Yu.A., Selezneva G.J. “Beton texnologiyasida kimyoviy qo‘shimchalar (Ximicheskie dobavki v texnologii betonov)” nomli tadqiqot ishini olib borishgan. Tadqiqotda betonning dastlabki davrida qotishini tezlashtirish, boshlang‘ich namligini kamaytirish va buyumlarning yakuniy mustahkamligini oshirish maqsadida kompleks kimyoviy

qo'shimchalar qo'llash bo'yicha tadqiqotlar olib borildi. Kompleks qo'shimchalardan foydalanish zarurati, bir tomondan, yaxshi plastifikatsiyalovchi ta'sirga erishish, ikkinchi tomondan esa qotishning dastlabki bosqichida sekinlashtirish, keyingi davrda esa tezlashtirish samarasini ta'minlash bilan bog'liq.

Tadqiqotlarda gips-sement bog'lovchi modda qo'llanildi (70 mass % G-16 markali gips bog'lovchi va 30 mass % zarur miqdordagi faol mineral qo'shimchali pussolan portlandsement). To'ldiruvchi sifatida 5-20 mm fraksiyalı ohaktosh shag'al va modul yirikligi $M_{kr} = 2,26$ bo'lgan kvarts qumi ishlatildi. Kompleks kimyoviy qo'shimcha sifatida qotishni sekinlashtiruvchi modda va naftalin-formaldegid turidagi superplastifikatordan foydalanildi.

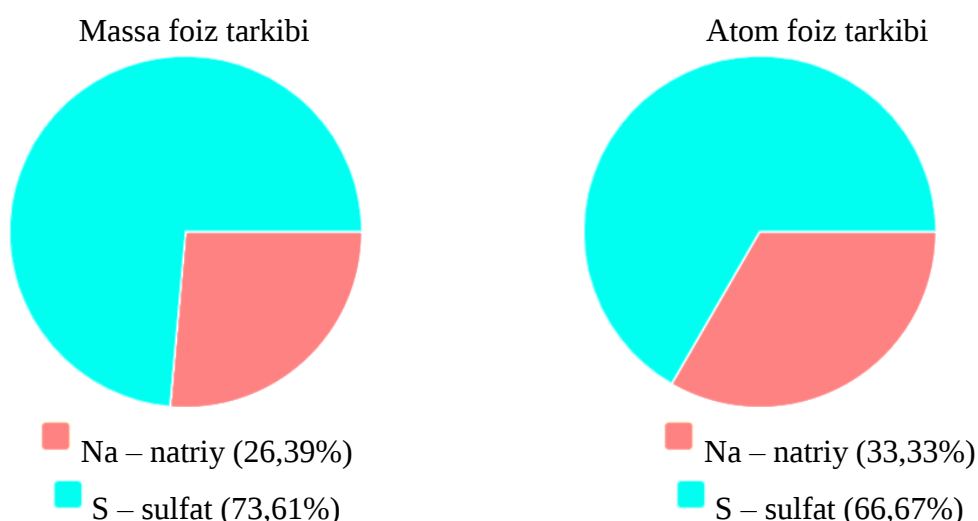
Qo'shimchalarning ta'siri beton aralashmasining bir xil suv-bog'lovchi nisbatida harakatchanligining o'zgarishi hamda bir xil harakatchanlikdagi pastalarda suv sarfining kamayishi orqali baholandi. Keyinchalik kimyoviy qo'shimchalarning beton mustahkamligining o'sish kinetikasiga va bog'lovchi modda sarfining kamayishiga ta'siri o'rganildi.

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, optimal tarkibdagi kompleks kimyoviy qo'shimchalar qo'shilganda, namunalar mustahkamligi 28 kunlik betonda 21 MPa dan 34 MPa gacha oshdi. Bu esa yuqori mustahkamlikdagi betonlarni olishda bog'lovchi modda sarfini taxminan 100 kg/m^3 kamaytirish imkonini beradi.

Shunday qilib, kimyoviy qo'shimchalar va ularning komplekslarini qo'llash nafaqat konstruktiv xususiyatlarni yaxshilash, balki texnologiyani takomillashtirishning ham samarali usuli hisoblanadi. Bunday qo'shimchalardan foydalanish suvga chidamli gips bog'lovchilar asosidagi buyumlarni ishlab chiqarishda issiqlik bilan ishlov berish va quritish jarayonlarini texnologik jarayondan chiqarib tashlash, shuningdek yengil va og'ir beton buyumlar ishlab chiqarishda yoqilg'i sarfini kamaytirish imkonini beradi [5].

Eugenijus Janavičiusa, Mindaugas Daukšysb, Gintautas Skripkiūnasc, Džigita Nagrockienėc, Ala Daugėlienėb "Sement xamirining reologik xossalari gament modifikatsiyasining ta'siri (The effect of cement modification on the rheological properties of cement paste)" nomli tadqiqot ishini olib borgan. Tadqiqotda sement xamiriga portlandsementning 10% (massasi bo'yicha) qismi almashtirib qo'shilgan toshqol, opoka, kremniy suspenziyasi va dolomit changi xamirining oqish chegarasi va qovushqoqligiga qo'shimcha zarrachalarning shakli hamda mayinligiga qarab ta'sir ko'rsatadi.

Portlandsementning 10% (massasi bo'yicha) qismi toshqolli sement bilan almashtirilganda, sement xamirining oqish chegarasi taxminan 25,9% kamayadi, ammo qovushqoqligi nazorat sement xamiriga nisbatan taxminan 3,5 baravar ortadi.



Sement xamiriga 0,5% NaSS qo'shimchasi qo'shilganda esa oqish chegarasi biroz ortadi, qovushqoqlik esa nazorat sement xamiriga nisbatan taxminan ikki baravar oshadi.

O'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, bog'lovchi material sifatida ikki turdagi sement, ya'ni portlandsement CEM I 42,5 H va domna toshqolli sement CEM III/B 32,5 H qo'llanildi.

Mazkur ikki turdagi sementni taqqoslash natijasida toshqolli sementning solishtirma yuzasi portlandsementga nisbatan katta ekanligi aniqlandi. Xususan, toshqolli sementning solishtirma yuzasi

420 kg/m², portlandsementniki esa 360 kg/m² tashkil etadi. Ushbu sement tarkibida domna toshqoli miqdori 70%, portlandsement esa 30% tashkil qiladi.

Sement xamirining 1-tarkibi (nazorat tarkibi) faqat portlandsementdan tayyorlangan. 2-tarkib esa portlandsement va domna toshqolini ma'lum nisbatda aralashtirish orqali tayyorlangan bo'lib, bunda sement tarkibidagi toshqol miqdori 49% tashkil etadi.

Sement miqdorining 10% (massasi bo'yicha) qismi modifikatsiyalovchi qo'shimchalar bilan almashtirildi:

Plastifikatsiyalovchi qo'shimchalar hamda natriy silikat eritmasi (keyingi o'rinlarda NaSS, V tarkib) sement qorishmasiga 0,5% miqdorda suyuq holatda suv bilan birga qo'shiladi (1-jadval).

1-jadval

Sinalayotgan sement xamirining tarkiblari

№	Sement miqdori, %		Modifikatsiyalovchi qo'shimchalar, mas. %				
	CEM I 42,5 H	CEM III 32,5 B	Opoka	SiO ₂	Qum	Plastifikator	NaSS
1.	100	-	-	-	-	0,5	-
2.	30	70	-	-	-	0,5	-
3.	90	-	10	-	-	0,5	-
4.	90	-	-	10	-	0,5	-
5.	100	-	-	-	-	0,5	0,5
6.	90	-	-	-	10	0,5	-

Sement xamiri tarkibi sementning 10% qismini sanoat chiqindilari bilan almashtirish orqali modifikatsiya qilindi. Tajriba tadqiqotlarida dolomit changi sanoat chiqindisi sifatida qo'llanildi.

Shuningdek, tajribalar uchun Centrilit Fume nomli kremniy tutuni suspenziyasi hamda Stoniškės (Latviya) hududidan olingan karbonat opoka faol mineral qo'shimcha sifatida qo'llanildi. Bu qo'shimchalar sementning massasining 10% qismini almashtirish orqali sement xamiri tarkibiga kiritildi. Portlandsement xamirining kritik siljish kuchlanishi (critical shear stress) va qovushqoqligi faol mineral qo'shimcha zarrachalarining shakli va mayinlik darajasiga hamda natriy silikat eritmasining polikarboksilat efir asosidagi superplastifikator bilan o'zaro ta'siriga bog'liq. Portlandsementning toshqolli sement bilan (toshqol miqdori 50% gacha) almashtirilishi sement xamirining kritik siljish kuchlanishini 25,9% kamaytiradi, ammo qovushqoqligini nazorat sement xamiriga nisbatan 3,5 baravar oshiradi. Portlandsementning 10% qismini opoka va dolomit qo'shimchalari bilan almashtirish sement xamirining kritik siljish kuchlanishini mos ravishda 9,1% va 21,7% kamaytiradi (nazorat sement xamiriga nisbatan). Opoka qo'shimchasi sement xamirining qovushqoqligini juda kam darajada oshiradi. Tadqiqot qilingan portlandsement xamiriga 0,5% miqdorda qo'shilgan NaSS suspenziyasi xamirning kritik siljish kuchlanishiga sezilarli ta'sir ko'rsatmaydi. Portlandsementning massasiga nisbatan 10% qismini kremniy tutuni suspenziyasi bilan almashtirish siljish tezligi 205 s⁻¹ va 630 s⁻¹ bo'lgan sharoitda sement xamirining qovushqoqligini nazorat sement xamiriga nisbatan ikki baravar kamaytiradi [6].

3. Tadqiqot metodologiyasi. Serg'ovak beton qorishmasining normal quyuqligi uning yoyilish diametri yoki cho'kish GOST 7473-2010 "Beton qorishmalari. Texnik shartlar (Smesi бетонные. Технические условия)" orqali baholanadi [7]. Tadqiqot odatda konus usuli yoki stol ustida yoyilish usuli yordamida amalga oshiriladi.

Tajriba jarayonida avvalo yengil beton qorishmasi tayyorlanadi. Qorishma tarkibiga sement, qum yoki boshqa to'ldiruvchi materiallar, suv va zarur bo'lsa kimyoviy qo'shimchalar qo'shiladi. Tayyorlangan qorishma konus shaklidagi qolipga joylashtiriladi va yuzasi tekislanadi. Shundan so'ng, qolip ehtiyotkorlik bilan yuqoriga ko'tarib olinadi.

Qorishma stol ustida erkin yoyiladi va hosil bo'lgan yoyilish diametri o'lchanadi. Yengil beton qorishmasining normal quyuqligi odatda yoyilish diametri 15-16 sm atrofida bo'lganda optimal deb hisoblanadi (ko'pincha 16 sm qiymat olinadi). Agar yoyilish diametri kichik bo'lsa, qorishma qattiq hisoblanadi va suv miqdori oshiriladi. Agar yoyilish juda katta bo'lsa, suv miqdori kamaytiriladi.

Shu tarzda bir necha tajribalar o'tkazilib, qorishmaning optimal suv miqdori aniqlanadi. Ushbu suv miqdori yengil beton qorishmasining normal quyuqligini ta'minlaydigan suv-bog'lovchi nisbati sifatida qabul qilinadi.

Yengil betonlarda normal quyuqlikni to'g'ri aniqlash aralashmaning yaxshi ishlov berilishi, g'ovak strukturaning bir tekis hosil bo'lishi va betonning yakuniy fizik-mexanik xossalarini yaxshilash uchun muhim ahamiyatga ega.

4. Tajriba-sinov tadqiqot usullari. Ko'pikkulbeton qorishmasining normal quyuqligi GOST 7473-2010 "Beton qorishmalari. Texnik shartlar (Smesi betonnye. Texnicheskie usloviya)" bilan aniqlandi. Buning uchun tadqiqotlarda bog'lovchi modda sifatida "Ohangaronsement" AJda ishlab chiqarilgan, GOST 31108-2020 "Umumiy qurilish sementlari. Texnik shartlar (Sementy obshchestoitelnye. Texnicheskie usloviya)" va GOST 30515-2013 "Sementlar. Umumiy texnik shartlar. (Sementy. Obshchie texnicheskie usloviya)" talablariga javob beruvchi CEM I 42,5H va CEM II/AK (Z-I) 42,5H markadagi sementlar qo'llanildi [8, 9].

Tadqiqotlarda to'ldiruvchi sifatida Farg'ona viloyati, Yozyovon tumanida joylashgan karerdan qazib olinadigan, qurilish qorishmalari uchun yaroqli qumdan hamda Yangi Angren issiqlik elektr stansiyasi toshqol-kul chiqindisidan foydalanildi. Kimyoviy qo'shimcha sifatida mahalliy xom ashyolardan olingan "Polikorboksilat" nomli kimyoviy qo'shimchadan foydalanildi.

Polikarboksilatlar temir-beton va yengil beton buyumlar ishlab chiqarishda muhim rol o'ynaydi. Ayniqsa, zamonaviy qurilishda beton qorishmasining yuqori mustahkamligi, uzoq xizmat muddati va qulay ishlov berilishi talab qilinadi. Polikarboksilat asosidagi superplastifikatorlar – bu beton uchun yangi avlod yuqori samarali kimyoviy qo'shimchalardan biri hisoblanadi. Ular karboksil guruhlaridagi mavjud polimerlarga asoslangan bo'lib, sement zarrachalarini kuchli elektrostatik va fazaviy dispers orqali bir-biridan ajratadi.

Ushbu qo'shimcha orqali qorishmadagi suv miqdorini 25-40% kamaytirish mumkin. Bu esa betonning mustahkamligini, ayniqsa dastlabki qotish davrida oshiradi [10].

Polikarboksilat superplastifikator kimyoviy qo'shimchasini sementning suv talabchanligini kamayishiga ta'siri (S_t) quyidagi formula orqali hisoblandi:

$$S_t = [(Nq - Nq_p) / Nq] \cdot 100\%$$

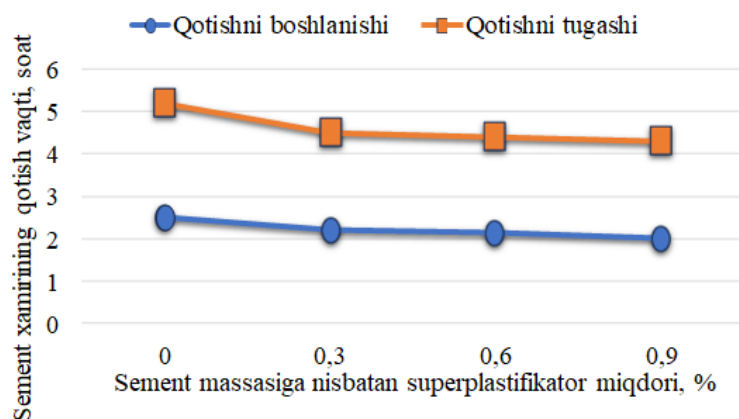
bu yerda: Nq va Nq_p – qo'shimchasiz va plastiklashtiruvchi qo'shimcha qo'shilgan sement xamirining normal quyuqligi. Tajriba namunalari polikarboksilat superplastifikator kimyoviy qo'shimchasini sementga turli miqdorlarda qo'shish orqali tayyorlandi. Tajriba natijalari 2-jadvalda berilgan [11].

2-jadval

"Polikarboksilat" superplastifikator kimyoviy qo'shimchasini sement xamirining normal quyuqligi va qotish muddatiga ta'siri

№	Nomlanishi	Kimyoviy qo'shimcha miqdori, %	Sement xamiri			
			Normal quyuqligi, %	Suv talabchanligini kamayishi, %	Qotish muddati	
					Boshlanishi, soat-daqiqa	Boshlanishi, soat-daqiqa
1.	Qo'shimchasiz sement xamiri	-	18	-	2-50	5-20
2.	"Polikorboksilat" kimyoviy qo'shimchasi qo'shilgan sement xamiri	0,3	13	7,69	2-20	4-50
		0,6	14	10,7	2-10	4-40
		0,9	16	16,15	2-00	4-30

5. Tahlil va natijalar. Olingan tajriba natijalaridan ko‘rinib turibdiki, sement xamirining suv talabchanligini kamaytirishga va qotish muddatiga qo‘shish ijobiy ta‘sir ko‘rsatdi. Bunda, “Polikarboksilat” superplastifikator kimyoviy qo‘shimchasini sement massasiga nisbatan 0,9% qo‘shish eng optimal miqdor ekanligi aniqlandi (1-rasm). Ma‘lumki, sementning turli xossalarini yaxshilash uchun kimyoviy qo‘shimchalardan foydalanganda, ularning miqdori 1,5% dan oshmasligi iqtisodiy jihatdan samarali hisoblanadi.



1-rasm. “Polikarboksilat” superplastifikator kimyoviy qo‘shimchasini sement xamirining qotish muddatiga ta‘siri.

Olingan tajriba natijalariga ko‘ra “Polikarboksilat” superplastifikator kimyoviy qo‘shimchasini qo‘shish sement xamirining qotish muddatini erta boshlanishiga va qotish muddatini qisqarishiga sabab bo‘ldi.

“Polikarboksilat” superplastifikator kimyoviy qo‘shimchasini sement xamirining reologik xossalariga ta‘siri o‘rganilganidan so‘ng, uni ko‘pikkulbeton qorishmasining reologik xossalariga ta‘siri o‘rganildi. Tajriba natijalari 2-jadvalda

keltirilgan.

Ko‘pikkulbeton qorishmasini suv talabchanligi va yoyiluvchanligiga “Polikarboksilat” superplastifikator kimyoviy qo‘shimchasining ta‘sirini aniqlash bo‘yicha olib borilgan tajriba ishlari uchun 40 °C haroratgacha isitilgan suvdan foydalanildi.

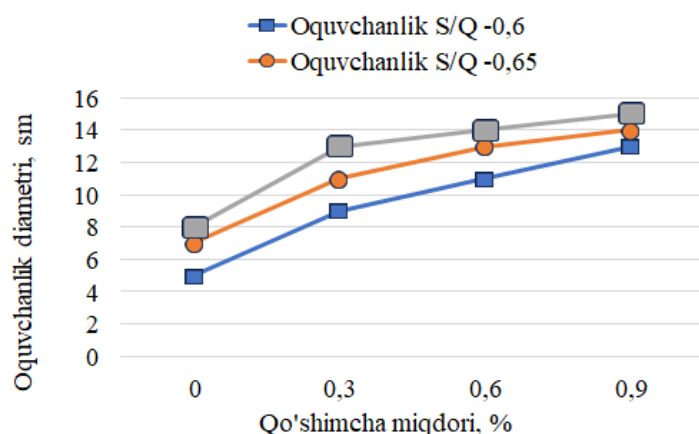
3-jadval

“Polikarboksilat” superplastifikator kimyoviy qo‘shimchasini ko‘pikkulbeton qorishmasining normal quyuqligiga ta‘siri

№	Sement miqdori, %	Uchuvchi-kul miqdori, %	Qum %	Sement massasiga nisbatan kimyoviy qo‘shimcha miqdori, %	S/Q nisbati, %	Oquvchanligi, sm
1.	55	35	10	-	0,60	7
2.	55	35	10	-	0,60	13
3.	55	35	10	-	0,70	15
4.	55	35	10	-	0,75	18
5.	55	35	10	0,3	0,60	9
6.	55	35	10	0,3	0,65	11
7.	55	35	10	0,3	0,75	13
8.	55	35	10	0,6	0,60	11
9.	55	35	10	0,6	0,65	12
10.	55	35	10	0,6	0,75	14
11.	55	35	10	0,9	0,60	12
12.	55	35	10	0,9	0,65	15
13.	55	35	10	0,9	0,75	16

Tajriba natijalariga ko‘ra, qo‘shimcha qo‘shilmagan ko‘pikkulbeton qorishmasining yoyiluvchanligi S/Q nisbati 0,75 tashkil etganda, uning yoyiluvchanligi 18 sm tashkil etdi. Qo‘shimcha 0,3% qo‘shilgan ko‘pikkulbeton qorishmasining yoyiluvchanligi S/Q nisbati 0,75 tashkil etganda, uning yoyiluvchanligi 13 sm, qo‘shimcha 0,6% qo‘shilgan ko‘pikkulbeton qorishmasining yoyiluvchanligi S/Q nisbati 0,60 tashkil etganda, uning yoyiluvchanligi 11 sm va

qo'shimcha 0,9% qo'shilgan ko'pikkulbeton qorishmasining yoyiluvchanligi S/Q nisbati 0,75 tashkil etganda, uning yoyiluvchanligi 16 sm tashkil etdi. Bunda qo'shilgan qo'shimchalarning miqdori va natijalarga e'tibor qaratadigan bo'lsak, ko'pikkulbeton qorishmasiga eng optimal



2-rasm. "Polikarboksilat" superplastifikator kimyoviy qo'shimchasini ko'pikkulbeton qorishmasining yoyiluvchanligiga ta'siri.

qo'shiladigan qo'shimcha miqdori sementning massasiga nisbatan 0,9% ekanligini ko'rishimiz mumkin. Chunki 2-rasmga e'tibor qaratsak, qo'shimcha miqdori 0,3% qo'shilgan va qo'shimcha qo'shilmagandagi qorishma yoyiluvchanligida farq unchalik katta emasligini, qo'shimcha 0,6% va 0,9% qo'shilgandagi natijalar ham farqi S/Q – 0,6 da 1 sm tashkil etmoqda.

Ushbu olib borilgan tadqiqot bo'yicha qo'shimcha qo'shilmagan, 0,3%, 0,9% qo'shilgan namunalarning tajriba jarayonlari quyida ko'rsatilgan.

A0 ko'pikkulbeton kimyoviy qo'shimcha qo'shilmagan namunaning

tarkibida sement, uchuvchi kul, qum, suv bor edi va normal quyuvqligi yoyiluvchan diametri 18 sm atrofida bo'ldi, suvga talabchanligi kamaymadi.



a – kimyoviy qo'shimcha qo'shilgan ko'pikkulbeton namunasining yoyiluvchanlik jarayoni; b – ko'pikkulbeton namunasining quygandan keyingi holati. 3-rasm. A1 ko'pikkulbeton kimyoviy qo'shimcha qo'shilgan namunasi.

A1 ko'pikkulbeton namunaning tarkibida sement, uchuvchi kul, qum, suv bor edi va normal quyuvqligi yoyiluvchan diametri 13 sm atrofida bo'ldi, suvga talabchanligi kamayishi 7,69% tashkil etdi. Lekin ko'pikkulbeton quygandan keyin ushbu qorishma kutilgan natijani bermadi (3-rasm).



a – kimyoviy qo'shimcha qo'shilgan ko'pikkulbeton namunasining yoyiluvchanlik jarayoni; b – ko'pikkulbeton namunasining quygandan keyingi holati. 4-rasm. A3 ko'pikkulbeton kimyoviy qo'shimcha qo'shilgan namunasi.

A3 ko'pikkulbeton namunaning tarkibida sement, uchuvchi kul, qum, suv bor edi va normal quyuqligi yoyiluvchan diametri 16 sm atrofida bo'ldi, suvga talabchanligi kamayishi 16,15% tashkil etdi, lekin ko'pikkulbeton quygandan keyin ushbu qorishma kutilgan natijani bermadi (4-rasm).

6. Xulosa. O'tkazilgan tajriba-sinov tadqiqotlari natijasida ko'pikkulbeton qorishmasining normal quyuqligi yoyiluvchan diametri orqali aniqlandi. Tadqiqotlar GOST 7473-2010 "Beton aralashmalari. Texnik shartlar (Smesi betonnye. Texnicheskie usloviya)" talablari asosida konus usuli yordamida amalga oshirildi. Tajribalarda bog'lovchi modda sifatida "Ohangaronsement" AJ tomonidan ishlab chiqarilgan CEM I 42,5 N va CEM II/A-K (Z-I) 42,5 N markali sementlardan, to'ldiruvchi sifatida Yozyovon koni qumidan hamda Yangi Angren IES uchuvchi kul chiqindisidan foydalanildi. Shuningdek, beton qorishmasining texnologik xossalarini yaxshilash maqsadida polikarboksilat asosidagi superplastifikator qo'shimchasi qo'llanildi.

Tadqiqot natijalariga ko'ra, kimyoviy qo'shimchasiz A0 ko'pikkulbeton namunada qorishmaning yoyiluvchan diametri 18 sm tashkil etdi va suvga talabchanlik kamayishi kuzatilmadi. Polikarboksilat asosidagi kimyoviy qo'shimcha qo'shilgan A1, A2 va A3 ko'pikkulbeton namunalarda esa sement xamirining suvga talabchanligi ma'lum darajada kamayganligi kuzatildi. Xususan, A1 ko'pikkulbeton namunada suvga talabchanlik 7,69%, A2 ko'pikkulbeton namunada 10,7%, A3 ko'pikkulbeton namunada esa 16,15% kamaydi.

Umuman olganda, o'tkazilgan tadqiqotlar natijasida ko'pikkulbeton qorishmasining normal quyuqligi va suvga talabchanligiga kimyoviy qo'shimchalarning sezilarli ta'siri mavjudligi aniqlandi. Optimal tarkibni tanlash orqali beton qorishmasining ishlov berilish xususiyatini yaxshilash, suv sarfini kamaytirish hamda yakuniy ko'pikkulbetonning fizik-mexanik xossalarini oshirish mumkinligi isbotlandi. Ushbu natijalar ko'pikkulbeton ishlab chiqarishda mahalliy xom ashyo va zamonaviy kimyoviy qo'shimchalardan samarali foydalanish imkoniyatini ko'rsatadi.

Adabiyotlar

- [1]. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 1-dekabrda "Qurilish materiallari sanoatini rivojlantirish chora-tadbirlari to'g'risida"gi 365-sonli qarori (Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi, 02.12.2025 y., 07/25/365/1120-son).
- [2]. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2025-yil 24-martda "Chiqindilarni qayta ishlash sohasini yanada takomillashtirish hamda kompleks tizimlashtirish chora-tadbirlari to'g'risida" PF-56-sonli qarori (Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi, 26.03.2025 y., 06/25/56/0274-son; 19.11.2025 y., 06/25/217/1060-son).
- [3]. Свищ И.С. Поликарбоксилаты и добавки для бетонов на их основе. // Строительство и техногенная безопасность, №43, 2012 // С. 56-64. <https://cyberleninka.ru/article/n/polikarboksilatyi-i-dobavki-dlya-betonov-na-ih-osnove>
- [4]. Серкебаев М.К., Молдабай А.К. Исследование влияния химических добавок на свойства ячеистого неавтоклавного бетона. // Строительство и техногенная безопасность, №43, 2012 // С. 11-12.
- [5]. <https://cyberleninka.ru/article/n/issledovanie-vliyaniya-himicheskikh-dobavok-na-svoystva-yacheistogo-neavtoklavno-go-betona>
- [6]. Нечаев А. А., Селезнева Е. А., Щепочкина Ю. А., Селезнева Г. Ю. Химические добавки в технологии бетонов. // С. 568-570.
- [7]. https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/74751/1/ersps_2018_133.pdf
- [8]. Eugenijus Janavičius, Mindaugas Daukšys, Gintautas Skripkiūnas, Džigita Nagrockienė, Ala Daugėlienė The effect of cement modification on the rheological properties of cement paste. // Journal of Civil Engineering and Management. // 19:sup1, S125-S130
- [9]. <http://dx.doi.org/10.3846/13923730.2013.851111>
- [10]. ГОСТ 7473-2010 Смесей бетонные. Технические условия. Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (дополнение 2 к приложению Д протокола № 37 от 6-7 октября 2010 г.)
- [11]. ГОСТ 31108-2020 Цементы общестроительные. Технические условия. Межгосударственной научно-технической комиссией по стандартизации, техническому нормированию и сертификации в строительстве (протокол от 30 апреля 2020 г. № 129-П).
- [12]. ГОСТ 30515-2013. Цементы. Общие технические условия. Межгосударственным советом по стандартизации, метрологии и сертификации (протокол от 27 декабря 2013 г. № 63-П).
- [13]. <https://bzsk68.ru/archive/97/>
- [14]. Z.M. Sattorov, O.A. Otajonov Influence of the ash of "Angren" thermal power plants and superplasticizer on the properties of aerated concrete. // Ilmiy-amaliy jurnal "Arxitektura Qurilish Dizayn". // №3/2023, – Toshkent, 2023 y. – 146-149 b.

I.A. Abdullayev

Andijon davlat texnika instituti
abdullayevikrom934@gmail.com
(Qabul qilindi 10.03.2026 y.)

Annotatsiya: Ushbu maqolada zamonaviy issiqlik izolyatsiya materiallaridan biri hisoblangan penaizolning fizik-mexanik xossalari, ekologik xavfsizligi va qurilishda qo'llanish imkoniyatlari yoritilgan. Eksperimental ma'lumotlar asosida penaizolning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti, zichligi, namlikka chidamliligi hamda yong'inga qarshilik darajasi tahlil qilingan.

Tayanch so'zlar: penaizol, issiqlik izolyatsiyasi, qurilish materiali, ekologik xavfsizlik, yong'inga chidamlilik

Аннотация: В статье рассматриваются физико-механические свойства, экологическая безопасность и возможности применения пеноизола как современного теплоизоляционного материала. Проанализированы теплопроводность, плотность, влагостойкость и огнестойкость материала.

Ключевые слова: пеноизол, теплоизоляция, строительный материал, экологическая безопасность, огнестойкость

Abstract: This article examines the physical and mechanical properties, environmental safety, and construction applications of penaizol as a modern thermal insulation material. Thermal conductivity, density, moisture resistance, and fire resistance were analyzed.

Keywords: penaizol, thermal insulation, construction material, environmental safety, fire resistance

Kirish. So'nggi yillarda energiya tejamkor qurilish texnologiyalariga bo'lgan talab ortib bormoqda. Shu bilan birga, issiqlik izolyatsiyasi materiallariga qo'yiladigan talablar ham o'zgarib, ularning ekologik xavfsizligi, yong'inga chidamliligi va uzoq muddat xizmat qilishi muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu talablarga javob bera oladigan materiallardan biri — penaizol hisoblanadi. Zamonaviy qurilish sanoatida energiya tejamkorligi, ekologik xavfsizlik va iqtisodiy samaradorlik asosiy ustuvor yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Shu munosabat bilan qurilish materiallariga qo'yilayotgan talablar tobora ortib bormoqda. Bugungi kunda issiqlik izolyatsiyasi yuqori bo'lgan, ekologik toza, yengil, uzoq muddatli foydalanish imkoniyatiga ega bo'lgan qurilish materiallariga bo'lgan ehtiyoj yanada kuchaymoqda. Ushbu talablarni qondirishda Penaizol kabi zamonaviy issiqlik izolyatsiyalovchi materiallar muhim ahamiyat kasb etmoqda [1].

Penaizol – bu ko'pik shaklidagi polimerli material bo'lib, u asosan formaldegidli smolalar asosida tayyorlanadi. U qurilishda devorlar, tomlar, pollar, sandwich-panel va boshqa elementlarning issiqlik izolyatsiyasini ta'minlashda keng qo'llaniladi [2]. Penaizolning asosiy afzalliklari ko'p jumladan, yengilligi, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientining pastligi, arzonligi, ekologik xavfsizligi va o'rnatishning soddaligidir [3]. Material quyi zichlikka ega bo'lib, beton, g'isht, yog'och kabi turli asoslarga osongina qo'llaniladi. Shuningdek, u yong'inga nisbatan nisbatan chidamli va mog'or yoki zararli mikroorganizmlarga bardoshli [4].

Penaizol materialining qo'llanilishi O'zbekiston kabi iqlimi keskin kontinental bo'lgan hududlar uchun ayniqsa dolzarb hisoblanadi. Mamlakatimizda qish oylarida sovuq, yozda esa issiq harorat kuzatiladi, bu esa binolarning energiya samaradorligiga alohida e'tibor qaratishni talab etadi. Afsuski, O'zbekistonda mavjud uy-joy fondining katta qismi sovet davrida qurilgan bo'lib, ular energiya samaradorligi nuqtai nazaridan zamonaviy talablarni qondirmaydi. Shu sababli, binolarni rekonstruksiya qilishda yoki yangi qurilishlarda zamonaviy issiqlik izolyatsiya materiallaridan foydalanish zarurati kun tartibiga chiqmoqda [5].

Bundan tashqari, O'zbekistonda 2023-yildan boshlab energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish davlat siyosati darajasiga ko'tarildi. Prezident qarorlari asosida qurilish sohasida "yashil texnologiyalar", ya'ni ekologik xavfsiz va kam energiya talab qiluvchi usullarni joriy qilish belgilandi. Aynan shu nuqtai nazardan Penaizol kabi izolyatsion materiallar O'zbekiston bozorida

keng istiqbolga ega. U nafaqat issiqlikni ushlab qoladi, balki energiya sarfini kamaytirib, iqlim o'zgarishiga qarshi kurashda ham muhim rol o'ynaydi [6].

Ammo, shu bilan birga, Penaizol materialining foydalanishda ayrim muammoli jihatlari ham mavjud. Jumladan, ba'zi hollarda materialning formaldegid moddasiga asoslanganligi sog'liq uchun salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkinligi haqida fikrlar mavjud. Bu masalada esa zamonaviy texnologiyalar yordamida zararli gazlarning chiqishini cheklash yoki ekologik toza modifikatsiyalangan smolalardan foydalanish orqali yechimlar taklif etilmoqda. Shuningdek, Penaizolning suv yutuvchanligi nisbatan yuqori bo'lishi mumkin, bu esa uzoq muddatli foydalanishda muayyan xavflarni yuzaga keltiradi. Bunday holatlarda materialni gidroizolyatsion qatlamlar bilan birga qo'llash tavsiya etiladi [7].

Ilmiy adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, Penaizolning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti $0.031-0.041 \text{ Wt/m}\cdot\text{K}$ oralig'ida bo'lib, bu uni ko'p hollarda penopolistrol, mineral paxta va boshqa alternativ materiallar bilan tenglashishiga olib keladi. Shu bilan birga, u qulay narxi va ishlov berishdagi soddaligi sababli iqtisodiy jihatdan ham foydaliroq sanaladi. Eng muhimi – u yerli sharoitda, mahalliy xom ashyolar asosida ishlab chiqarilishi mumkin, bu esa importga qaramlikni kamaytirish, yangi ish o'rinlari yaratish va qurilish materiallari sanoatini rivojlantirish imkonini beradi [8].

Tadqiqotning asosiy maqsadi penaizol materialining fizik-mexanik, issiqlik va ekologik xossalari chuqur tahlil qilish hamda uning qurilish jarayonlarida optimal qo'llanilish uslublarini aniqlashdan iborat. Bundan tashqari, mazkur tadqiqot orqali Penaizolning boshqa izolyatsion materiallarga nisbatan afzalliklari va kamchiliklari aniqlanib, uni O'zbekiston qurilish sohasida keng joriy qilish bo'yicha takliflar ishlab chiqiladi.

Tadqiqotimizda amaliy jihatdan ham nihoyatda dolzarb hisoblanadi. Chunki aholining turmush darajasini oshirish, energiya tejamkorligini ta'minlash, uy-joylarning sifatini yaxshilash va ekologik xavfsiz muhit yaratish kabi masalalar bevosita ushbu materialning qo'llanilish darajasiga bog'liq bo'ladi. Bundan tashqari, Penaizol materialini mahalliy sharoitda ishlab chiqarish imkoniyatlari mavjudligi sababli, u iqtisodiy barqarorlikka ham xizmat qilishi mumkin. Shu jihatdan olib qaralganda, bu tadqiqot O'zbekiston uchun nafaqat ilmiy, balki strategik ahamiyatga ham ega.

So'nggi yillarda energiya tejamkor qurilish texnologiyalariga bo'lgan talab ortib bormoqda. Shu bilan birga, issiqlik izolyatsiyasi materiallariga qo'yiladigan talablar ham o'zgarib, ularning ekologik xavfsizligi, yong'inga chidamliligi va uzoq muddat xizmat qilishi muhim ahamiyat kasb etmoqda. Ushbu talablarga javob bera oladigan materiallardan biri — penaizol hisoblanadi. Zamonaviy qurilish sanoatida energiya tejamkorligi, ekologik xavfsizlik va iqtisodiy samaradorlik asosiy ustuvor yo'nalishlardan biri hisoblanadi. Shu munosabat bilan qurilish materiallariga qo'yilayotgan talablar tobora ortib bormoqda. Bugungi kunda issiqlik izolyatsiyasi yuqori bo'lgan, ekologik toza, yengil, uzoq muddatli foydalanish imkoniyatiga ega bo'lgan qurilish materiallariga bo'lgan ehtiyoj yanada kuchaymoqda. Ushbu talablarni qondirishda Penaizol kabi zamonaviy issiqlik izolyatsiyalovchi materiallar muhim ahamiyat kasb etmoqda [1].

Penaizol – bu ko'pik shaklidagi polimerli material bo'lib, u asosan formaldegidli smolalar asosida tayyorlanadi. U qurilishda devorlar, tomlar, pollar, sandwich-panel va boshqa elementlarning issiqlik izolyatsiyasini ta'minlashda keng qo'llaniladi [2]. Penaizolning asosiy afzalliklari ko'p jumladan, yengilligi, issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsientining pastligi, arzonligi, ekologik xavfsizligi va o'rnatishning soddaligidir [3]. Material quyi zichlikka ega bo'lib, beton, g'isht, yog'och kabi turli asoslarga osongina qo'llaniladi. Shuningdek, u yong'inga nisbatan nisbatan chidamli va mog'or yoki zararli mikroorganizmlarga bardoshli [4].

Penaizol materialining qo'llanilishi O'zbekiston kabi iqlimi keskin kontinental bo'lgan hududlar uchun ayniqsa dolzarb hisoblanadi. Mamlakatimizda qish oylarida sovuq, yozda esa issiq harorat kuzatiladi, bu esa binolarning energiya samaradorligiga alohida e'tibor qaratishni talab etadi. Afsuski, O'zbekistonda mavjud uy-joy fondining katta qismi sovet davrida qurilgan bo'lib, ular energiya samaradorligi nuqtai nazaridan zamonaviy talablarni qondirmaydi. Shu sababli,

binolarni rekonstruksiya qilishda yoki yangi qurilishlarda zamonaviy issiqlik izolyatsiya materiallaridan foydalanish zarurati kun tartibiga chiqmoqda [5].

Bundan tashqari, O'zbekistonda 2023-yildan boshlab energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish davlat siyosati darajasiga ko'tarildi. Prezident qarorlari asosida qurilish sohasida "yashil texnologiyalar", ya'ni ekologik xavfsiz va kam energiya talab qiluvchi usullarni joriy qilish belgilandi. Aynan shu nuqtai nazardan Penaizol kabi izolyatsion materiallar O'zbekiston bozorida keng istiqbolga ega. U nafaqat issiqlikni ushlab qoladi, balki energiya sarfini kamaytirib, iqlim o'zgarishiga qarshi kurashda ham muhim rol o'ynaydi [6].

Ammo, shu bilan birga, Penaizol materialining foydalanishda ayrim muammoli jihatlar ham mavjud. Jumladan, ba'zi hollarda materialning formaldegid moddasiga asoslanganligi sog'liq uchun salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkinligi haqida fikrlar mavjud. Bu masalada esa zamonaviy texnologiyalar yordamida zararli gazlarning chiqishini cheklash yoki ekologik toza modifikatsiyalangan smolalardan foydalanish orqali yechimlar taklif etilmoqda. Shuningdek, Penaizolning suv yutuvchanligi nisbatan yuqori bo'lishi mumkin, bu esa uzoq muddatli foydalanishda muayyan xavflarni yuzaga keltiradi. Bunday holatlarda materialni gidroizolyatsion qatlamlar bilan birga qo'llash tavsiya etiladi [7].

Adabiyotlar tahlili. Penaizolning issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsienti $0.031-0.041 \text{ Wt/m}\cdot\text{K}$ oralig'ida bo'lib, bu uni ko'p hollarda penopolistrol, mineral paxta va boshqa alternativ materiallar bilan tenglashishiga olib keladi. Shu bilan birga, u qulay narxi va ishlov berishdagi soddaligi sababli iqtisodiy jihatdan ham foydaliroq sanaladi. Eng muhimi – u yerli sharoitda, mahalliy xom ashyolar asosida ishlab chiqarilishi mumkin, bu esa importga qaramlikni kamaytirish, yangi ish o'rinlari yaratish va qurilish materiallari sanoatini rivojlantirish imkonini beradi [8].

Tadqiqotning maqsadi. Penaizol materialining fizik-mexanik, issiqlik va ekologik xossalari chuqur tahlil qilish hamda uning qurilish jarayonlarida optimal qo'llanilish uslublarini aniqlashdan iborat. Bundan tashqari, mazkur tadqiqot orqali Penaizolning boshqa izolyatsion materiallarga nisbatan afzalliklari va kamchiliklari aniqlanib, uni O'zbekiston qurilish sohasida keng joriy qilish bo'yicha takliflar ishlab chiqiladi.

Tadqiqotimizda amaliy jihatdan ham nihoyatda dolzarb hisoblanadi. Chunki aholining turmush darajasini oshirish, energiya tejamkorligini ta'minlash, uy-joylarning sifatini yaxshilash va ekologik xavfsiz muhit yaratish kabi masalalar bevosita ushbu materialning qo'llanilish darajasiga bog'liq bo'ladi. Bundan tashqari, Penaizol materialini mahalliy sharoitda ishlab chiqarish imkoniyatlari mavjudligi sababli, u iqtisodiy barqarorlikka ham xizmat qilishi mumkin. Shu jihatdan olib qaralganda, bu tadqiqot O'zbekiston uchun nafaqat ilmiy, balki strategik ahamiyatga ham ega.

Tadqiqot metodologiyasi. Penaizolning tarkibi, qo'llanishi va ishlab chiqarilishi penaizol bu uretan formaldegid smolalari asosida olinadigan ko'pikli plastmassa bo'lib, u asosan quyidagi komponentlardan iborat:

Karbamid-formaldegid qatroni:

Karbamid-formaldegid qatroni (KF qatroni) – bu karbamid (mochevina) va formaldegidning kondensatsiyalanish reaksiyasi natijasida hosil bo'ladigan sintetik polimer birikma bo'lib, u turli sanoat tarmoqlarida, ayniqsa, qurilish va mebelsozlikda keng qo'llaniladi. Karbamid (NH_2CONH_2) va formaldegid (HCHO) ishqoriy yoki kislotali muhitda kondensatsiyalanib, polikondensatsiya yo'li bilan KF qatronini hosil qiladi. Qatron hosil bo'lish ikki bosqichda: monomerlash va polikondensatsiya jarayoni orqali amalga oshiriladi. Karbamid-formaldegid qatroni (KF qatroni) quyidagi xossalarga ega:

Tashqi ko'rinishi: Odatda rangsiz yoki och sarg'ish, yopishqoq suyuqlik yoki qattiq modda (quritilganda).

Erituvchanligi: Suvda qisman eriydi (shakliga qarab).

pH: Ishqoriy muhitda (sintez paytida) yoki neytralga yaqin.

Issiqlikka chidamliligi: Quritgandan so'ng yaxshi mexanik mustahkamlikka ega, ammo yuqori haroratda (200°C dan yuqori) yemiriladi.

Formaldegid ajralishi: Qatronlar sekin-asta formaldegid ajratishi mumkin, bu esa ekologik va sanitariya jihatdan muhim omil hisoblanadi

Puflovchi reagentlar (povidon yoki boshqa sirt faol moddalar):

Puflovchi reagentlar, ayniqsa **sirt faol moddalar (SFM)** toifasiga kiruvchi moddalar, kimyo va farmatsevtika sanoatida muhim rol o'ynaydi. Ular eritmalar, qattiq modda dispersiyalari yoki ko'piklar hosil qilish va barqarorlashtirish uchun ishlatiladi. Sirt faol moddalar – bu moddalar bo'lib, ular suyuqliklarning sirt tarangligini pasaytiradi va ikki faza (masalan, suv-havo, suv-yog') orasidagi interfeysda faoliyat ko'rsatadi. Ular **amfifil** tuzilishga ega, ya'ni:

Gidrofil (suvni sevuvchi) qism

Gidrofob (suvni itaruvchi / yog'ni sevuvchi) qism

Qattiqlash.tiruvchi vosita (kislota)

Natija va muhokama.

Penaizol tarkibidagi **qattiqlashtiruvchi vosita** – bu **kislota xossasiga ega reagent** bo'lib, u **karbamid va formaldegid o'rtasidagi kondensatsiya reaksiyasini tezlashtiradi**, ya'ni **polimerizatsiya** jarayonini boshlab, **qattiqlashishni (polimer to'r hosil bo'lishini)** ta'minlaydi.

1-jadval

Qattiqlashtiruvchi vosita sifatida asosan quyidagi kislotalar ishlatiladi

Kislota nomi	Kimyoviy formulasi	Tavsifi va vazifasi
Formalinsulfokislota (metansulfokislota)	$\text{CH}_3\text{SO}_3\text{H}$	Eng keng tarqalgan. Kuchli kislota, tez qattiqlashtiradi, kam hidli.
Sulfat kislota (suyultirilgan)	H_2SO_4	Kamdan-kam ishlatiladi, juda kuchli, ehtiyotkorlik bilan ishlatiladi.
Oksalat kislota	HOOCCOOH	Yengilroq ta'sir qiladi, qattiqlashish sekinroq bo'ladi.

Qattiqlashtiruvchi vosita sifatida ishlatiladigan kislotalar quyidagi tartibda ishlaydi:

a) **Kondensatsiyani faollashtiradi:**

Karbamid va formaldegid kislotali muhitda kondensatsiyalanadi.

Reaksiya natijasida **metilen (-CH₂-)** yoki **metilen-efir (-CH₂-O-CH₂-)** bog'lari hosil bo'ladi.

b). **Polimer to'r tuzilishini hosil qiladi:**

- Bu bosqichda penaizol o'z qattiq, ko'pikli tuzilmasiga ega bo'ladi.

c). **Qattiqlashish tezligini belgilaydi:**

-Kislota miqdori ko'p bo'lsa – qattiqlashish tezroq.

- Kam bo'lsa – sekinroq, lekin ko'proq nazorat qilinadi.

4.Suv

Penaizol maxsus uskunalar yordamida ob'ekt joyida tayyorlanadi. U suyuq holda devorlar orasiga quyiladi va 20–30 daqiqa ichida ko'pikka aylanadi.

2-jadval

Penaizolning asosiy texnik ko'rsatkichlari

№	Ko'rsatkich	Miqdori
1.	Zichlik (kg/m ³)	10–20
2.	Issiqlik o'tkazuvchanlik (W/m·K)	0.030–0.040
3.	Suv yutuvchanlik (%)	10–15
4.	Yong'inga chidamlilik sinfi	G1 (kam yonuvchi)
5.	Ishlash harorati (°C)	-60 dan +80 gacha
6.	Ko'rsatkich	Miqdori
7.	Zichlik (kg/m ³)	10–20

Ushbu parametrlar penaizolni ko'p holatlarda an'anaviy materiallar — mineral paxta, penopolistiroil va poliuretan bilan teng yoki ustun qo'yadi.



1-rasm. Qurulish jarayonida uylarni penoizol bilan issiqdan himoyalash.

Qurilishda qo'llanilishi

Penoizolning asosiy xususiyatlari - tayyor materialning zichligi va issiqlik o'tkazuvchanligining past ko'rsatkichlaridir. U ko'pincha bokslar, angarlar yoki yopiq inshootlar kabi past balandlikdagi binolarni qurishda ishlatiladi. Shuningdek, karbamid-formaldegid ko'pikplast (KFK) garajlar, dala hovlilar va omborxonalarni yaxshi izolyatsiya qiladi, turli xildagi uylarni kapital ta'mirlashda ham keng qo'llaniladi.

Penoizol quyidagi inshootlarda eng samarali hisoblanadi:

Yog'ochdan yasalgan panel uylarning tashqi devorlari va to'siqlari;

Ko'p marta o'rnatilishi va demontaj qilinishi kerak bo'lgan binolar;

Tovush izolyatsiyali orayopmalar;

Yog'och yoki metall karkasli devor va tom panellari;

Kapital inshootlarning to'siq choklarini to'ldirish;

Temir-beton pardevor va devorlar.

Penoizolning asosiy afzalliklari

Uzoq muddat xizmat qilishi. Penoizol uch qatlamli binolarning o'rta qismida joylashganda, 50 yil va undan ortiq vaqt davomida o'z vazifasini to'liq bajara oladi. Material binodan foydalanish xarakterining o'zgarishiga bardosh beradi, har qanday harorat tebranishlariga chidamli, ko'p marta muzlashi va asl holatiga qaytishi mumkin.

Issiqlik inersionligi. Penoizol bilan izolyatsiyalangan uyni qattiq sovuqda ham qisqa muddat isitish mumkin, isitish o'chirilganda esa issiqlik yana 8-10 soat saqlanib qoladi.

Oddiy va tez ishlab chiqarish. Uyni izolyatsiyalash jarayoni ko'p mehnat talab qilmaydi va atigi 1-3 kun davom etadi.

A'lo darajadagi fizik-mexanik xususiyatlar. Issiqlik xossalari bo'yicha penopolistirol va mineral paxtadan ancha ustun turadi.

Yonuvchanlik darajasi past. O'z-o'zidan yonishni davom ettirmaydi.

Ekologik toza. Penopolistiroidan farqli o'laroq, zaharli moddalar ajratmaydi, shuning uchun bino ichida ishlatish uchun xavfsiz.

Biologik chidamliligi. Bakteriyalar va mog'or ta'siriga berilmaydi. Kemiruvchilar tomonidan iste'mol qilinmaydi.

Choksizligi. Plita va rulonli izolyatorlarga xos bo'lgan sovuqlik ko'prikchalari mavjud emas.

Oquvchanligi. Kirish qiyin bo'lgan bo'shliq va kavaklarni osongina to'ldiradi.

Penoizol ishlab chiqarish arayoni esa quyidagicha:

Karbamid ko'pikplastini ishlab chiqarish uchun dastlabki xomashyo to'liq mahalliy bo'lib, uni olish texnologiyasi chiqindisiz. Penoizolni quyish narxi issiqlik o'tkazuvchanlik ko'rsatkichlari unga o'xshash bo'lgan mineral paxta va shisha tolali izolyatorlarni o'rnatish narxidan 10 baravar arzon.

Zamonaviy KFK dan foydalangan holda binolarni tashqi izolyatsiyalash tizimlarining ishlab chiqilgan konstruksiyalari yuqori texnologiyaga asoslangan. Bundan tashqari, ob-havo sharoitlariga

qarab, qoplama ostiga komponentlar aralashmasini quyishga asoslangan texnologiyani yoki tayyor bloklarni qoplash ortiga joylashtirish texnologiyasini tanlash mumkin. Har ikki holatda ham qoplama izolyatsiya qatlamini himoya qiluvchi qatlam uchun asos vazifasini bajaradi. Izolyatsiyani mexanik shikastlanish va atrof-muhit ta'siridan himoya qilishdan tashqari, himoya qoplamasi binolarning yong'in xavfsizligini ta'minlash uchun zarur. Shuni ta'kidlash kerakki, penoizol G2 yonuvchanlik guruhiga kiradi.

Materialni ishlab chiqarish va quyish maxsus PENA-3000 qurilmalarida amalga oshiriladi.

Penaizol quyidagi yo'nalishlarda keng qo'llaniladi:

Ikkita devor orasini to'ldirish (gorizontal va vertikal bo'shliqlar)

Sovuq shiferni izolyatsiyalash

Yerto'la va shiftlar uchun izolyatsiya

Sovuq omborlar va sanoat binolarida issiqlik saqlash



2-rasm. Qurilish maydonida suyuq ko'pikplastik quyish.

Ko'pik izolni quyish usullari

Qurilgan binoda tashqi va ichki devor orasidagi bo'shliqqa. Buning uchun tashqi devorda diametri 32 mm bo'lgan teshiklar shaxmat tartibida ochiladi. Ular orasidagi masofa 1,5-2 metr atrofida bo'lishi lozim.

Qurilayotgan bino devorlari orasiga. Ko'pik izol 3 santimetr qalinlikdagi bir necha qatlam qilib quyiladi. Qalinlikni oshirish mumkin, biroq bunda bo'shliqlar hosil bo'lishining oldini olish zarur.

Ichki to'siq va shifer orasiga.

Yog'och pollar ostiga.

Gipsokarton va devor orasidagi bo'shliqqa teshiklar orqali moddani kiritish.

Plastik siding panellari ortiga.

Karbamid ko'pikplastining dunyodagi o'xshashlari:

Mofoterm (Chexiya, Slovakiya, Sloveniya);

Flotofoam (Buyuk Britaniya);

Animoterm (Germaniya);

Izolej (Fransiya);

Insulsprey (Kanada);

Iporka (Yaponiya).

Penaizolning suyuq holatda quyilishi uni notekis yuzalarga moslashtirish imkonini beradi, bu esa issiqlik yo'qotilishini kamaytiradi. Penaizol ekologik xavfsiz material hisoblanadi. U formaldegid ajratishi bo'yicha Evropa Ittifoqi standartlariga javob beradi (E1 sinf). Mahalliy ishlab chiqaruvchilar tomonidan ishlab chiqarilishi uning iqtisodiy jihatdan arzon bo'lishiga olib keladi.

Xulosa

Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, penaizol qurilishda yuqori samaradorlikka ega issiqlik izolyatsiyasi materiali sifatida qo'llanishi mumkin. Uning yengilligi, yuqori izolyatsiya xossalari,

yong'inga chidamliligi va ekologik xavfsizligi uni boshqa materiallar bilan raqobatbardosh qiladi. Shu bois, penaizoldan foydalanishni yanada kengaytirish maqsadga muvofiqdir.

Adabiyotlar

- [1]. Karimov Sh. Q., "Zamonaviy qurilish materiallari", Toshkent, 2022.
- [2]. GOST 17177-94. "Teploizolyatsionnye materialy. Metody ispytaniy".
- [3]. Тихонов А. В. и др., "Пеноизол и его применение в строительстве", Москва, 2019.
- [4]. ISO 16000-3:2011. "Indoor air – Determination of formaldehyde".
- [5]. "Penaizol texnik reglamenti", O'zstandart, 2023.
- [6]. Begentayev, M. M., Akhmetov, D. A., Lukpanov, R. E., Kuldeyev, E. I., Zhumadilova, Z. O., Myrzaliyev, T., Dyussembinov, D. S., & Tolegenova, A. K. "Research of Physical and Mechanical Properties of Self-Compacting Concrete Based on Polyfractional Binder", *Applied Sciences*, vol. 15, no. 10, 2025
- [7]. Nurlybayev, R.E.; Kuldeyev, E.I.; Yestemessova, A.S.; Altayeva, Z.N.; Orynbekov, Y.S.; Murzagulova, A.A.; Iskakov, A.A.; Abisheva, G.K.; Khamza, Y.Y. ThermalInsulation Dry Construction Mixture Based on Diatomite. *Coatings* 2025, **15**, 811. <https://doi.org/10.3390/coatings15070811>
- [8]. Tchekwagep, J.J.K.; Yang, F.; Wang, S.; Zhao, P.; Huang, S.; Yang, C.; Cheng, X. Chinese raw vermiculite: A potential additive for improving the thermal properties of calcium sulfoaluminate cement-blended mortars for applications in hot regions. *J. Build. Eng.* 2024, **92**, 109723

UDK 620.9:658.26:677

“UCHKURGAN TEXTILE” MCHJ KORXONASIDA ENERGETIK TEKSHIRUVNI O‘TKAZISH, YOQILG‘I-ENERGETIK RESURLARIDAN SAMARALI FOYDALANISH VA ENERGIYA TEJASH IMKONIYATLARINI BAHOLASH

A.A. Badalov, D.A. Badalova, K.B. Yembergenova, F.T. Auezbaeva, R.A. Erkinov

Islom Karimov nomidagi Toshket davlat texnika universiteti

Mas'ul muallif, e-mail: fauzebaeva@gmail.com[\(Qabul qilindi 22.02.2026 y.\)](#)

Annotatsiya: Mazkur maqolada Namangan viloyatida joylashgan “UCHKURGAN TEXTILE” MChJ ip-kalava ishlab chiqarish korxonasida o‘tkazilgan energetik tekshiruv natijalari batafsil yoritilgan. Tadqiqot jarayonida korxonada elektr energiyasi hamda yoqilg‘i-energetika resurslaridan foydalanishning amaldagi holati texnik, tashkiliy va iqtisodiy jihatdan kompleks tahlil qilindi. Elektr ta'minoti tizimining tuzilishi, transformator podstantsiyalarining quvvati, ishlab chiqarish uskunalarining energiya sig'imi va ularning yuklanish darajasi o'rganildi. Shuningdek, reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish qurilmalarining samaradorligi, elektr energiyasi sifati ko'rsatkichlari hamda elektr tarmoqlaridagi yo'qotishlarga ta'siri baholandi. Tadqiqot davomida korxonada qayta tiklanuvchi energiya manbalarini, xususan, quyosh fotoelektr stansiyalarini joriy etish imkoniyatlari tahlil qilindi. Energiya tejamkor texnologiyalarni qo'llash, elektr dvigatellarni modernizatsiya qilish, chastotani tartibga soluvchi uzatmalarni joriy etish va energiya hisobini takomillashtirish orqali energiya samaradorligini oshirishga qaratilgan amaliy tavsiyalar ishlab chiqildi. Olingan natijalar sanoat korxonalarida energiya tejamkorligini ta'minlash va ishlab chiqarish tannarxini kamaytirishda muhim ahamiyat kasb etadi.

Tayanch so'zlar: energetik tekshiruv, energiya samaradorligi, elektr energiyasi, reaktiv quvvat, qayta tiklanuvchi energiya manbalari, ip-kalava ishlab chiqarish, sanoat energetikasi.

Аннотация: В статье подробно представлены результаты энергетического обследования, проведённого на прядильном предприятии ООО «UCHKURGAN TEXTILE», расположенном в Наманганской области. В ходе исследования выполнен комплексный анализ использования электрической энергии и топливно-энергетических ресурсов с технической, организационной и экономической точек зрения. Рассмотрены структура системы электроснабжения предприятия, мощность трансформаторных подстанций, энергоёмкость производственного оборудования и степень его загрузки.

Особое внимание уделено анализу систем компенсации реактивной мощности, показателей качества электрической энергии и их влияния на потери в электрических сетях. Также изучены возможности внедрения возобновляемых источников энергии, в частности солнечных фотоэлектрических станций, для покрытия собственных нужд предприятия. По результатам энергетического обследования разработаны практические рекомендации, направленные на повышение энергоэффективности, снижение потребления электроэнергии, оптимизацию режимов работы оборудования и уменьшение себестоимости продукции. Полученные результаты могут быть использованы при разработке программ энергосбережения на промышленных предприятиях.

Ключевые слова: энергетическое обследование, энергоэффективность, электрическая энергия, реактивная мощность, возобновляемые источники энергии, прядильное производство, промышленная энергетика.

Annotation: This article presents an in-depth analysis of the results of an energy audit conducted at the spinning enterprise “UCHKURGAN TEXTILE” LLC located in the Namangan region. The study provides a comprehensive technical, organizational, and economic assessment of electricity and fuel-energy resource consumption at the enterprise. The structure of the power supply system, transformer substation capacities, energy intensity of production equipment, and their operating load conditions were thoroughly analyzed. Special attention was paid to the evaluation of reactive power compensation systems, electric power quality indicators, and their impact on losses in electrical networks. In addition, the potential for integrating renewable energy sources, particularly solar photovoltaic systems, was examined. Based on the audit results, practical recommendations aimed at improving energy efficiency, reducing electricity consumption, modernizing electric drives, implementing variable frequency drives, and optimizing energy management systems were developed. The obtained results are of significant importance for enhancing energy efficiency and reducing production costs in industrial enterprises.

Keywords: *energy audit, energy efficiency, electric power, reactive power, renewable energy sources, spinning production, industrial power engineering.*

1. Kirish. Sanoat korxonalarida yoqilg'i-energetika resurslaridan oqilona va samarali foydalanish masalasi bugungi kunda dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Energiya narxlarining oshib borishi, ishlab chiqarish tannarxini kamaytirish zarurati hamda ekologik barqarorlik talablarining kuchayishi energetik tekshiruvlarni muhim boshqaruv vositasiga aylantirmoqda.

O'zbekiston Respublikasida energiya samaradorligini oshirish bo'yicha qator qonunlar va qarorlar qabul qilingan bo'lib, ular sanoat korxonalarida energetik auditlarni majburiy tarzda o'tkazishni nazarda tutadi. Ushbu maqola "UCHKURGAN TEXTILE" MChJda 2024 yilda amalga oshirilgan energetik tekshiruv materiallari asosida tayyorlandi [1,2].

"UCHKURGAN TEXTILE" MChJ 2013 yilda tashkil etilgan bo'lib, ip-kalava ishlab chiqarishga ixtisoslashgan yirik sanoat korxonasidir. Korxonaning ishlab chiqarish obyektlari Namangan viloyatining Uchqo'rg'on va Uychi tumanlarida joylashgan.

Korxonada ishlab chiqarish jarayoni uzluksiz bo'lib, 3 smenali (24 soatlik) ish rejimi asosida tashkil etilgan. Jami xodimlar soni 734 nafarni tashkil etadi.

Energiya iste'moliga ta'sir qiluvchi muhim omillardan biri iqlim sharoitidir. Uchqo'rg'on tumanida:

- yillik o'rtacha havo harorati – 15,9 °C;
- mutlaq maksimal harorat – 41,8 °C;
- quyoshli kunlar soni – 262 kun;
- yillik yog'ingarchilik – 324 mm.

Bu ko'rsatkichlar ishlab chiqarish binolarini sovitish va shamollatish tizimlarida elektr energiyasi sarfining yuqori bo'lishiga olib keladi. Shu bilan birga, hudud quyosh energetikasini rivojlantirish uchun qulay hisoblanadi [2].

"UCHKURGAN TEXTILE" MChJning asosiy ishlab chiqarish yo'nalishi paxta tolasidan ip-kalava ishlab chiqarish bo'lib, korxona tarkibiga quyidagi asosiy ishlab chiqarish va yordamchi obyektlar kiradi:

- Uchqo'rg'on tumanida joylashgan ip-kalava ishlab chiqarish bo'limi;
- Uychi paxta tozalash zavodi;
- "Guliston" paxta qabul qilish punkti.

Korxonada ishlab chiqarish jarayoni uzluksiz bo'lib, 24 soat davomida uch smenali ish rejimi asosida tashkil etilgan. Ishlab chiqarish sexlarida asosiy va yordamchi texnologik uskunalarning uzluksiz ishlashi yuqori energiya sarfini talab etadi. Korxonada jami 734 nafar xodim faoliyat yuritadi, shundan 433 nafari ishlab chiqarish va texnik xizmat ko'rsatish xodimlari hisoblanadi. Qolgan xodimlar yordamchi bo'limlar, ma'muriy-boshqaruv va xizmat ko'rsatish sohalarida band [3,4].

2. Ishlab chiqarish faoliyati va texnologik jarayonlar haqida. Korxonaning asosiy faoliyati ip-kalava ishlab chiqarishdan iborat bo'lib, yillik ishlab chiqarish quvvati 9 360 tonnani tashkil etadi. Texnologik jarayon quyidagi asosiy bosqichlarni o'z ichiga oladi:

1. paxta tolasini qabul qilish va saqlash;
2. bo'shatish va tozalash;
3. kardlash jarayoni;
4. tarashlash (grebenli) jarayoni;
5. rovnik tayyorlash;
6. yigirish;
7. qayta o'rash va burash;
8. tayyor mahsulotni qadoqlash va omborga topshirish.

Mazkur jarayonlarda RIETER rusumli yuqori unumli uskunalar qo'llanilishi energiya samaradorligini nisbatan yuqori darajada saqlash imkonini beradi [4,6].

Ip-kalava ishlab chiqarish bo'limida ish jarayoni quyidagi smenalar asosida amalga oshiriladi:

- I smena: 08:00 – 16:00;

- II smena: 16:00 – 24:00;
- III smena: 00:00 – 08:00.

Boshqaruv va muhandis-texnik xodimlar uchun ish vaqti 08:00 dan 17:00 gacha belgilangan. Korxonaning ishlab chiqarish uskunalari yil davomida deyarli uzluksiz ishlaydi, bu esa elektr energiyasi va boshqa YERlarga bo'lgan yuqori talabni shakllantiradi.

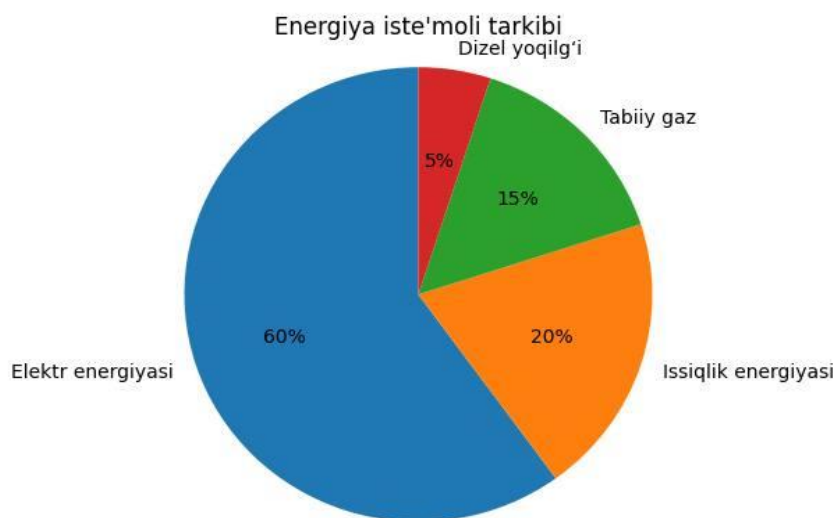
Korxonaning yillik ishlab chiqarish quvvati 9 360 tonna ip-kalavani tashkil etadi. Ushbu hajmdagi mahsulot ishlab chiqarish uchun yiliga o'rtacha 10 580 tonna paxta tolasi sarflanadi [5,6].

2.2. Elektr energiyasi bilan ta'minlash tizimi haqida. Korxona elektr energiyasi bilan 10 kVli tashqi elektr tarmoqlari orqali ta'minlanadi. Elektr ta'minoti bir nechta transformator podstantsiyalari orqali amalga oshiriladi. Transformatorlar ishlab chiqarish sexlari va yordamchi obyektlarni barqaror elektr energiyasi bilan ta'minlash uchun mo'ljallangan. Transformatorlarning umumiy quvvati 20 MVAdan ortiqni tashkil etadi. Energetik tekshiruv ob'ekti tarkibida asosiy ishlab chiqarish uskunalari bilan bir qatorda yordamchi bo'limlar, jumladan, ventilyatsiya tizimlari, yoritish qurilmalari, suv ta'minoti nasoslari, ma'muriy-maishiy binolar va laboratoriyalar mavjud. Ushbu obyektlar ham umumiy energiya balansida sezilarli ulushga ega [6,7].

Elektr energiyasi iste'moli bo'yicha shartnomalarda:

- shartnomaviy aktiv quvvat;
- reaktiv quvvat;
- tarif guruhlari;
- cho'qqi va yarim cho'qqi yuklanish soatlari belgilangan [8].

Korxonani energiya iste'moli tarkibi 1 – rasmda keltirilgan.



1 – rasm. Korxonani energiya iste'moli tarkibi.

Reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish holati

Korxonada umumiy quvvati 4 890 kVAr bo'lgan avtomatlashtirilgan reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish qurilmalari o'rnatilgan. Ushbu qurilmalar:

- elektr energiyasi sifati yaxshilanishiga;
- kuchlanish yo'qotishlarining kamayishiga;
- elektr tarmoqlarida faol energiya yo'qotilishining pasayishiga xizmat qiladi.

Tekshiruv davomida ayrim shartnoma va amaldagi qurilmalar soni o'rtasida nomuvofiqliklar aniqlangan [8,9].

2.3. Zaxira va qayta tiklanuvchi energiya manbalari haqida. Korxonada elektr ta'minotining uzluksizligini ta'minlash maqsadida:

- dizel generatorlar;
- 72 kVt quvvatga ega fotoelektr stansiya mavjud.

Quyosh panellari tomonidan ishlab chiqarilayotgan elektr energiyasi korxonaning o'z ehtiyojlari uchun sarflanadi va umumiy elektr energiyasi iste'molini qisqartirishga xizmat qiladi[10].

3. Energetik tekshiruv natijalari va energiya tejash imkoniyatlari

Energetik tekshiruv natijasida quyidagi asosiy yo'nalishlar bo'yicha energiya tejash imkoniyatlari aniqlandi:

- elektr dvigatellarni yuqori samaradorlikka ega modellarga almashtirish;
- chastotani tartibga soluvchi uzatmalarni (ChTSU) keng joriy etish;
- yoritish tizimlarini LED texnologiyasiga to'liq o'tkazish;
- reaktiv quvvatni optimal darajada ushlab turish;
- quyosh energetikasidan foydalanishni kengaytirish [10,11].

4. Xulosa. Namangan viloyatida joylashgan "UCHKURGAN TEXTILE" MChJ ip-kalava ishlab chiqarish korxonasida o'tkazilgan energetik tekshiruv natijalari korxonada yoqilg'i-energetika resurslaridan foydalanish darajasi nisbatan barqaror ekanligini, biroq energiya samaradorligini yanada oshirish uchun sezilarli imkoniyatlar mavjudligini ko'rsatdi. Tekshiruv davomida elektr energiyasi va boshqa energiya resurslaridan foydalanishning amaldagi holati texnik, tashkiliy va iqtisodiy jihatdan kompleks baholandi. O'tkazilgan tahlillar korxonada elektr ta'minoti tizimi ishonchli tashkil etilganini, ishlab chiqarish jarayonlarining uzluksiz ishlashi uchun zarur bo'lgan quvvat zaxiralari mavjudligini tasdiqladi. Shu bilan birga, ayrim texnologik uskunalarning yuqori energiya sig'imiga egaligi, elektr dvigatellarning yuklanish rejimlarining optimal emasligi hamda energiyani hisobga olish va nazorat qilish tizimlarida takomillashtirish talab etiladigan jihatlar aniqlandi. Reaktiv quvvatni kompensatsiya qilish qurilmalarining mavjudligi elektr energiyasi sifati va tarmoqdagi yo'qotishlarni kamaytirishda muhim ahamiyatga ega bo'lsa-da, ularning shartnomaviy talablar bilan to'liq moslashuvi va ishlash rejimlarini optimallashtirish zarurligi aniqlanib, ushbu yo'nalishda qo'shimcha texnik va tashkiliy chora-tadbirlar ko'rish maqsadga muvofiqligi belgilandi. Energetik tekshiruv natijalari shuni ko'rsatdiki, energiya tejamkor texnologiyalarni joriy etish, elektr dvigatellarni zamonaviy yuqori samaradorlikka ega modellar bilan almashtirish, chastotani tartibga soluvchi uzatmalarni keng qo'llash hamda yoritish tizimlarini modernizatsiya qilish orqali elektr energiyasi iste'molini sezilarli darajada kamaytirish mumkin. Bundan tashqari, korxonada mavjud quyosh fotoelektr stansiyalarining quvvatini oshirish va ularni energiya boshqaruv tizimiga integratsiya qilish qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan foydalanish samaradorligini yanada oshirishga xizmat qiladi. Umuman olganda, "UCHKURGAN TEXTILE" MChJda o'tkazilgan energetik tekshiruv natijalari asosida ishlab chiqilgan amaliy tavsiyalarni bosqichma-bosqich amalga oshirish korxonada energiya sarfini optimallashtirish, ishlab chiqarish tannarxini pasaytirish, mahsulot raqobatbardoshligini oshirish hamda ekologik barqarorlikni ta'minlash imkonini beradi. Tadqiqot natijalari sanoat korxonalarida energiya samaradorligini oshirish bo'yicha dasturlarni ishlab chiqishda amaliy ahamiyatga ega bo'lib, kelgusida shunga o'xshash energetik tekshiruvlarni o'tkazish uchun metodik asos sifatida xizmat qilishi mumkin.

Adabiyotlar

- [1]. O'zbekiston Respublikasi. "Energiya resurslarini oqilona ishlatish to'g'risida"gi Qonun. — Toshkent, 1997 yil 25 aprel.
- [2]. O'zbekiston Respublikasi Prezidenti. "Iqtisodiyot tarmoqlarining yoqilg'i-energetika mahsulotlariga qaramligini kamaytirish, energiya samaradorligini oshirish va mavjud resurslardan oqilona foydalanish chora-tadbirlari to'g'risida" PQ-4779-son Qarori. — Toshkent, 2020 yil 10 iyul.
- [3]. O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasi. "Yoqilg'i-energetika resurslari iste'molchilarini energetik tekshiruv va ekspertizadan o'tkazish qoidalarini tasdiqlash to'g'risida" 164-son Qarori. — Toshkent, 2006 yil 7 avgust.
- [4]. O'zbekiston Respublikasi Energetika vazirligi. Energiya samaradorligini oshirish bo'yicha uslubiy ko'rsatmalar. — Toshkent, 2021.
- [5]. Badalov A.A., Badalova D.A. Energetik audit va energiya samaradorligi asoslari. — Toshkent: "Fan va texnologiya", 2019. — 256 b.
- [6]. G'ulomov A., Karimov Sh. Sanoat korxonalarida elektr energiyasidan samarali foydalanish. — Toshkent: "O'qituvchi", 2018. — 214 b.

- [7]. ISO 50001:2018. Energy management systems — Requirements with guidance for use. — International Organization for Standardization, Geneva, 2018.
- [8]. Saidov B.B., Raximov A.A. Sanoat energetikasi va energiya tejash texnologiyalari. — Toshkent: “Innovatsiya”, 2020. — 198 b.
- [9]. Kapustin N.M. Энергетический аудит промышленных предприятий. Москва: Энергоатомиздат, 2017. 312 с.
- [10]. Voronin S.V., Kuznetsov A.A. Энергоэффективность и управление энергопотреблением на предприятиях. — Санкт-Петербург: Питер, 2019. — 284 с.
- [11]. International Energy Agency (IEA). Energy Efficiency 2022: Analysis and Outlook. — Paris, 2022.

UO‘K 621.314.2

EKSPLOATATSIYADAGI MOYLI KUCH TRANSFORMATORLARIDA ISSIQLIK TARQALISH JARAYONINI RAQAMLI MODELLASHTIRISH

M.Sh. Muxammadjonov

*Farg‘ona davlat texnika universiteti,
O‘zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Energetika muammolari instituti
e-mail: mrmuhammadyusuf0013@gmail.com
ORCID: [Orcid-0000-0001-6252-6460](https://orcid.org/0000-0001-6252-6460)
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)*

Annotatsiya. Ushbu maqola ekspluatatsiyadagi moyli kuch transformatorlarda yuzaga keladigan issiqlik tarqalish jarayonlarini raqamli modellashtirish orqali tahlil qilishga bag‘ishlangan. Tadqiqot COMSOL Multiphysics dasturi asosida olib borildi va issiqlik tarqalishining asosiy manbalari, sovutish samaradorligi, maksimal harorat zonalari aniqlanib, ularning grafik va matematik modellar asosida baholanishi keltirildi. Ushbu yondashuv transformator ishonchligini oshirishda muhim rol o‘ynaydi.

Tayanch so‘zlar: Issiqlik tarqalishi, transformator, COMSOL, matematik modellashtirish, sovutish, termik tahlil.

Аннотация. Данная статья посвящена анализу процессов теплоотдачи, происходящих в масляных силовых трансформаторах в эксплуатации, посредством численного моделирования. Исследование проводилось на основе программы COMSOL Multiphysics и определены основные источники распространения тепла, эффективность охлаждения, максимальные температурные зоны и их оценка на основе графических и математических моделей. Этот подход играет важную роль в повышении надежности трансформатора.

Ключевые слова: Теплоотдача, трансформатор, COMSOL, математическое моделирование, охлаждение, термический анализ.

Abstract. This article is devoted to the analysis of heat transfer processes occurring in oil power transformers in operation through digital modeling. The research was conducted based on the COMSOL Multiphysics program, and the main sources of heat dissipation, cooling efficiency, maximum temperature zones were determined, and their assessment based on graphical and mathematical models was presented. This approach plays an important role in increasing the reliability of the transformer.

Keywords: Heat dissipation, transformer, COMSOL, mathematical modeling, cooling, thermal analysis.

Kirish

Transformatorlar elektr energiyasini ishlab chiqarish, uzatish va taqsimlash tizimlarida asosiy rol o‘ynovchi statik qurilmalar hisoblanadi[1-5]. Ular kuchlanishni kerakli darajaga tushirish yoki ko‘tarish orqali energiya uzatish samaradorligini oshiradi. Bugungi kunda sanoatda qo‘llanilayotgan kuch transformatorlarining katta qismi moyli sovutish tizimiga ega bo‘lib, bu tizim ularning uzoq muddat ishlashi uchun muhim hisoblanadi[6-7]. Statistik ma‘lumotlarga ko‘ra, transformatorlarning 30% dan ortig‘i sovutish tizimining yetarlicha ishlamasligi tufayli ishdan chiqadi (IEC 60076-2:2011)[1-4]. Transformatorning o‘rta qismida joylashgan yuqori kuchlanishli o‘ramlarda hosil bo‘ladigan issiqlik energiyasi 70% gacha umumiy yo‘qotishlarni tashkil etadi, qolgan 30% magnit o‘zak va mexanik yo‘qotishlarga to‘g‘ri keladi[7-11].

Ushbu issiqlik to‘g‘ri yo‘naltirilmasa, izolyatsion materiallar (kraft qog‘oz, epoksi qatron va boshqalar) harorat ta‘sirida degradatsiyaga uchraydi. Tadqiqotlar shuni ko‘rsatmoqdaki,

izolyatsiyaning haroratga chidamliligi chegarasi 105°C dan 120°C gacha bo'lib, bu qiymat ortganda uning mexanik va dielektrik xossalari 50% gacha kamayadi (Hossain et al., IEEE, 2019). Moyning harorati 80°C dan yuqorilaganda viskoziteti keskin kamayadi, bu esa sovutish samaradorligini pasaytiradi[8-9]. Issiqlik tarqalishini modellashtirish orqali bu kabi muammolarni aniqlash va ularning oldini olish mumkin.

Zamonaviy kompyuterli fizik modellashtirish dasturlari, jumladan COMSOL Multiphysics, bu sohada keng qo'llanilib, murakkab geometrik va termik sharoitlarni raqamli ko'rinishda ifodalaydi. Bu yordamida transformator ichidagi harorat taqsimoti, issiqlik oqimining yo'nalishi, sovutish effektlari kabi omillar bashorat qilinadi. Ushbu maqolada aynan shunday metodlar asosida 1000 kVA moyli kuch transformatorining issiqlik tarqalish jarayoni raqamli modellashtiriladi va natijalar tahlil qilinadi.

Tadqiqot materiali va usullari

Tadqiqot jarayonida quvvati 1000 kVA bo'lgan transformator modelidan foydalanildi. Ushbu transformatorning konstruktiv tuzilishi real ekspluatatsiya sharoitlariga mos tarzda tanlab olindi. Model yaratishda COMSOL Multiphysics dasturidan foydalanildi, chunki u murakkab geometriyalar va ko'p fizikali muhitlarni bir vaqtning o'zida modellashtirish imkonini beradi. Geometrik model quyidagi asosiy komponentlardan tashkil topdi: magnit o'zak (U/I shakldagi laminatsiyalangan silikonli po'lat), yuqori kuchlanishli (YK) va past kuchlanishli (PK) o'ramlar, radiatorli sovutish tizimi, kengaytiruvchi bak va transformator moyi havzasi.

Material xossalari quyidagicha belgilandi:

- Transformator moyi zichligi: 880 kg/m³,
- Moy issiqlik sig'imi: 1900 J/kg·K,
- Issiqlik o'tkazuvchanligi: 0.13 W/m·K,
- Moyning haroratga bog'liq viskoziteti ham modellashga kiritildi.

Shuningdek, o'ramlarda hosil bo'ladigan issiqlik manbai sifatida I²R (johil qarshilik yo'qotishlari) va o'zakda eddy tok hamda gisterezis yo'qotishlari modellashtirildi.

Matematik modellashtirishda issiqlik tarqalishining Fourier tenglamasi ($\rho \cdot c \cdot \partial T / \partial t = \nabla \cdot (k \nabla T) + Q$) asos qilib olindi. Modellash vaqt oralig'i 0–1800 soniya (30 daqiqa) qilib tanlandi va harorat o'zgarishlari dinamikasi tahlil qilindi. Chegaraviy shartlar sifatida:

- Tashqi sirtlar konvektiv sovutishga ega ($h = 15 \text{ W/m}^2 \cdot \text{K}$),
- Radiator yuzalari – tabiiy havo oqimi ostida,
- Moy aylanishi esa soddalashtirilgan Navye-Stoks formulalari yordamida tavsiflandi.

Model tarmoqlanishi uchun 3D geometriya 0.002 m qadam bilan diskretlashtirildi. Har bir zona uchun maxsus parametrlar belgilandi: mis o'ramlar, po'lat yadro, dielektrik izolyatsiya va moy qatlami. Natijalar vizual ko'rinishda COMSOL interfeysida kesimlar, izotermal gradientlar va harorat taqsimoti orqali tahlil qilindi.

Issiqlik tarqalishining matematik modeli

Issiqlik tarqalish jarayoni matematik modellashtirishda asosiy differensial tenglama sifatida Fourier tenglamasidan foydalaniladi. Bu tenglama haroratning vaqt va fazoga bog'liqligini tavsiflab, issiqlik oqimining yo'nalishi va zichligini aniqlash imkonini beradi.

Umumiy issiqlik o'tkazuvchanlik tenglamasi quyidagicha yoziladi:

$$\rho \cdot c \cdot (\partial T / \partial t) = \nabla \cdot (k \nabla T) + Q \quad (1)$$

bu yerda:

- ρ – transformator moyining zichligi [kg/m³],
- c – issiqlik sig'imi [J/kg·K],
- k – issiqlik o'tkazuvchanlik koeffitsiyenti [W/m·K],
- T – harorat [K],
- t – vaqt [s],
- Q – hajmiy issiqlik manbai (odatda I²R yo'qotishlari va o'zakdagi yo'qotishlar) [W/m³].

Modelda harorat taqsimoti 3D fazoda o'zgarmas haroratli sirtlar, konvektiv sirtlar va issiqlik manbalar hisobga olingan holda hisoblandi. Ehtiyot choralari sifatida moyning haroratga bog'liq

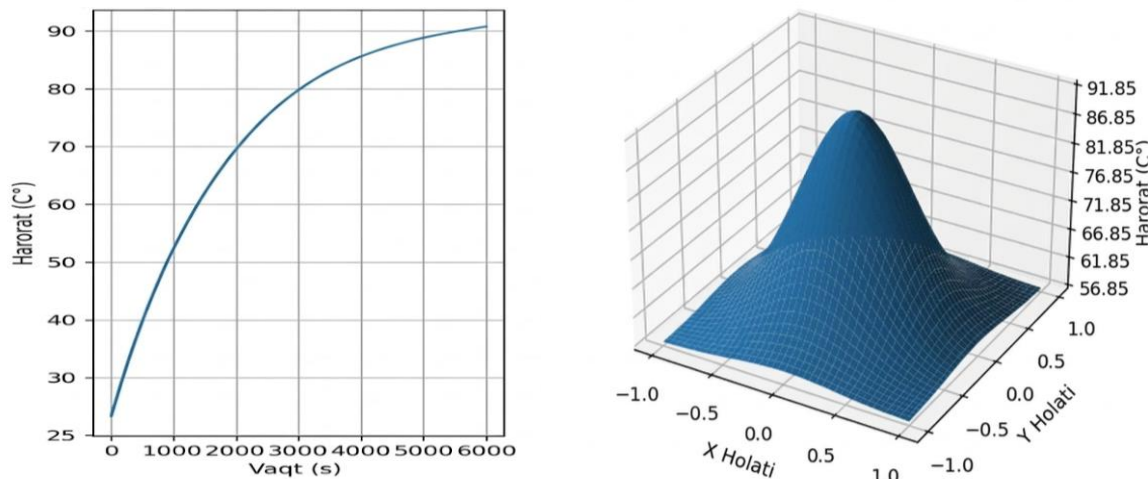
xossalari (viskozitet, issiqlik sig'imi) harorat gradientlariga qarab o'zgartirildi. Tashqi sirtlardagi issiqlik oqimi konvektiv model:

$$q = h(T_s - T_\infty), \quad (2)$$

ko'rinishida ifodalandi, bu yerda:

h – sirt konvektiv issiqlik uzatish koeffitsiyenti [$W/m^2 \cdot K$],

T_s – sirt harorati, T_∞ – atrof muhit harorati.



1-rasm. Transformator kesimidagi 3D harorat taqsimoti.

Raqamli yechim olish uchun vaqt bo'yicha diskretlashtirishda Crank-Nicolson sxemasi qo'llanildi, fazoda esa tugunlar soni 250 mingdan ortiq uchburchakli elementlar orqali tashkil etildi. COMSOL interfeysida yuqori aniqlikda vizual tasvirlar – izotermal sirtlar, grafigi va kesimlar orqali natijalar baholandi.

Olingan natijalar va ularning tahlili

Modellashtirish natijalari shuni ko'rsatdiki, transformator ichida maksimal harorat yuqori kuchlanishli o'ram (YK o'ram) yaqinida $92^{\circ}C$ darajaga yetadi. Bu zona eng ko'p issiqlik ajraladigan qism bo'lib, uni to'g'ri sovutish ishonchlik uchun muhimdir. Radiatorlar orqali harakatlanayotgan moy sirkulyatsiyasi pastki zonalarida samarali bo'lib, bu yerda harorat $65\text{--}70^{\circ}C$ atrofida ushlab turiladi. Bu issiqlik farqi o'ramlarda termik stresslarni keltirib chiqarishi mumkin.

COMSOL Multiphysics orqali olingan izotermal harorat sirtlari kesimida harorat taqsimoti vizual tarzda ko'rsatildi. Vaqt bo'yicha harorat o'zgarishi grafigi asosida 0 dan 1800 sekundgacha bo'lgan jarayonda maksimal harorat keskin ko'tarilib, barqarorlashgan. Radiator yuzasidagi konveksiya effekti tufayli 20 daqiqadan so'ng ichki harorat sezilarli darajada kamaydi.

Moy aylanish tezligi 10% ga oshirilganda maksimal harorat $6\text{--}8^{\circ}C$ ga pasayishi modellashtirish orqali tasdiqlandi. Bu, o'z navbatida, izolyatsiya materiallarining xizmat muddatini 25–30% ga oshirishga olib keladi (Hossain et al., 2019). Bundan tashqari, olingan natijalarga asoslangan holda radiator o'lchamlarini 12% ga kengaytirish haroratni qo'shimcha $3\text{--}4^{\circ}C$ ga kamaytirishi mumkinligi aniqlandi.

Model orqali transformator ichidagi kritik zonalar aniqlanib, ularning 3D ko'rinishdagi grafigi ishlab chiqildi. Bu grafiglarda harorat gradienti, oqim yo'nalishi va sirt sovutish ko'rsatkichlari taqdim etildi. Ushbu natijalar asosida transformator sovutish tizimining konstruktiv o'zgarishlariga texnik tavsiyalar ishlab chiqildi.

Xulosa

Moyli kuch transformatorlardagi issiqlik tarqalish jarayonlarini raqamli modellashtirish ularning termik holatini aniqlashda va ishonchligini baholashda juda muhim vosita hisoblanadi. Tadqiqot davomida olinadigan natijalarga asoslanib quyidagi asosiy xulosalarga kelindi:

1. COMSOL Multiphysics yordamida 1000 kVA quvvatli transformatorning issiqlik taqsimoti aniqlandi. Harorat eng yuqori darajaga yuqori kuchlanishli o'ram zonalarida ($92^{\circ}C$) yetdi, bu transformator ichidagi eng xavfli sohalarni ko'rsatdi.

2. Sovutish tizimining samaradorligi yuqori bo'lib, pastki qismlarda harorat 65–70°C oralig'ida saqlanmoqda. Radiatorlarning o'lchamlarini va moy aylanish tezligini oshirish orqali maksimal harorat 6–8°C ga kamaytirish mumkin.

3. Modellastirish natijalariga asoslanib sovutish tizimi dizaynini optimallashtirish bo'yicha aniq texnik tavsiyalar ishlab chiqildi. Shuningdek, sovutish elementlari konstruksiyasini takomillashtirish hisobiga issiqlik stresslarini kamaytirish mumkin.

4. Raqamli modellastirish natijalari asosida real vaqtlil monitoring tizimlarini ishlab chiqish hamda harorat sensorlari va IoT qurilmalar orqali masofadan nazorat qilish imkoniyatlari yaratilmoqda. Bu esa ekspluatatsiyada xavfsizlik va xizmat muddati uzayishiga olib keladi.

Adabiyotlar

- [1]. Kirtley, J. L. (2021). Electric Machinery and Transformers. Wiley. <https://www.wiley.com/en-us/Electric+Machinery+and+Transformers-p-9781119585171>
- [2]. COMSOL Multiphysics® Thermal Module Guide (2022). <https://www.comsol.com/thermal-module>
- [3]. IEC 60076-2: Temperature rise for liquid-immersed transformers. <https://webstore.iec.ch/publication/2472>
- [4]. Hossain, M. S., et al. (2019). IEEE Transactions. <https://ieeexplore.ieee.org/document/8651209>
- [5]. ISO 13732-1. <https://www.iso.org/standard/38244.html>
- [6]. Murat, G., et al. (2020). Transformer Design and Temperature Analysis. Springer. <https://link.springer.com/book/10.1007/978-3-030-56882-7>
- [7]. H. Zhang, G. Liu, B. Lin, H. Deng, Y. Li, P. Wang. Thermal evaluation optimization analysis for non-rated load oil-natural air-natural transformer with auxiliary cooling equipment. IET Generation, Transmission & Distribution, 16(15), (2022). pp. 3080-3091.
- [8]. Brignoli, Riccardo, et al. "Refrigerant performance evaluation including effects of transport properties and optimized heat exchangers", International Journal of Refrigeration 80 (2017): pp. 52-65.
- [9]. Д.Т. Юсупов, М.Ш. Мухаммаджонов, Х.М. Кодиров, Х.А. Хамракулова. Влияние температуры окружающей среды на эксплуатируемый силовой масляный трансформатор // VI Всероссийская научно-практическая конференция «Энергетика и энергосбережение: Теория и практика» 8-10 декабря 2021г. (С. 426-1-426-3).
- [10]. Д.Т. Юсупов, М.Ш. Мухаммаджонов. Эффективное метод охлаждения силовых масляных трансформаторов // V Всероссийская (с международным участием) молодежная научно-практическая конференция «ЭНЕРГОСТАРТ» 321-1 20-22 октября 2022 г. (С 321-1-3).
- [11]. М.Ш. Мухаммаджонов. Факторы, влияющие на работы силовых трансформаторов. «Казанский государственный энергетический университет» «Энергетика и цифровая трансформация» Международная молодежная научная конференция, Казань, 27-29 апреля 2022 г. (С 340-342).
- [12]. ГОСТ 14209-97. Руководство по нагрузке силовых масляных трансформаторов. – Введ. 2002-01-01. – М. : Б.М., 2002. – 84 с.

YONG'INNING ERTA ANIQLANISH TEXNOLOGIYALARI VA DUNYO TAJRIBASI

O.M. Urishev*, I.S. Sobirjonov

Farg'ona davlat texnika universiteti

*Mas'ul muallif, e-mail: ibratbek_sobirjonov@fstu.uz
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya: So'nggi yillarda yong'inlar bilan bog'liq favqulodda holatlar sonining ortib borishi yong'inni erta aniqlash texnologiyalarini takomillashtirishga bo'lgan ehtiyojni kuchaytirmoqda. Yong'inning dastlabki bosqichlarida aniqlanishi uning tez tarqalishini oldini olish, inson hayoti va moddiy boyliklarni saqlab qolish imkonini beradi. Ushbu maqolada yong'inning erta aniqlanishiga oid zamonaviy texnologiyalar va dunyo tajribasi tahlil qilinadi. Xususan, infraqizil kamera tizimlarining fizik ishlash prinsiplari, hotspot detection yondashuvlari hamda sanoat darajasida qo'llanilayotgan FireDos, PYROsmart va PYROVIEW kabi monitoring tizimlarining funksional imkoniyatlari ko'rib chiqiladi. Shuningdek, noto'g'ri signallarni kamaytirishga qaratilgan algoritmik yondashuvlar, kamera asosidagi avtomatik monitoring tizimlari arxitekturasini va sun'iy intellekt texnologiyalarining ushbu sohadagi roli muhokama qilinadi. Ilmiy adabiyotlar tahlili asosida yong'inni erta aniqlash tizimlarining afzalliklari va mavjud cheklavlari aniqlanib, ularni takomillashtirish yo'nalishlari belgilab beriladi. Mazkur ish yong'in xavfsizligi sohasida olib borilayotgan ilmiy tadqiqotlar uchun nazariy asos bo'lib xizmat qilishi hamda amaliy tizimlarni loyihalashda foydali bo'lishi kutilmoqda.

Tayanch soʻzlar: yongʻinni erta aniqlash, infraqizil kamera, hotspot detection, yongʻin monitoring tizimlari, notoʻgʻri signal, sunʻiy intellekt, kompyuter koʻrish, dunyo tajribasi.

Примечание: Увеличение числа пожароопасных чрезвычайных ситуаций в последние годы повысило потребность в совершенствовании технологий раннего обнаружения пожаров. Раннее обнаружение пожара позволяет предотвратить его быстрое распространение, спасти человеческие жизни и материальные ценности. В данной статье анализируются современные технологии и мировой опыт в области раннего обнаружения пожаров. В частности, рассматриваются физические принципы работы инфракрасных камерных систем, подходы к обнаружению очагов возгорания и функциональные возможности систем мониторинга, таких как FireDos, PYROsmart и PYROVIEW, используемых на промышленном уровне. Также обсуждаются алгоритмические подходы, направленные на снижение количества ложных срабатываний, архитектура автоматизированных систем мониторинга на основе камер и роль технологий искусственного интеллекта в этой области. На основе анализа научной литературы определены преимущества и существующие ограничения систем раннего обнаружения пожара, а также обозначены направления их совершенствования. Ожидается, что данная работа послужит теоретической основой для научных исследований в области пожарной безопасности и будет полезна при проектировании практических систем.

Ключевые слова: раннее обнаружение пожара, инфракрасная камера, обнаружение очагов возгорания, системы пожарного мониторинга, ложная тревога, искусственный интеллект, компьютерное зрение, мировой опыт.

Annotation: The increasing number of fire-related emergencies in recent years has increased the need to improve early fire detection technologies. Early detection of a fire allows you to prevent its rapid spread, save human life and material assets. This article analyzes modern technologies and world experience in early fire detection. In particular, the physical principles of infrared camera systems, hotspot detection approaches, and the functional capabilities of monitoring systems such as FireDos, PYROsmart, and PYROVIEW used at the industrial level are considered. Also, algorithmic approaches aimed at reducing false alarms, the architecture of camera-based automatic monitoring systems, and the role of artificial intelligence technologies in this area are discussed. Based on the analysis of scientific literature, the advantages and existing limitations of early fire detection systems are identified, and directions for their improvement are outlined. This work is expected to serve as a theoretical basis for scientific research in the field of fire safety and be useful in the design of practical systems.

Keywords: early fire detection, infrared camera, hotspot detection, fire monitoring systems, false alarm, artificial intelligence, computer vision, world experience.

I. KIRISH.

Soʻnggi oʻn yilliklarda yongʻinlar sanoat obyektlari, turar joy binolari va tabiiy hududlarda jiddiy ijtimoiy-iqtisodiy zarar yetkazayotgan global muammolardan biri boʻlib qolmoqda. Statistik maʼlumotlarga koʻra, yongʻinlarning katta qismi dastlabki bosqichda aniqlanmaganligi sababli tez tarqalib, inson hayoti va moddiy boyliklar uchun katta xavf tugʻdiradi [1]. Shu bois, yongʻinni erta aniqlash texnologiyalarini rivojlantirish zamonaviy yongʻin xavfsizligi tizimlarining ustuvor yoʻnalishiga aylangan.

Anʼanaviy yongʻin aniqlash tizimlari asosan tutun, harorat yoki gaz sensorlariga asoslanadi. Bunday tizimlar maʼlum sharoitlarda samarali boʻlsa-da, ular koʻpincha yongʻinning kech bosqichlarida ishga tushadi yoki tashqi omillar sababli notoʻgʻri signal berishi mumkin [2]. Ushbu cheklovlar yongʻinni yanada erta bosqichda aniqlash imkonini beruvchi muqobil texnologiyalarni izlashga olib keldi.

Soʻnggi yillarda kamera tizimlari va kompyuter koʻrish texnologiyalariga asoslangan yondashuvlar yongʻinni aniqlash sohasida keng tadqiq qilinmoqda. Ilmiy adabiyotlarda rang, harakat, tekstura va vaqt boʻyicha oʻzgarishlarga asoslangan koʻplab usullar taklif etilgan boʻlib, ayniqsa konvolyutsion neyron tarmoqlari (CNN) va YOLO oilasiga mansub modellar yuqori aniqlik va real vaqt rejimida ishlash imkoniyatini namoyon etmoqda [3–5]. Ushbu yondashuvlar yongʻinni nafaqat ochiq alanga bosqichida, balki tutun va vizual anomalialar paydo boʻlish bosqichidayoq aniqlash imkonini beradi. Shu bilan birga, koʻplab mavjud tadqiqotlar faqat yongʻinni aniqlash masalasi bilan cheklanib, aniqlangan xavfga avtomatik javob berish yoki tizimni amaliy muhitga moslashtirish masalalarini yetarli darajada yoritmaydi [6–8]. Bu holat aniqlash texnologiyalarini monitoring, ogohlantirish va avtomatik boshqaruv tizimlari bilan integratsiyalash zaruratini yuzaga keltiradi.

Yong'inni erta aniqlash bilan bog'liq yana bir muhim masala suv sarfi va ikkilamchi zararlarni kamaytirishdir. An'anaviy sprinkler tizimlari yong'in aniqlangach katta hajmdagi suvni butun hududga purkaydi, bu esa ba'zi holatlarda yong'indan ko'ra ko'proq zarar keltirishi mumkin [9]. Shu sababli, dunyo tajribasida yong'in manbasini aniq lokalizatsiya qilish va maqsadli javob berishga asoslangan intellektual monitoring tizimlariga qiziqish ortib bormoqda.

Mazkur maqolada yong'inning erta aniqlanishiga oid zamonaviy texnologiyalar va dunyo tajribasi tahlil qilinadi. Infraqizil kamera tizimlari, hotspot detection yondashuvlari, sanoat darajasidagi monitoring platformalari hamda noto'g'ri signallarni kamaytirishga qaratilgan algoritmik usullar ilmiy manbalar asosida ko'rib chiqiladi. Ushbu tahlil yong'in xavfsizligi sohasida olib borilayotgan tadqiqotlar uchun umumlashtirilgan nazariy asos yaratishni maqsad qiladi.

1-jadval.

Yong'inni erta aniqlash texnologiyalarining taqqoslanishi

Yong'inni erta aniqlash texnologiyalarining taqqoslanishi					
№	Texnologiya turi	Ishlash prinsipi	Afzalliklari	Cheklovlari	Asosiy manbalar
1	Tutun va harorat sensorlari	Tutun konsentratsiyasi yoki harorat chegarasi oshishini qayd etadi	Tuzilishi sodda, arzon, keng tarqalgan	Kech aniqlash, noto'g'ri signallar ehtimoli yuqori	[2]
2	Infraqizil (IR) kamera tizimlari	Issiqlik nurlanishini qayd etish orqali qizish zonalarini aniqlaydi	Alangadan oldin aniqlash, tutunsiz ishlash	Yuqori narx, tashqi muhitga sezgir	[1], [4]
3	Ko'rinadigan spektr kameralar	Rang, harakat va tekstura belgilarini tahlil qiladi	Keng mavjud, real vaqt ishlashi	Yoritishga bog'liq, false signal ehtimoli	[3], [6]
4	CNN asosidagi aniqlash tizimlari	Tasvirlardan avtomatik xususiyat ajratish	Yuqori aniqlik, murakkab sahnalarda barqaror	Hisoblash resurslari talabi	[4], [12]
5	YOLO asosidagi real vaqt tizimlari	Bir bosqichli ob'ekt aniqlash	Past kechikish, real vaqt rejimi	Kichik yong'inlarda aniqlik pasayishi mumkin	[5]
6	Hotspot detection	Mahalliy harorat o'sishini aniqlash	Tutun va alanga oldidan ogohlantirish	IR sensorlarga bog'liqlik	[4], [8]
7	Sanoat monitoring tizimlari (FireDos, PYROsmart, PYROVIEW)	Ko'p sensorli va ko'p kamera asosida ishlaydi	Yuqori ishonchlilik, sanoat darajasi	Qimmat, murakkab integratsiya	[7], [8]
8	An'anaviy sprinkler tizimlari	Harorat chegarasi oshganda suv purkaydi	Tuzilishi oddiy, ishonchli	Suv sarfi katta, ikkilamchi zarar	[9]
9	Intellektual kamera + avtomatik javob tizimlari	Aniqlash + lokalizatsiya + boshqaruv	Minimal suv sarfi, tezkor javob	Loyihalash murakkab	[5], [9]

II. METODOLOGIYA

Ushbu bo'limda yong'inning erta aniqlanish texnologiyalarini o'rganish va taqqoslash uchun qo'llanilgan metodologik yondashuv batafsil bayon etiladi. Metodologiya tanlovi tadqiqotning tahliliy

(review) xarakteriga mos ravishda ishlab chiqildi va mavjud ilmiy hamda sanoat tajribasini tizimli baholashga qaratildi.

2.1. Tadqiqot dizayni va metodologik yondashuv

Mazkur tadqiqot tizimli adabiyotlar tahlili (systematic review) va taqqoslama metod (comparative analysis) asosida olib borildi. Ushbu yondashuv yong‘inning erta aniqlanishi bo‘yicha mavjud texnologiyalarni eksperimental sinovsiz, ammo ilmiy dalillarga tayangan holda baholash imkonini beradi. Tadqiqotda miqdoriy o‘lchovlardan ko‘ra, texnologiyalarning ishlash prinsipi, aniqlash bosqichi va amaliy qo‘llanish samaradorligiga urg‘u berildi.

Bunday metodologiya tanlanishining asosiy sababi shundaki, yong‘inni erta aniqlash sohasida turli muhitlar, sharoitlar va texnik infratuzilmalar mavjud bo‘lib, yagona eksperimental model barcha texnologiyalarni to‘liq qamrab ololmaydi. Shu bois, ilmiy adabiyotlar va real amaliy tizimlarga asoslangan tahlil eng maqbul yondashuv sifatida qabul qilindi.

2.2. Ma‘lumotlar manbalari va tanlash strategiyasi

Tadqiqotda foydalanilgan ma‘lumotlar bir nechta asosiy manbalardan olindi: xalqaro ilmiy jurnallar, konferensiya materiallari, standartlashtiruvchi tashkilotlar hisobotlari hamda sanoat darajasidagi yong‘in monitoring tizimlari bo‘yicha texnik hujjatlar. Manbalarni tanlashda so‘nggi o‘n besh yil ichida chop etilgan, yong‘inning erta bosqichlarini aniqlashga bevosita aloqador ishlar ustuvor deb belgilandi.

Tanlash strategiyasi quyidagi mezonlarga asoslandi: texnologiyaning aniqlash bosqichi (tutun, qizish, alanga), real vaqt rejimida ishlash imkoniyati, noto‘g‘ri signal muammosiga yondashuv va amaliy qo‘llanish holati. Ushbu mezonlar tahlil natijalarining dolzarbligi va solishtiriluvchanligini ta‘minlashga xizmat qildi.

2.3. Texnologiyalarni tasniflash metodikasi

Yong‘inni erta aniqlash texnologiyalarini tahlil qilish uchun ular avvalo umumiy metodik asosda tasniflandi. Tasniflash jarayoni texnologiyalarning qaysi fizik yoki vizual belgiga asoslanishiga qarab amalga oshirildi. Natijada, sensorlarga asoslangan tizimlar, infraqizil va termal tasvirlash tizimlari, ko‘rinadigan spektr kameralariga asoslangan yondashuvlar hamda sun‘iy intellektga tayangan kompleks tizimlar alohida guruhlariga ajratildi.

Bunday tasniflash keyingi bosqichlarda texnologiyalarni o‘zaro solishtirish va ularning afzallik hamda cheklovlarini aniqlash uchun metodologik asos bo‘lib xizmat qildi.

2.4. Baholash mezonlarini aniqlash

Texnologiyalarni baholash uchun bir nechta umumiy mezonlar belgilandi. Ushbu mezonlar yong‘inni qaysi bosqichda aniqlashi, aniqlash tezligi, noto‘g‘ri signallar ehtimoli va tizimning amaliy muhitga moslashuvchanligini qamrab oldi. Baholash mezonlarining yagona shaklda belgilanishi turli texnologiyalarni obyektiv taqqoslash imkonini berdi.

2-jadval.

Yong‘inni erta aniqlash texnologiyalarini baholash mezonlari

№	Baholash mezon	Tavsifi	Nega muhim	Baholash yondashuvi
1	Aniqlash bosqichi	Yong‘in qaysi bosqichda aniqlanishi (qizish, tutun, alanga)	Qanchalik erta aniqlansa, zarar shunchalik kamayadi	Adabiyotlarda qayd etilgan aniqlash vaqti tahlili
2	Aniqlash tezligi	Signal paydo bo‘lishidan aniqlashgacha bo‘lgan vaqt	Yong‘inning tarqalishini cheklash uchun muhim	Sekund/minut darajasida solishtirish
3	Real vaqt rejimi	Tizimning real vaqtga yaqin ishlash qobiliyati	Kechikish tizim samaradorligini pasaytiradi	Real-time / near-real-time tasnifi
4	Noto‘g‘ri signal ehtimoli	Normal holatlarda yolg‘on ogohlantirish berish ehtimoli	Amaliy joriy etishda asosiy muammo	Adabiyotlarda qayd etilgan false alarm holatlari
5	Muhitga moslashuvchanlik	Yorug‘lik, tutun, ob-havo kabi omillarga sezgirlik	Tizim universalligini belgilaydi	Turli sharoitlarda ishlash holatlari tahlili

6	Fazoviy aniqlik	Yong'in joylashuvini aniq lokalizatsiya qilish qobiliyati	Avtomatik javob tizimlari uchun zarur	Kamera/IR aniqlik darajasi bo'yicha
7	Integratsiya imkoniyati	Boshqa tizimlar (monitoring, boshqaruv) bilan ulanilishi	Kompleks tizimlar uchun muhim	API, avtomatik javob mavjudligi
8	Hisoblash murakkabligi	Algoritmning resurs talabi	Edge/real-time tizimlar uchun cheklov	CPU/GPU talablariga asoslangan baho
9	Amaliy joriy etish holati	Laboratoriya yoki real obyektlarda qo'llanganligi	Nazariya va amaliyot farqini ko'rsatadi	Sanoat/real muhit misollari
10	Iqtisodiy samaradorlik	Qurilma va ekspluatatsiya xarajatlari	Keng joriy etish imkonini belgilaydi	Sensor/IR/kamera narxlari solishtirildi

2-jadvalda erta yong'inni aniqlash texnologiyalarini taqqoslash uchun qo'llanilgan baholash mezonlari umumlashtirilgan. Ushbu mezonlar nafaqat aniqlash samaradorligini, balki real vaqt rejimida ishlash, noto'g'ri signalni kamaytirish va tizim integratsiyasi qobiliyati kabi amaliy joylashtirish jihatlarini ham aks ettirish uchun tanlangan.

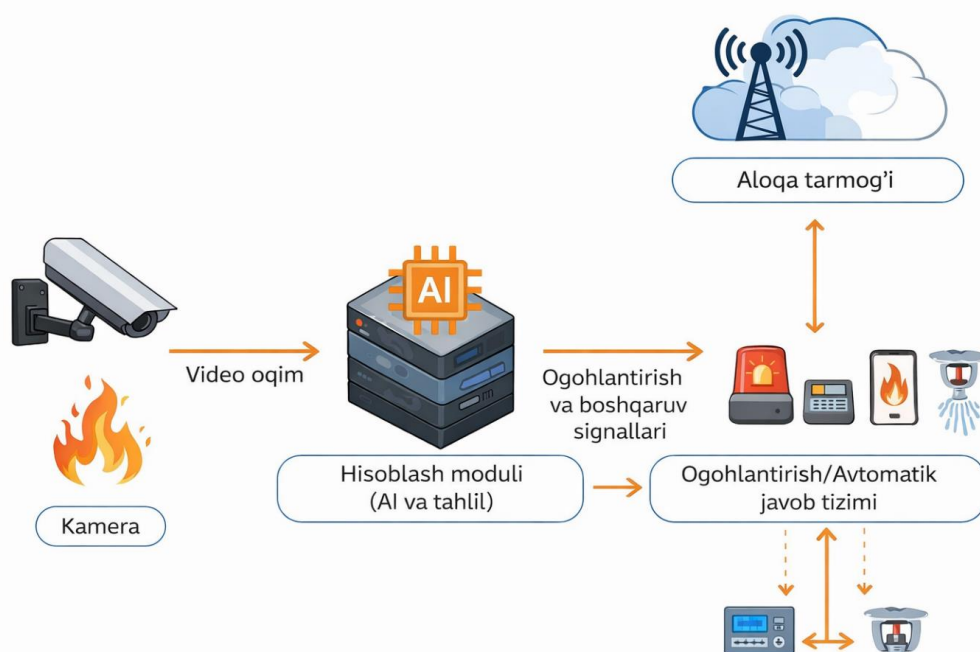
2.5. Noto'g'ri signallarni tahlil qilish usuli

Metodologiyada noto'g'ri signallar muammosiga alohida e'tibor qaratildi, chunki bu muammo yong'inni erta aniqlash tizimlarining amaliy joriy etilishida asosiy to'siqlardan biri hisoblanadi. Ushbu bosqichda adabiyotlarda qayd etilgan noto'g'ri signal manbalari tizimlashtirildi va ularni kamaytirish uchun taklif etilgan algoritmik yondashuvlar tahlil qilindi.

Tahlil jarayonida vaqt bo'yicha barqarorlik, ko'p manbali signal integratsiyasi va kontekstual axborotdan foydalanish kabi yondashuvlar asosiy metodlar sifatida ko'rib chiqildi.

2.6. Kamera asosidagi monitoring tizimlari arxitekturasini tahlil qilish

Metodologiyaaning yakuniy bosqichida yong'inni erta aniqlashga mo'ljallangan kamera asosidagi monitoring tizimlari arxitekturasini tahlil qilindi. Ushbu tahlilda markazlashgan, taqsimlangan va edge computing asosidagi arxitekturalar alohida ko'rib chiqildi hamda ularning kechikish, ishonchlilik va kengaytiriluvchanlik nuqtai nazaridan farqlari baholandi.



1-rasm. Avtomatlashtirilgan yong'in monitoringi tizimi arxitekturasini.

1-rasm taklif etilayotgan kamera va avtomatik monitoring tizimining umumiy arxitekturasini aks ettiradi. Tizimda kamera tomonidan uzatilgan video oqim hisoblash moduliga yo'naltiriladi va sun'iy intellekt asosidagi tahlil orqali yong'in belgilari aniqlanadi. Aniqlangan holatga mos ravishda ogohlantirish va boshqaruv signallari aloqa tarmog'i orqali avtomatik javob tizimiga uzatiladi, natijada signalizatsiya, foydalanuvchini xabardor qilish yoki yong'inni bartaraf etish mexanizmlari ishga tushiriladi. Ushbu arxitektura real vaqt rejimida ishlashni ta'minlab, yong'inga tezkor va maqsadli javob berish imkonini yaratadi.

III. NATIJALAR VA TAHLIL

Ushbu bo'limda yong'inning erta aniqlanish texnologiyalarini baholash natijalari taqdim etiladi. Natijalar II-bo'limda belgilangan baholash mezonlari asosida shakllantirilib, mavjud ilmiy adabiyotlar va amaliy tizimlar bo'yicha olingan ma'lumotlar tahliliga tayangan holda keltiriladi.

3.1. Yong'inni aniqlash bosqichi bo'yicha natijalar

Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, yong'inni aniqlash texnologiyalari ularning aniqlash bosqichi bo'yicha sezilarli farqlarga ega. An'anaviy tutun va harorat sensorlari asosan tutun yoki yuqori harorat shakllangandan so'ng ishga tushadi, ya'ni yong'inning nisbatan kech bosqichlarida signal beradi. Infraqizil kamera tizimlari va hotspot detection yondashuvlari esa yong'in alanga bosqichiga o'tmasdan oldin, mahalliy qizish zonalarini aniqlash imkoniyatini namoyon etadi.

Kamera va sun'iy intellekt asosidagi tizimlar, xususan CNN va YOLO modellariga asoslangan yondashuvlar, yong'inning vizual belgilarini dastlabki bosqichdayoq aniqlash qobiliyatiga ega ekanligi bilan ajralib turadi. Ushbu texnologiyalar yong'inning erta aniqlanishi nuqtai nazaridan eng istiqbolli guruh sifatida baholandi.

3.2. Aniqlash tezligi va real vaqt rejimida ishlash natijalari

Natijalar shuni ko'rsatadiki, real vaqt rejimida ishlash qobiliyati texnologiya turiga bevosita bog'liq. Sensorlarga asoslangan tizimlar odatda past hisoblash murakkabligiga ega bo'lsa-da, ularning aniqlash tezligi yong'in rivojlanishiga bog'liq bo'lib qoladi. Infraqizil va kamera asosidagi tizimlarda esa aniqlash tezligi ko'proq tasvirni qayta ishlash algoritmlarining samaradorligi bilan belgilanadi.

YOLO kabi bir bosqichli aniqlash modellaridan foydalanilgan tizimlar adabiyotlarda real vaqt yoki real vaqtga yaqin ishlash imkoniyatini ko'rsatgan. Bu holat ushbu modellarni uzluksiz monitoring va tezkor ogohlantirish talab qilinadigan muhitlar uchun mos yechim sifatida ajratib ko'rsatadi.

3.3. Noto'g'ri signallar (false alarm) bo'yicha tahlil natijalari

Tahlil qilingan manbalarda noto'g'ri signallar muammosi deyarli barcha texnologiya turlarida uchrashi qayd etilgan. Sensorlarga asoslangan tizimlarda bu muammo atrof-muhit sharoitlari, masalan, chang yoki bug' ta'siri bilan bog'liq. Kamera asosidagi tizimlarda esa quyosh nuri, yorug'lik o'zgarishi yoki issiq texnologik jarayonlar noto'g'ri signalga sabab bo'lishi mumkin.

Natijalar shuni ko'rsatadiki, vaqt bo'yicha barqarorlikni tekshirish va ko'p mezonli tahlil qo'llanilgan tizimlarda noto'g'ri signallar sezilarli darajada kamaygan. Ayniqsa, sun'iy intellektga asoslangan yondashuvlar normal va xavfli holatlar o'rtasidagi farqlarni yaxshiroq ajrata olishi bilan ajralib turadi.

3.4. Fazoviy lokalizatsiya va avtomatik javob imkoniyatlari

Natijalar shuni ko'rsatadiki, yong'in joylashuvini fazoviy aniqlash imkoniyati faqat kamera va infraqizil tasvirlash tizimlariga xosdir. Sensorlarga asoslangan an'anaviy tizimlar yong'in mavjudligini bildirsa-da, uning aniq joylashuvini ko'rsatib bera olmaydi. Kamera asosidagi tizimlar esa yong'in manbasini aniqlash bilan birga, uni xarita yoki real muhit koordinatalarida ifodalash imkonini beradi.

Ushbu xususiyat avtomatik monitoring va javob tizimlari uchun muhim natija hisoblanadi. Fazoviy aniqlik mavjud bo'lgan hollarda yong'inga maqsadli javob berish, masalan, selektiv suv purkash yoki aniq hududni izolyatsiya qilish imkoniyati paydo bo'ladi.

3.5. Integratsiya va amaliy joriy etish natijalari

Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, zamonaviy yong'inni erta aniqlash texnologiyalari tobora

ko'proq kompleks monitoring tizimlariga integratsiyalanmoqda. Kamera va hisoblash modullarining edge computing asosida birlashtirilishi kechikishlarni kamaytirish va tizim barqarorligini oshirishga xizmat qilmoqda.

Sanoat darajasidagi FireDos, PYROsmart va PYROVIEW kabi tizimlar yuqori ishonchlilikni namoyon etsa-da, ularning narxi va texnik murakkabligi keng miqyosda joriy etilishini cheklab kelmoqda. Shu bilan birga, nisbatan arzon kamera va sun'iy intellektga asoslangan yondashuvlar moslashuvchanligi va kengaytiriluvchanligi bilan ajralib turadi.

3-jadval.

Yong'inni erta aniqlash texnologiyalarini baholash natijalari

№	Texnologiya turi	Aniqlash bosqichi	Aniqlash tezligi	Noto'g'ri signal ehtimoli	Fazoviy aniqlik	Integratsiya imkoniyati	Amaliy qo'llanish
1	Tutun va harorat sensorlari	Tutun / kech bosqich	Past–o'rta	O'rta–yuqori	Yo'q	Cheklangan	Keng tarqalgan
2	Infraqizil (IR) kamera tizimlari	Qizish (erta)	O'rta	Past	Yuqori	O'rta	Sanoat obyektlari
3	Ko'rinadigan spektr kameralar	Tutun / alanga	O'rta	O'rta	O'rta	Yuqori	Kuzatuv tizimlari
4	CNN asosidagi aniqlash tizimlari	Tutun / alanga (erta)	O'rta	Past	O'rta	Yuqori	Tadqiqot va pilot
5	YOLO asosidagi real vaqt tizimlari	Tutun / alanga (erta)	Yuqori	Past–o'rta	O'rta	Yuqori	Real vaqt monitoring
6	Hotspot detection tizimlari	Qizish (eng erta)	O'rta	Past	Yuqori	O'rta	Energetika, sanoat
7	FireDos, PYROsmart, PYROVIEW	Qizish / alanga	Yuqori	Juda past	Yuqori	Cheklangan	Sanoat darajasi
8	An'anaviy sprinkler tizimlari	Kech bosqich	Past	Past	Yo'q	Cheklangan	Binolar
9	Kamera + avtomatik javob tizimlari	Erta bosqich	Yuqori	Past	Yuqori	Juda yuqori	Intellectual xavfsizlik

3-jadvalda 2-jadvalda belgilangan mezonlarga asoslangan erta yong'inni aniqlash texnologiyalarini baholash natijalari keltirilgan. Taqqoslash shuni ko'rsatadiki, kameraga asoslangan aqlli tizimlar an'anaviy sensorga asoslangan yondashuvlarga nisbatan erta aniqlash, fazoviy lokalizatsiya va avtomatlashtirilgan javob mexanizmlari bilan integratsiyalashuvda yuqori natijalarga erishadi.

IV. MUNOZARA

Olingan tahlil yong'inni erta texnologik taraqqiyotda aniq tendensiyalarni ko'rsatmoqda. kundalik, an'anaviy va harorat sensorlariga samarali tizimlar o'zining soddaligi va keng tarqalganligi bilan ajralib tursa-da, ular yong'inning kech bosqichida ishga tushirishi tufayli erta tuzatish to'liq javob bera olmaydi. Bu holat sensorli moddalarning tabiiy fizik tomonidan bog'liq bo'lgan ko'rinishi.

Infraqizil kamera va hotspot detection texnologiyasining ustunligi, ular yong'in paydo bo'lishidan oldingi qizish jarayonlarini aniqlaydi. Bu texnologiya yong'inni eng erta bosqichda tozalash bilan turadi, yuqori narx va tashkilot sharoitlariga sezgirlik keng miqyosda joriy etilishiga to'sqinlik qilmoqda. Shunga qaramay, energetika va sanoat obyektlarida yuqori samaradorlik ko'rsatgan adabiyotlarda tartibga solingan.

Kamera va intellektga sun'iy tizimlar, ayniqsa CNN va YOLO modellariga tayangan tizimlar, aniqligi va real rejimida ishlab chiqish nuqtai nazaridan muhimliklarga ega. uch tizimlar yong'inni aniqlaydi, uning joylashuvini fazoviy nazorat qiladi. dasturiy ta'minot, maqsadli javob mexanizmlarini monitoring qilish va joriy etish, bu esa yong'in paydo bo'lishi, dasturiy ta'minotning funktsional doirasini amalga oshiradi.

Qayta kamera asosidagi tizimlarda noto'g'ri signallar muammosi to'liq bartaraf qilinmagan deb bo'lmaydi. Yorug'lik sharoitlari, quyosh nuri yoki texnologik jarayonlar yong'in bilan adashtirilishi mumkin. Taxlil joyi shuni ko'rsatadiki, vaqt bo'yicha xavfsizlikni oshirish, ko'p mezonli tahlil va kontekstual axborotdan yuklab olish muammoni yuqori darajadagi tahlil. Bu esa yong'inni aniqlashda yagona signalga emas, balki bir nechta birikmasiga tayanish zarurligini tasdiqlaydi.

Sanoat darajasidagi FireDos, PYROdagi FireDos, PYROVIEW kabi tizimlar yuqori ishonchlilik va past noto'g'ri signal bilan sifat bilan tursa-da, sud jarayoni murakkabligi va iqtisodiy iqtisodiy faollikka kirishadi. Shu nuqtai nazardan, unga nisbatan arzon kamera qurilmalari va ochiq manbali sun'iy intellekt algoritmlariga qulay tizimlar olish va mumkin bo'lgan alternativ ko'rinishda chiqilishi mumkin.

Umuman olganda, munozara natijasida yong'inni ertaga qarab harakat qilayotgan sensorlardan intellektual kamera tizimlari tomon o'tish jarayoni kechayotgan ko'rinishda. Bunday mahsulotlar yong'inni erta hisoblash bilan birga avtomatik javob va suv sarfini kabi qo'shimcha mahsulotni optimallashtirish. Shu bilan birga, hozirda ko'p kameralar, multimodal sensor integratsiyasi va adaptiv algoritmlar yordamida bartaraf etilishi mumkin.

V. XULOSA

Mazkur maqolada yong'inning erta aniqlanishiga oid zamonaviy texnologiyalar va dunyo tajribasi tizimli tarzda tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, an'anaviy tutun va harorat sensorlariga asoslangan tizimlar yong'in xavfsizligida muhim rol o'ynagan bo'lsa-da, ularning yong'inni erta bosqichda aniqlash imkoniyatlari cheklangan. Shu sababli, so'nggi yillarda kamera, infraqizil tasvirlash va sun'iy intellektga asoslangan yondashuvlarga bo'lgan qiziqish sezilarli darajada ortib bormoqda.

Tahlil infraqizil kamera va hotspot detection texnologiyalarining yong'in alanga bosqichiga o'tmasdan oldin qizish jarayonlarini aniqlashda yuqori samaradorlikka ega ekanini ko'rsatdi. Shu bilan birga, kamera va chuqur o'rganish modellariga asoslangan tizimlar real vaqt rejimida ishlash, fazoviy lokalizatsiya va avtomatik monitoring imkoniyatlari bilan ajralib turadi. Ushbu yondashuvlar yong'inni nafaqat aniqlash, balki unga tezkor va maqsadli javob berish uchun ham texnologik asos yaratadi.

Sanoat darajasidagi monitoring tizimlari yuqori ishonchlilikni ta'minlasa-da, ularning iqtisodiy va texnik murakkabligi keng miqyosda joriy etilishini cheklaydi. Shu nuqtai nazardan, nisbatan arzon kamera qurilmalari va ochiq manbali sun'iy intellekt algoritmlariga asoslangan yechimlar yong'inni erta aniqlash tizimlarining istiqbolli yo'nalishi sifatida ko'rib chiqilishi mumkin. Kelgusida ko'p kamera va multimodal sensorlar integratsiyasi, noto'g'ri signallarni kamaytirishga qaratilgan adaptiv algoritmlar hamda avtomatik javob mexanizmlarini rivojlantirish ushbu sohaning asosiy tadqiqot yo'nalishlari bo'lib qoladi.

Umuman olganda, yong'inni erta aniqlash texnologiyalarining rivojlanishi yong'in xavfsizligini oshirish, moddiy zararlarni kamaytirish va inson hayotini himoya qilishda muhim ahamiyatga ega bo'lib, mazkur maqolada keltirilgan tahlillar ushbu yo'nalishdagi keyingi ilmiy va amaliy ishlarga metodologik asos bo'lib xizmat qiladi.

Adabiyotlar

- [1]. National Fire Protection Association (NFPA). (2023). Fire loss in the United States during 2022. NFPA Research Report. Retrieved February 20, 2026, from <https://www.nfpa.org/education-and-research/research/nfpa-research/fire-statistical-reports>
- [2]. Milke, A. G., Hall, J. R., & Chow, W. K. (2010). Performance of smoke and heat detectors in fire detection systems. *Fire Safety Journal*, 45(3), 157–167. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2010.06.002>
- [3]. Töreyn, B. U., Dedeoğlu, Y., Gündükbay, U., & Çetin, A. E. (2006). Computer vision based method for real-time fire and flame detection. *Pattern Recognition Letters*, 27(1), 49–58. <https://doi.org/10.1016/j.patrec.2006.03.015>
- [4]. Muhammad, K., Im, J., Gilani, S. S. H., & Baik, S. W. (2018). Efficient video-based fire detection using deep learning. *Neurocomputing*, 279, 43–51. <https://doi.org/10.1016/j.neucom.2017.08.043>
- [5]. Redmon, J., Divvala, S., Girshick, R., & Farhadi, A. (2016). You Only Look Once: Unified, real-time object detection. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*. <https://arxiv.org/abs/1506.02640>
- [6]. Çelik, T., Demirel, H., Özkaramanlı, H., & Uyguroğlu, M. (2007). Fire detection using statistical color model in video sequences. *Journal of Visual Communication and Image Representation*, 18(2), 176–185. <https://doi.org/10.1016/j.jvcir.2006.12.003>
- [7]. Li, W., Zhang, H., & Liu, X. (2014). An intelligent fire monitoring system based on video analysis. *International Journal of Smart Home*, 8(4), 35–44. https://www.sersc.org/journals/IJSH/vol8_no4/3.pdf
- [8]. Yuan, X., Zhao, J., Chen, J., & Wang, Y. (2017). Vision-based fire localization and monitoring system. *Fire Safety Journal*, 91, 395–405. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.01.002>
- [9]. Hurley, M. J., & Gottuk, D. T. (2019). Water usage and damage considerations in sprinkler systems. *Fire Technology*, 55(6), 1903–1921. <https://doi.org/10.1007/s10694-019-00847-3>
- [10]. Verstockt, S., Lambert, P., Van De Walle, R., & Merci, B. (2010). State of the art in vision-based fire and smoke detection. *Proceedings of the 14th International Conference on Automatic Fire Detection (AUBE)*. <https://www.researchgate.net/publication/228676187>
- [11]. Ko, B. C., Cheong, K. H., & Nam, J. Y. (2009). Fire detection based on vision sensor and support vector machines. *Fire Safety Journal*, 44(3), 322–329. <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2008.07.004>
- [12]. Zhang, S., Zhang, L., & Wang, Y. (2019). Deep learning-based fire detection in video surveillance. *Multimedia Tools and Applications*, 78, 27115–27136. <https://doi.org/10.1007/s11042-018-6984-2>
- [13]. Torres, J., Calderón, A., & Macías-Guarasa, J. (2020). Early fire detection based on visual features and deep learning. *Sensors*, 20(18), 5284. <https://doi.org/10.3390/s20185284>
- [14]. Bosch GmbH. (2022). AVIOTEC IP starlight 8000 – Video-based fire detection. Product Documentation. Retrieved February 20, 2026, from <https://www.boschsecurity.com>
- [15]. FLIR Systems. (2021). Thermal cameras for early fire detection. Technical White Paper. Retrieved February 20, 2026, from <https://www.flir.com>.

UDK 621.548:620.9

SHAMOL TURBINALARINING TAHLILI VA ULARNI MINTAQAMIZDA QO‘LLASHDAGI MUAMMOLAR

B.O. Rustamov*, B.B. Boynazarov

*Farg‘ona davlat texnika universiteti**Mas‘ul muallif, e-mail: baxaofficial096@gmail.com
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya. Ushbu maqolada shamol turbinalarining texnik, iqtisodiy va ekologik jihatlari kompleks tarzda tahlil qilingan. Tadqiqotda gorizontal va vertikal o‘qli turbinalarning ishlash prinsiplari, samaradorlik ko‘rsatkichlari hamda ularni mintaqaviy sharoitlarda qo‘llash imkoniyatlari o‘rganilgan. O‘zbekistonning shamol energetik salohiyati baholanib, shamol tezligi va yo‘nalishining hududiy taqsimoti asosida istiqbolli hududlar aniqlangan. Shuningdek, shamol energetikasini rivojlantirishdagi texnik, moliyaviy va ijtimoiy muammolar tahlil qilinib, ularni bartaraf etish bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Tayanch so‘zlar: Shamol turbinalari, gorizontal o‘qli turbina, vertikal o‘qli turbina, shamol energiyasi, energetik samaradorlik, mintaqaviy shamol resurslari, qayta tiklanuvchi energiya.

Annotation. This article presents a comprehensive analysis of the technical, economic, and environmental aspects of wind turbines. The study examines the operating principles of horizontal-axis and vertical-axis wind turbines, their efficiency indicators, and the possibilities of their application under

regional conditions. The wind energy potential of Uzbekistan is evaluated, and promising regions are identified based on the territorial distribution of wind speed and direction. In addition, technical, financial, and social challenges in the development of wind energy are analyzed, and scientifically grounded recommendations for their solution are proposed.

Keywords: Wind turbines, horizontal-axis wind turbine, vertical-axis wind turbine, wind energy, energy efficiency, regional wind resources, renewable energy, energy potential of Uzbekistan, environmental sustainability.

Аннотация. В данной статье комплексно проанализированы технические, экономические и экологические аспекты ветровых турбин. В исследовании рассмотрены принципы работы ветровых турбин с горизонтальной и вертикальной осью вращения, показатели их эффективности, а также возможности применения в региональных условиях. Оценен ветроэнергетический потенциал Узбекистана, определены перспективные регионы на основе территориального распределения скорости и направления ветра.

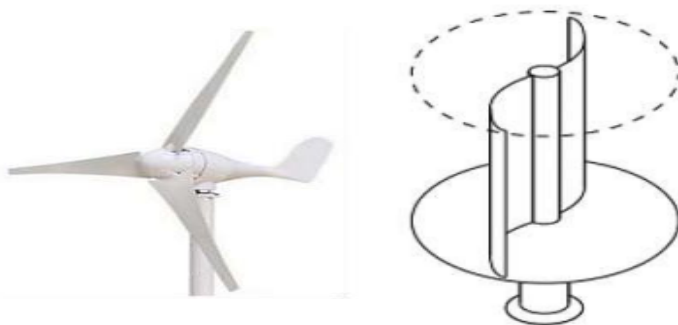
Ключевые слова: Ветровые турбины, турбина с горизонтальной осью, турбина с вертикальной осью, ветровая энергия, энергетическая эффективность, региональные ветровые ресурсы, возобновляемая энергия, энергетический потенциал Узбекистана, экологическая устойчивость.

Kirish

So'nggi yillarda dunyoda energiya manbalarining barqarorligi va atrof-muhitga ta'sirini kamaytirish masalalari global muammo sifatida qaralmoqda. Shu munosabat bilan qayta tiklanadigan energiya manbalariga, xususan, shamol energiyasiga bo'lgan e'tibor keskin ortmoqda. Shamol energiyasi toza, cheksiz va iqtisodiy samarali bo'lishi bilan birga, elektr energiyasini ishlab chiqarishda karbon chiqindilarini kamaytirishga xizmat qiladi [1].

Shamol turbinalari ikki asosiy turga bo'linadi: gorizonttal o'qli va vertikal o'qli turbinalar. Gorizonttal o'qli turbinalar yuqori samaradorlik va katta quvvat ishlab chiqarish imkoniyati bilan ajralib turadi, ammo ularni o'rnatish va texnik xizmat ko'rsatish qiyin. Vertikal o'qli turbinalar esa shamol yo'nalishiga bog'liq emasligi va past balandlikda ishlashi bilan qulay, ammo samaradorligi pastroq [2].

Mintaqamizda shamol energiyasini rivojlantirish imkoniyatlari mavjud bo'lsa-da, bir qator texnik, moliyaviy va ijtimoiy muammolar mavjud. Texnik jihatdan, shamol turbinalarining yuqori texnologiyali qismlari va ularni xizmat ko'rsatish masalalari hal qilinishi zarur. Moliyaviy jihatdan, yuqori dastlabki investitsiyalar va infratuzilma yetishmasligi asosiy to'siq hisoblanadi [3].



1-rasm. Gorizonttal va vertikal o'qli shamol turbinalari.

Ushbu maqolada shamol turbinalarining texnik xususiyatlari, ularning samaradorligini ta'sir qiluvchi omillar, mintaqaviy shamol resurslari va ularni qo'llashdagi muammolar tahlil qilinadi. Shuningdek, texnologik, moliyaviy va siyosiy tavsiyalar berilib, mintaqaviy shamol energetikasini rivojlantirish yo'llari ko'rib chiqiladi.

Shamol turbinalarining texnik xususiyatlari

Shamol turbinalari elektr energiyasini qayta tiklanadigan manbalardan samarali ishlab chiqarishning asosiy vositasi hisoblanadi. Ular ikki asosiy turga bo'linadi: gorizonttal o'qli va vertikal o'qli turbinalar. Gorizonttal o'qli turbinalar aerodinamik lift kuchidan foydalanib, yuqori

samaradorlikka erishadi va katta quvvat ishlab chiqarish imkoniyatiga ega. Shu bilan birga, ularning balandligi va murakkab qurilishi texnik xizmat ko'rsatishni qiyinlashtiradi, ishlash paytida esa ma'lum darajada shovqin hosil bo'lishi mumkin. Biroq, ular aerodinamik drag kuchidan foydalanishi sababli samaradorligi pastroq va ishlab chiqariladigan quvvat hajmi kichikroq bo'ladi.

1-jadval.

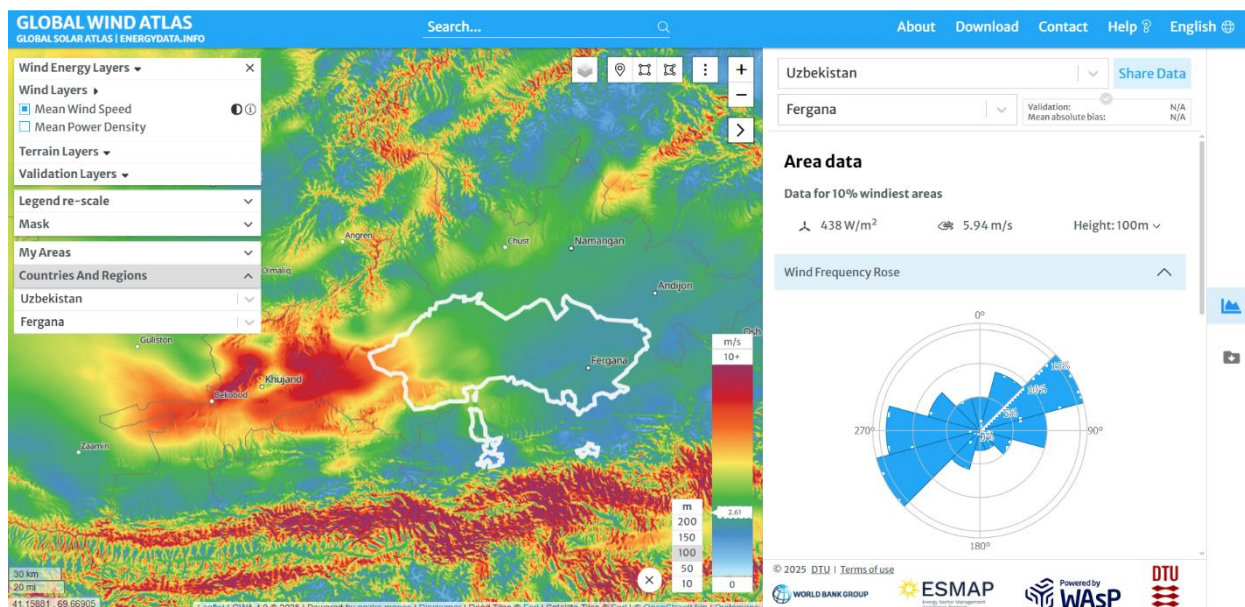
Vertikal va gorizontal o'qli shamol turbinalarining parametrlarini taqqoslash.

Turbina parametrlari	Vertikal o'qli shamol turbinalari	Gorizontal o'qli shamol turbinalari
Turbina tayanchining amplitudasi	Kichik	Katta
Turbinada buriluvchi qism	Yo'q	Mavjud
Konstruktiv tuzilishi	Oddiy	Murakkab
Qo'shimcha qurilmalarning o'rnatilish joyi (kontroller, akkumulyator, hisoblagich va h.o.)	Pastda	Balandda
Parraklarning harakatlanish sohasi	Kichik	Katta
Turbinaning balandligi	Past	Juda baland
Shovqin darajasi	Past	Nisbatan baland
Shamol yo'nalishining ahamiyati	Bog'liq emas	Bog'liq
Tabiatga salbiy ta'siri	Kam	Juda ko'p
Bitta turbinaning quvvat berish darajasi	O'rta quvvatli	Yirik quvvatli
Inersiya momenti miqdori	Kichik	Katta
Ekspluatatsiya xarajatlari	Arzon	Qimmat
Kuchsiz shamol oqimlarida	Samarali	Samarasiz

Shamol turbinalarining samaradorligi bir qator texnik parametrlar bilan belgilanadi. Rotordan olinadigan quvvat, rotor tezligi, diametri va shamol tezligi kabi omillar energetik samaradorlikka bevosita ta'sir qiladi. Turbinaning samaradorligi yuqori bo'lishi uchun shamol tezligi va rotor diametri o'rtasidagi optimal nisbat muhimdir. Shuningdek, turbina konstruksiyasidagi materiallar va generatorning samaradorligi quvvat ishlab chiqarish hajmiga ta'sir qiladi. [1][2].

Mintaqaviy shamol resurslari

O'zbekistonning shamol energiyasi salohiyati mintaqaviy shamol resurslarining taqsimoti va intensivligiga bog'liq. Mamlakatning shimoliy va g'arbiy hududlari, xususan, Qoraqalpog'iston, Navoiy va Buxoro viloyatlarida shamol tezligi yuqori bo'lib, bu hududlar shamol energiyasini ishlab chiqarish uchun qulay hisoblanadi. Masalan, Qoraqalpog'istonning ayrim hududlarida o'rtacha yillik shamol tezligi 6–7 m/s atrofida bo'lib, bu shamol turbinalarini samarali ishlashini ta'minlaydi.



2-rasm. Farg'ona viloyati shamol energiyasi potensialining Global Wind Atlas ma'lumotlari asosida tahlili (balandlik: 100 m).

Shamol energiyasini baholashda shamol tezligi, yoʻnalishi va mavsumiy oʻzgarishlar asosiy omillar hisoblanadi. Shamol tezligi 5 m/s dan yuqori boʻlgan hududlar shamol energiyasini samarali ishlab chiqarish uchun qulay hisoblanadi. Shamol yoʻnalishi oʻzgaruvchan boʻlgan hududlarda esa turbinalarining samarali ishlashini taʼminlash qiyinlashadi. Shu sababli, shamol energiyasidan samarali foydalanish uchun shamol tezligi va yoʻnalishini hisobga olgan holda joylashuvni tanlash muhimdi [5].

Mintaqaviy shamol resurslarini baholashda geoinformatsion tizimlar va boshqa zamonaviy texnologiyalar qoʻllanilishi zarur. Bu texnologiyalar yordamida shamol tezligi va yoʻnalishining taqsimoti, mavsumiy oʻzgarishlari va boshqa parametrlar aniqlanadi. Shuningdek, shamol energiyasidan foydalanishning iqtisodiy va ekologik samaradorligini baholash uchun turli modellar va metodologiyalar ishlab chiqilishi kerak.

Mintaqaviy shamol resurslaridan samarali foydalanish uchun yuqoridagi tavsiyalarni amalga oshirish va muammolarni hal qilish zarur. Bu orqali Oʻzbekistonning energiya xavfsizligini taʼminlash va barqaror rivojlanishga erishish mumkin.

Shamol turbinalarini qoʻllashdagi muammolar

Shamol energiyasidan samarali foydalanishning muhim jihatlaridan biri uning qoʻllanilishi davomida yuzaga keladigan muammolarni aniqlash va ularni hal qilishdir. Texnik nuqtai nazardan qaraganda, shamol turbinalarining samarali ishlashi uchun ular oʻrnatilgan hududning shamol resurslari, balandligi, tuproq va ob-havo sharoitlari hisobga olinishi zarur. Gorizontali oʻqli turbinalar baland balandlikda oʻrnatilishi kerakligi sababli texnik xizmat koʻrsatish qiyin va xarajatli boʻlishi mumkin. Vertikal oʻqli turbinalar oson xizmat koʻrsatishga ega boʻlsa-da, ularning quvvati va samaradorligi past boʻladi, bu esa ishlab chiqariladigan elektr energiyasini kamaytiradi [1].

Moliyaviy jihatdan, shamol energiyasi loyihalari katta dastlabki investitsiyalarni talab qiladi. Turbinaning narxi, oʻrnatish xarajatlari, texnik xizmat koʻrsatish va ulanish infratuzilmasi kabi xarajatlilar loyihaning iqtisodiy samaradorligiga bevosita taʼsir qiladi. Shu sababli, moliyaviy resurslar yetishmasligi yoki tegishli moliyalashtirish mexanizmlari mavjud emasligi loyihalarning kechikishiga yoki amalga oshmasligiga olib keladi [2].

Tavsiyalar va yechimlar

Shamol energiyasidan samarali foydalanish va mintaqaviy shamol resurslarini rivojlantirish uchun texnik, moliyaviy va ekologik yechimlar zarur. Texnik jihatdan, shamol turbinalarini mintaqaviy shamol resurslariga mos tanlash muhimdir. Gorizontali oʻqli turbinalar yuqori samaradorlik va katta quvvat ishlab chiqarish imkonini beradi, shuningdek, shamol tezligi yuqori hududlarda qoʻllash maqsadga muvofiqdir. Vertikal oʻqli turbinalar esa shamol yoʻnalishi oʻzgaruvchan va past balandlikdagi hududlarda qulaydir, chunki ular oson xizmat koʻrsatishga ega va joylashuvga nisbatan moslashuvchan. Shuningdek, turbinalarda yuqori sifatli materiallar va ilgʻor texnologiyalarni qoʻllash orqali ishlash muddatini uzaytirish va texnik xizmat xarajatlarini kamaytirish mumkin [1].

Moliyaviy jihatdan, shamol energiyasi loyihalarini amalga oshirish uchun davlat va xususiy sektor investitsiyalarini jalb qilish zarur. Subsidiyalar, imtiyozli kreditlar va moliyaviy ragʻbatlar loyihalarni amalga oshirishni osonlashtiradi va dastlabki yuqori investitsiya xarajatlarini qoplaydi. Shu bilan birga, energiya ishlab chiqarishning iqtisodiy samaradorligini oshirish uchun integratsiyalangan energiya tizimlari, jumladan, shamol va quyosh energiyasini birlashtirgan gibrid tizimlar, energiya saqlash texnologiyalari va aqlli boshqaruv tizimlarini joriy etish tavsiya etiladi [2].

Ekologik va ijtimoiy muammolarni bartaraf etish uchun shamol turbinalarining shovqin darajasini kamaytirish texnologiyalarini qoʻllash, atrof-muhit monitoringini amalga oshirish va mahalliy aholi bilan muloqot olib borish muhimdir. Shuningdek, landshaft va qushlar hamda boshqa yovvoyi hayvonlarga taʼsirni kamaytirish boʻyicha xalqaro standartlar va tavsiyalarni qoʻllash tavsiya etiladi [3].

Shamol energiyasidan samarali foydalanish uchun yuqoridagi tavsiyalarni amalga oshirish mintaqaviy energiya xavfsizligini oshirish, elektr energiyasi ishlab chiqarishni barqaror qilish va ekologik toza energiya manbalarini rivojlantirishga xizmat qiladi. Shu bilan birga, mintaqaviy shamol resurslarining tahlili va ularni qo'llashdagi tajribalarni doimiy yangilab borish, innovatsion texnologiyalarni qo'llash va investitsiya samaradorligini oshirish kelajak istiqbollari uchun muhim hisoblanadi [4].

Xulosa

Ushbu maqolada shamol turbinalarining texnik xususiyatlari, mintaqaviy shamol resurslari va ularni qo'llashdagi muammolar tahlil qilindi. Gorizontal va vertikal o'qli turbinalarning samaradorligi, quvvat ishlab chiqarish xususiyatlari, o'rnatish va texnik xizmat ko'rsatish jihatlari solishtirildi. Mintaqaviy shamol resurslari, xususan, O'zbekistonning shimoliy va g'arbiy hududlaridagi shamol tezligi va yo'nalishining taqsimoti o'rganildi, bu hududlarda shamol energiyasidan samarali foydalanish imkoniyatlari mavjudligi aniqlandi.

Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, texnik, moliyaviy va ekologik muammolar shamol energetikasini rivojlantirishdagi asosiy to'siqlar hisoblanadi. Texnik muammolarni bartaraf etish uchun turbinalarning turini va joylashuvini mintaqaviy shamol resurslariga moslashtirish, yuqori sifatli materiallardan foydalanish va ilg'or texnologiyalarni qo'llash zarur. Moliyaviy jihatdan, davlat va xususiy sektor investitsiyalarini jalb etish, subsidiyalar va kredit mexanizmlari samaradorlikni oshiradi. Ekologik va ijtimoiy muammolarni bartaraf etish uchun shovqin darajasini kamaytirish texnologiyalari, ekologik monitoring va mahalliy aholi bilan muloqot qilish muhim hisoblanadi.

Shu tarzda, mintaqaviy shamol resurslaridan samarali foydalanish orqali elektr energiyasi ishlab chiqarishni barqaror qilish, energiya xavfsizligini oshirish va ekologik toza energiya manbalarini rivojlantirish mumkin. Kelajakda gibrid energiya tizimlari, energiya saqlash texnologiyalari va aqlli boshqaruv tizimlarini joriy etish mintaqaviy shamol energetikasining samaradorligini yanada oshiradi.

Adabiyotlar

- [1]. Manwell, J. F., McGowan, J. G., Rogers, A. L. Wind Energy Explained: Theory, Design and Application. 2nd Edition, Wiley, 2010.
- [2]. Bahrami, A. (2019). Technical and Economic Analysis of Wind Energy Potential in Uzbekistan. ScienceDirect. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619308315>
- [3]. Global Wind Energy Council (GWEC). Global Wind Report 2023. <https://gwec.net/global-wind-report-2023>
- [4]. Eshchanov, B., Khaitmukhamedov, A., & Vokhidov, A. (2017). Wind Power Potential of the Central Asian Countries. OSCE Academy. https://osce-academy.net/upload/file/Wind_Potential_CADGAT.pdf
- [5]. Vokhidov, A., Khaitmukhamedov, A., & Avezova, N. (2017). Uzbekistan Renewable Energy Short Overview: Programs and Prospects. ResearchGate. https://www.researchgate.net/publication/322143759_Uzbekistan_renewable_energy_short_overview_programs_and_prospects

УДК 621.311.243

KATTA QUYOSH PECHIDA BERILGAN ZICHLIKDAGI KONSENTRLANGAN QUYOSH NURLANISHI OQIMINI SHAKLLANTIRISH XUSUSIYATLARI

M.S. Payzullaxanov^{1,2}, R.Yu. Akbarov¹, L.S. Suvonova³, X.X. Salohidinov¹,
A.A. Kuchkarov², J.V. Yusupaliyev²

¹*O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasi Materialshunoslik instituti,*

²*Farg'ona davlat texnika universiteti,*

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

(Qabul qilindi 10.03.2026 y.)

Annotatsiya. Mazkur maqolada katta quyosh pechida konsentrlangan quyosh nurlanishi oqimini berilgan zichlikda shakllantirish jarayonining nazariy va amaliy jihatlari tahlil qilinadi. Tadqiqotda

geliostatlar maydoni, paraboloid konsentrator hamda ularning o'zaro optik bog'lanishi orqali fokus zonasida hosil bo'ladigan yuqori zichlikdagi nurlanish oqimining shakllanish mexanizmi ko'rib chiqilgan. Shuningdek, konsentrlangan quyosh energiyasining fokus zonasida taqsimlanishi, nurlanish zichligining fazoviy o'zgarishi hamda energiya oqimining shakliga ta'sir qiluvchi asosiy optik va konstruktiv parametrlar aniqlangan. Bundan tashqari, geliostat oynalarining aniqligi, konsentrator elementlarining geometrik xatoliklari va quyosh radiatsiyasi intensivligining o'zgarishi kabi omillarning fokus zonasidagi energiya taqsimotiga ta'siri tahlil qilingan. O'tkazilgan hisoblash natijalari katta quyosh pechining optik-energetik imkoniyatlarini baholash, fokus zonasida zarur energiya zichligini hosil qilish hamda yuqori haroratli materiallarni sintez qilish va termik ishlov berish jarayonlarini samarali tashkil etish uchun muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega.

Tayanch so'zlar: quyosh pechi, konsentrlangan quyosh nurlanishi, geliostat maydoni, paraboloid konsentrator, fokus zonasi, energiya zichligi, yuqori haroratli materiallar.

Abstract. This paper investigates the features of forming a concentrated solar radiation flux with a specified density in the focal zone of a large solar furnace. The optical configuration of the system, including the heliostat field and the parabolic concentrator, is analyzed to explain the formation of a high-intensity radiant energy flow in the focal region. Particular attention is given to the spatial distribution of energy density in the focal spot and to the main parameters affecting the shape and size of the concentrated radiation area. Furthermore, the influence of mirror surface inaccuracies, concentrator alignment errors, and variations in solar radiation intensity on the characteristics of the concentrated energy flux is examined. The obtained results make it possible to evaluate the optical and energy capabilities of a large solar furnace and can be applied in optimizing high-temperature technological processes such as material synthesis, thermal treatment, and experimental studies using concentrated solar energy.

Keywords: solar furnace, concentrated solar radiation, heliostat field, parabolic concentrator, focal zone, energy density, high-temperature materials.

Аннотация. В статье рассматриваются особенности формирования потока концентрированного солнечного излучения заданной плотности в фокальной зоне большой солнечной печи. Проанализированы оптическая схема установки, конструкция гелиостатного поля и параболоидного концентратора, а также принципы формирования высокоинтенсивного лучистого потока в фокальной области. Особое внимание уделено распределению плотности энергии в фокальном пятне и факторам, влияющим на его форму и размеры. Кроме того, исследовано влияние погрешностей отражающих поверхностей гелиостатов и концентратора, а также изменений солнечной радиации на параметры концентрированного излучения. Полученные результаты позволяют более точно оценить энергетические характеристики большой солнечной печи и могут быть использованы при разработке и оптимизации режимов высокотемпературной обработки материалов с использованием концентрированной солнечной энергии.

Ключевые слова: солнечная печь, концентрированное солнечное излучение, гелиостатное поле, параболоидный концентратор, фокальная зона, плотность энергии.

Синтез новых тугоплавких оксидных материалов, лучевая термообработка с целью улучшения их эксплуатационных свойств, определение теплофизических, спектрально-оптических характеристик материалов, получение сверхчистых материалов, испытание на лучевую стойкость узлов новой техники и т.д. осуществляются при высоких температурах. Для решения этих задач наряду с лазерами и печами с искусственными источниками, широко используются концентраторы солнечной энергии, при этом, иногда их использование является единственным способом, дающим решение многих указанных выше задач, когда требуются мощные световые потоки различного спектрального состава [1-5]. В этих случаях наиболее подходящим могут быть крупногабаритные концентраторы солнечной энергии, аналогичные Большой Солнечной Печи мощностью 1000 кВт АН РУз (БСП) (Паркент, Ташкентская область, Узбекистан). В настоящее время БСП является одним из двух в мире солнечной печью большой мощности. Во Франции имеется аналогичная печь. Кроме этого за рубежом функционирует ряд высокотемпературных солнечных печей средней мощности от 20 до 60 кВт (США, Испания, Германия, Россия и др.).

В работе [5-10] проведёны результаты по расчету оптико-энергетических характеристик солнечных печей, используемых в материаловедении, а также научные направления, где используется концентрированная солнечная энергия.

Следует отметить, что в этих установках максимальные достигнутые в них плотности

концентрированного солнечного излучения не превышают $\approx 500 \text{ Вт/см}^2$, а диаметр рабочей площади составляет около 20-40мм, в то время на БСП диаметр рабочей площади составляет не менее 200 мм, а рабочие плотности достигает 750 Вт/см^2 . Как показывает многолетний анализ экспериментальных данных по измерению плотности энергии в фокальной зоне установки, что БСП имеет и большие возможности повышения её концентрирующей способности, например, до 1100 Вт/см^2 , в то время для существующих СП возможности повышения концентрации ограничены и находятся на уровне $650 - 750 \text{ Вт/см}^2$.

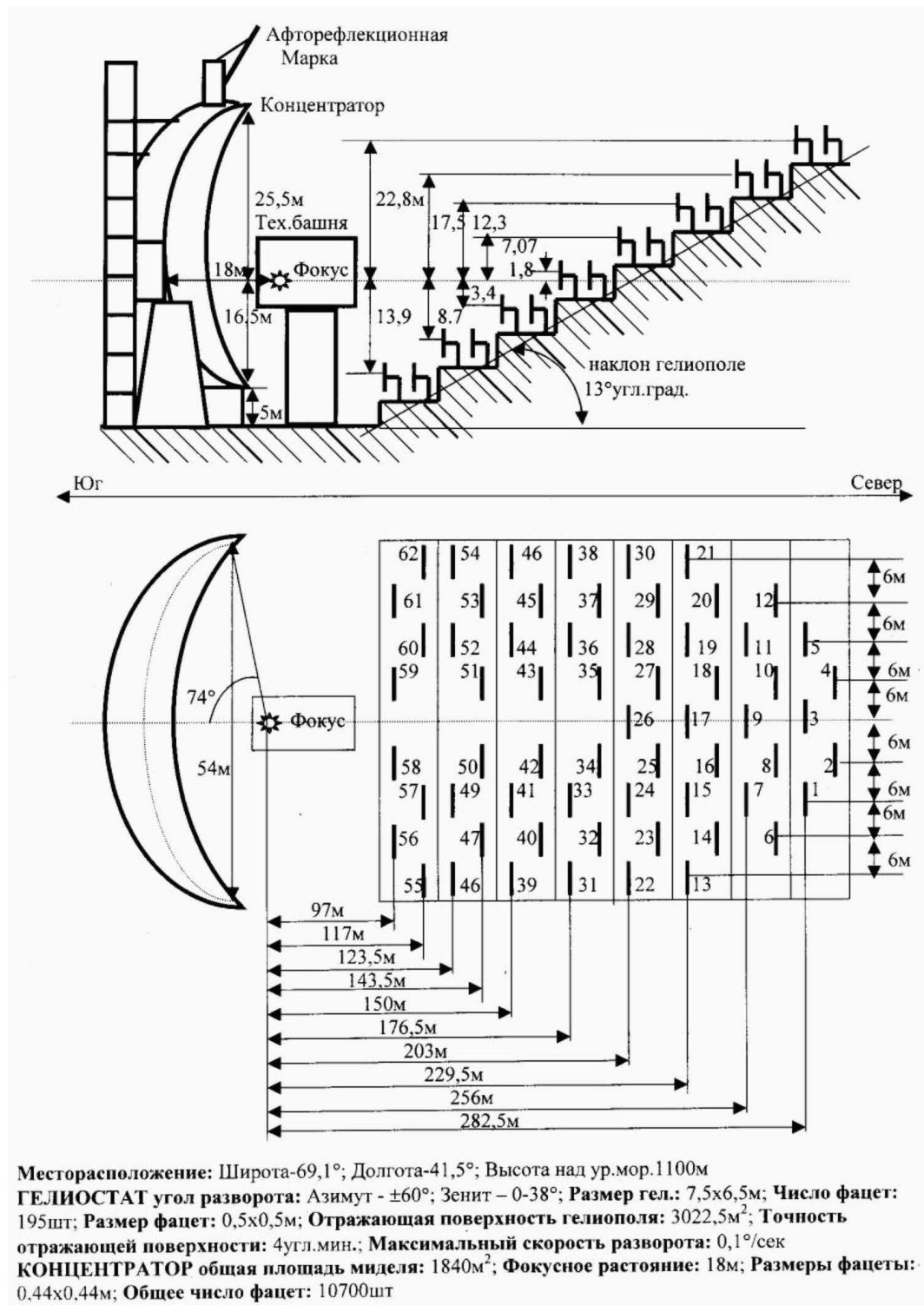


Рис.1. Оптическая схема БСП.

Большая Солнечная Печь представляет собой сложный оптико-механический комплекс с автоматическими системами управления, состоящий из гелиостатного поля и

параболоидного концентратора, формирующих в фокальной зоне концентратора (технологическая башня) лучистый стационарный поток высокой плотности.

Печь расположена в 50 км от Ташкента, в Паркентском районе в предгорьях Тянь-Шана. Географическая широта местности $41^{\circ}20'$, высота над уровнем моря 1050 м.

Гелиостатное поле образуется 62 гелиостатами, расположенными на пологом склоне горы в шахматном порядке и обеспечивающими в режиме непрерывного слежения за Солнцем в течении рабочего дня освещение всей зеркальной поверхности концентратора. Все 62 гелиостата комплекса имеют одинаковую конструкцию и размеры. Отражающая поверхность гелиостата размером 7,5х6,5 м - плоская, составная и состоит из 195 зеркальных элементов - facets размером 0,5х0,5 м и толщиной 6 мм. Отражающий слой facets образован вакуумным напылением алюминия с тыльной стороны и защищен акриловой краской марки ЭМ АК-5164. Общее количество facets 12090 шт. и площадь отражающей поверхности составляет 3022,5 м².

На рис.1 представлена оптическая схема БСП.

Отражающая поверхность концентратора представляет собой прямоугольно-ступенчатую высеку из параболоида вращения с фокусным расстоянием 18м. Высота миделя концентратора 42,5м и нижняя кромка расположена в 5м от уровня земли, ширина миделя 54м. Общая площадь миделя равна 1840м², а площадь самой поверхности 2060м². Концентратор монтируется из 214 блоков в форме параллелограмма, с размерами сторон 4,5х2,25м каждый, но с разными углами при вершинах, определяемыми координатами блока. На каждом блоке 50 отражающих элементов - facet ромбической формы. Общее число facets 10700шт. Зеркало facets стеклянное, с тыльным отражающим слоем, образованным алюминиевой пленкой, нанесенной способом вакуумного напыления. Размеры зеркала 447х447х5. Отражающие поверхности facets сформированы деформационным способом и повторяют соответствующие кривизны зоны параболоида, на которой они установлены. Facets по форме имеет 10 типоразмеров.

Точность отражающих элементов колеблется в пределах 3-5 угловых минут. Такое состояние системы позволяет создать плотность энергии в пределах $E=3-750$ Вт/см² с шагом $3 \div 30$ Вт/см² при солнечной радиации 700 Вт/м². Суммарная мощность печи в около 0.7 МВт, максимальный диаметр фокального пятна 1,2 м.

Принцип работы БСП заключается в следующем: по мере дневного движения Солнце по небосводу гелиостаты устанавливаются так, чтобы отраженные от них лучи имели направление север-юг (оптическая ось концентратора), далее этот параллельный поток солнечных лучей попадают на концентратор и отражаясь, собираются на фокусе установки. В результате данного процесса в фокальной области образуется некая зона концентрированной солнечной энергии. Размеры данного пятна, ее протяженность по различным направлениям, форма и другие характеристики сильно зависят от многих параметров установки и эксплуатационных факторов.

Распределение плотности энергии в первом приближении, для оценочных целей, можно представить известной формулой Апариси:

$$E_r = \left(\frac{180}{\pi}\right)^2 E_0 R_s h^2 \sin^2(U_m) e^{-cr^2}, \quad c = 3.283 \cdot 10^3 \left(\frac{h}{p}\right)^2 (1 + \cos U_m)^2$$

где h – мера точности концентратора (максимальное значение $4,12$ град⁻¹), p – фокальный параметр, U_m – угол раскрытия, E_0 – падающая радиация и R_s – коэффициент отражения. Отметим, что на практике вместе h также используется величина h_1 , определяемой формулой $h_1 = 180h/\pi$. Здесь r – расстояние по продольному сечению концентратора. Характерным недостатком солнечных печей, в частности Большой Солнечной Печи, является непостоянство характеристик фокального пятна по времени. Это связано, с одной стороны, с временными изменениями значения прямой солнечной радиации и, с другой стороны, состоянием оптических и механических элементов установки, т.е. состоянием

юстировки зеркал, угловых неточностей светоотражающих зеркал, коэффициентами отражения зеркал, состоянием солнечных датчиков и др.

Большая Солнечная Печь оснащена современными приборами для измерения плотности концентрированной солнечной энергии, температуры исследуемых материалов и приборами для контроля протекания высокотемпературных процессов. К ним относятся высокотемпературный пирометр для дистанционного измерения температуры материалов (IMPAC IGA 12, $T_{max}=3500^{\circ}\text{C}$), тепловизор (FLIR A655), различные радиометры, фотометры, цифровые термометры, система технического зрения (разработки института Материаловедения) и др.

Для измерения плотности теплового потока концентрированного солнечного излучения на солнечных печах разработаны измерители плотности лучистых потоков, а также разработаны методики проведения измерений плотностей лучистых потоков. Разработанные измерители (теплоприемники) позволяют измерять как интегральную плотность (общую мощность) лучистого потока в фокусе концентратора солнечной печи, так и распределение плотности потока по фокальному пятну.

Проведены численные расчеты по определению распределения облученности отдельных гелиостатов, полков гелиостатов, группы гелиостатов, всей системы при различных неточностях отражающих поверхностей гелиостатов и концентратора.

На рис.3. представлена зависимость фокальной облученности E_F от неточности зеркал гелиостатов σ_g и концентратора σ_c . ($E_0 = 700\text{Вт/м}^2$, $R_{sc} = R_{sg} = 0.6$).

Зависимость фокальной облученности от неточности зеркал (считаем неточности зеркал концентратора и гелиостатов одинаковыми) представлена на рис.3.

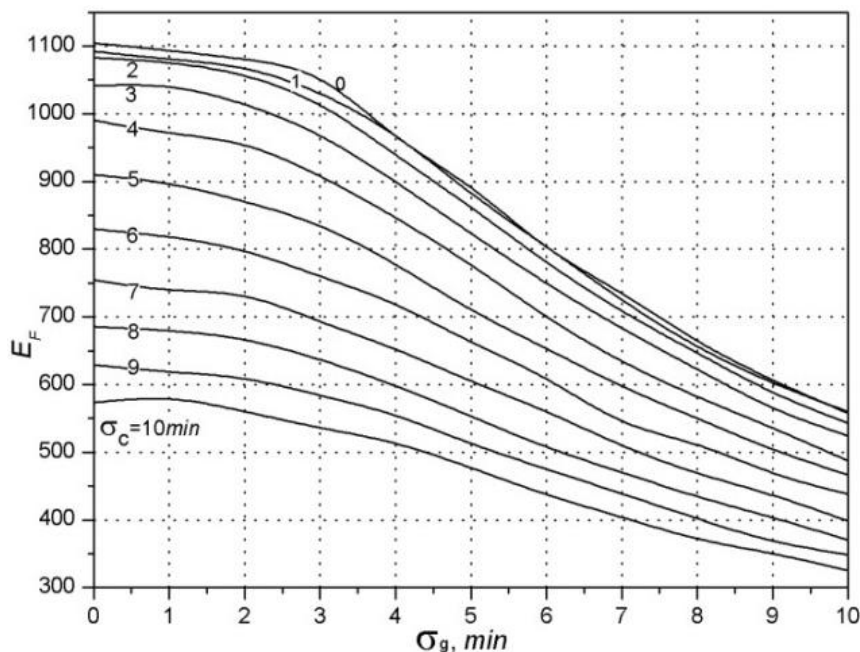


Рис.2. Зависимость фокальной облученности от неточности зеркал.

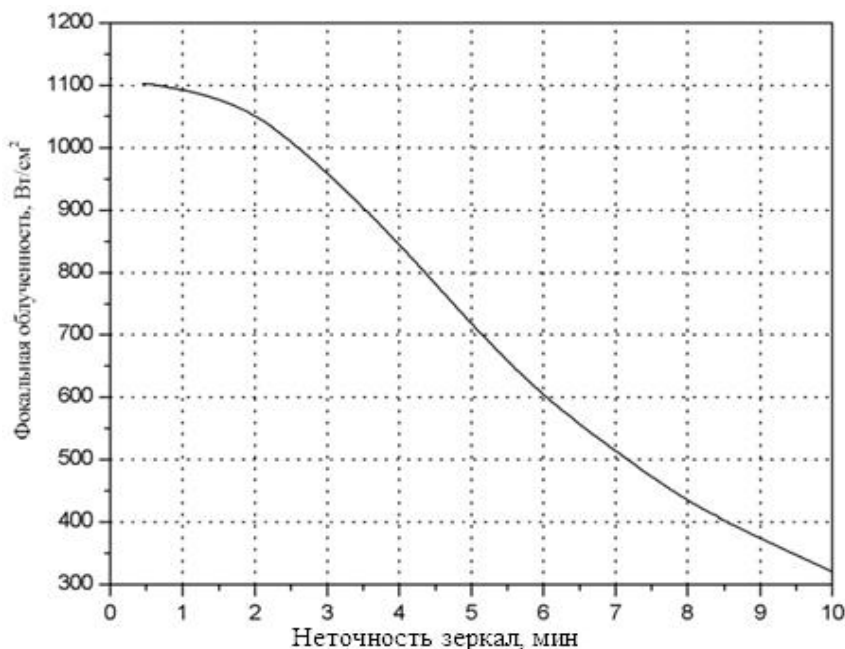


Рис.3. Зависимость фокальной облученности от неточности зеркал.

На рис.4 представлены зависимости плотности на пятне и средняя концентрация КСИ в определенных зонах пятна.

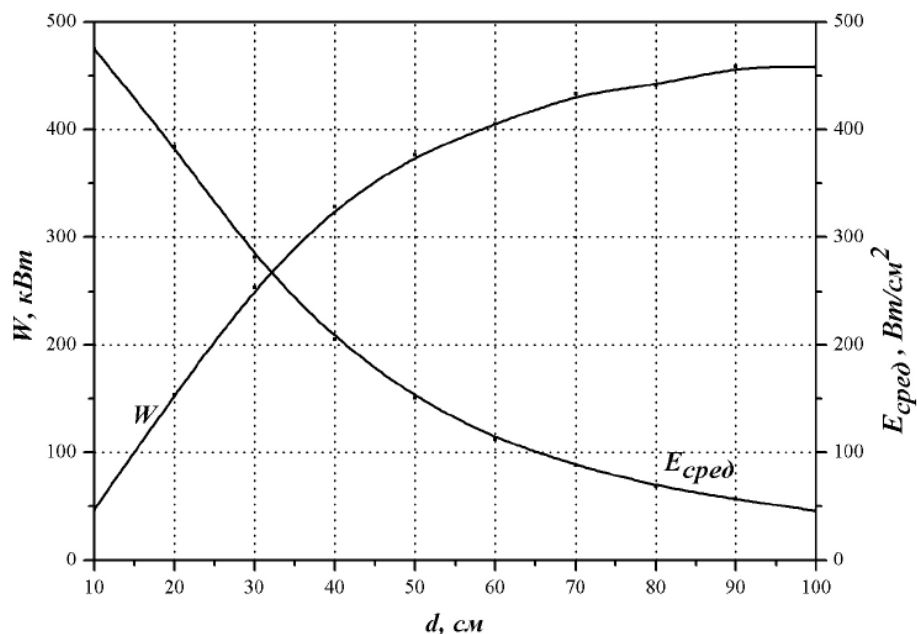


Рис.4. Мощность и средняя концентрация в различных зонах.

Такие зависимости представляется важными, когда появляется необходимость определения характера распределения плотности потока концентрированного солнечного излучения по размеру пятна и среднюю концентрацию излучения в определенных зонах фокального пятна. Проведенный расчетный анализ энергетических характеристик Большой Солнечной Печи и выявленные их особенности, общие закономерности, а также представленные подробные данные позволяют корректно определить конфигурационных параметров Большой Солнечной Печи для реализации различных режимов в фокальной зоне печи для синтеза и термообработки различных высокотемпературных материалов с заданным комплексом свойств.

Список литературы

- [1]. Flamant G, Ferriere A, Laplace D, Monty C. Solar Processing of Materials: Opportunities and New Frontiers. //Solar Energy, 2008 vol. 66, issue 2, pp. 117-132.
- [2]. RY Akbarov, MS Paizullakhanov. Characteristic features of the energy modes of a large solar furnace with a capacity of 1000 kW// Applied Solar Energy, 2018
- [3]. Р.Акбаров, И.И.Пирматов, Т.Т.Рискиев. "Особенности формирования фокального пятна крупных солнечных печей с полигелиостатными системами"// Гелиотехника, 1998, №5,стр.45-48.
- [4]. С.А.Азимов. "Научно-Производственный комплекс "Солнце". Бизеркальная полигелиостатная солнечная печь тепловой мощностью 1000 кВт"// Гелиотехника, 1987, № 6,стр.3-6.
- [5]. А.А.Абдурахманов, Р.Ю.Акбаров, Ю.Б.Собиров, А.А.Юлдашев. Применение СТЗ для анализа оптико-энергетических характеристик БСП // Труды международной конференции: "Возобновляемые источники энергии и гелиоматериаловедения" (Ташкент, 29-30 сентября 2005) . С.94-99.
- [6]. A.Abdurakhmanov, R.Yu.Akbarov, T.T.Riskiev, A.Lewandowski. On calculation of optical-enrgetical characteristics of double mirror concentrating systems //Гелиотехника, 2002. №2,стр.16-19.
- [7]. Daniel Fernandes Gonsales, Inigo Ruis Bustinza, Carmen Gonzalez Gasca, Juan Pinuela Noval, Javier Mochon Castonos, Jose Sancho Gorostaiga, Luis Felipe Verdeja. Concentrated solar energy applications in materials science and metallurgy.//Solar Energy 170 (2018)520-540.
- [8]. Р.Ю.Акбаров, И.И.Пирматов, Т.Т.Рискиев. "Регулирование распределения плотности энергии в фокальной зоне большой солнечной печи". Гелиотехника, 1998г, №1, стр.58-64.
- [9]. Абдурахманов А.А., Акбаров Р.Ю., Собиров Ю.Б, Юлдашев А.А. «Применение СТЗ для анализа оптико-энергетических характеристик БСП», Международная конференция «Возобновляемые источники энергии и гелиоматериаловедения», Ташкент 2005, 29-30 сентября, стр.93.

- [10]. Акбаров Р.Ю., Кратенко М.Ю. «Визуализация фокального пятна отдельных гелиостатов БСП», Международная конференция «Возобновляемые источники энергии и гелиоматериаловедения», Ташкент 2005, 29-30 сентября, стр.98.

KANALLAR USTIGA O'RNATILGAN QUYOSH FOTOELEKTR STANSIYALARINING SAMARADORLIGI

Sh.S. Nazirjonova

*Farg'ona davlat texnika universiteti,
nshoxnoza@gmail.com, 99 609-67-11
(Qabul qilindi 10.03.2026 y.)*

Annotatsiya. Mazkur maqolada kanallar ustiga o'rnatilgan quyosh fotoelektr tizimlarining texnik samaradorligi tahlil qilinadi. Tadqiqotda suv bug'lanishini kamaytirish, yer resurslaridan samarali foydalanish hamda quyosh panellarining harorat rejimi orqali energiya ishlab chiqarish samaradorligini oshirish imkoniyatlari ko'rib chiqilgan.

Tayanch so'zlar: quyosh energetikasi, fotoelektr tizim, kanal usti PV, bug'lanish, harorat, samaradorlik, energiya, suv resurslari.

Аннотация. В данной статье проводится анализ технической эффективности солнечных фотоэлектрических систем, установленных над каналами. В исследовании рассматриваются возможности снижения испарения воды, эффективного использования земельных ресурсов, а также повышения эффективности выработки электроэнергии за счёт оптимизации температурного режима солнечных панелей.

Ключевые слова: солнечная энергетика, фотоэлектрическая система, солнечные панели над каналами, испарение, температура, эффективность, энергия, водные ресурсы.

Abstract. This article analyzes the technical efficiency of solar photovoltaic systems installed above irrigation canals. The study examines the potential for reducing water evaporation, improving land-use efficiency, and increasing energy generation efficiency by optimizing the temperature regime of solar panels.

Keywords: solar energy, photovoltaic system, canal-top PV, evaporation, temperature, efficiency, energy, water resources.

Hozirgi kunda qayta tiklanuvchi energiya manbalaridan samarali foydalanish hamda suv resurslarini tejash global miqyosdagi dolzarb muammolardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, keskin kontinental iqlim sharoitiga ega hududlarda suvning bug'lanish orqali yo'qolishi yuqori darajada kuzatilib, bu holat qishloq xo'jaligi, energetika tizimlari va ekologik barqarorlikka sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Ilmiy tadqiqotlar natijalariga ko'ra, yuqori harorat va past namlik sharoitida ochiq suv yuzasidan bug'lanish jarayoni sezilarli darajada kuchayadi. Shuningdek, sug'orish tizimlarida suv yo'qotishlarining katta qismi aynan bug'lanish va filtratsiya hisobiga yuzaga keladi. Bundan tashqari, quyosh energetikasining jadal rivojlanishi yer resurslariga bo'lgan bosimni ham oshirmoqda. Katta quvvatli fotoelektr stansiyalarini qurish uchun keng yer maydonlari talab etiladi, bu esa qishloq xo'jaligi yerlari va tabiiy hududlarga ta'sir ko'rsatishi mumkin. Shu sababli, mavjud infratuzilmalardan samarali foydalanish va energiya ishlab chiqarishda innovatsion yondashuvlarni joriy etish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Olib borilgan ilmiy tadqiqotlar va adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki, sug'orish kanallari ustiga quyosh fotoelektr panellarini o'rnatish texnologiyasi istiqbolli va innovatsion yechimlardan biri sifatida qaralmoqda. Mazkur texnologiya bir vaqtning o'zida uchta muhim vazifani bajaradi: suvning bug'lanish orqali yo'qolishini kamaytiradi, yer resurslaridan samarali foydalanish imkonini yaratadi hamda quyosh panellarining harorat rejimini yaxshilash orqali ularning samaradorligini oshiradi.

Shu munosabat bilan, mazkur maqolada kanallar ustiga o'rnatilgan quyosh fotoelektr tizimlarining texnik samaradorligi kompleks tarzda tahlil qilinadi. Shuningdek, quyosh fotoelektr panellarining samaradorligi haroratga bog'liq bo'lib, u quyidagi qonuniyat asosida ifodalanadi:

$$\eta = \eta_{25} [1 - \beta(T - 25)] \quad (1)$$

bu yerda:

η — panelning amaldagi samaradorligi

η_{25} — 25°C dagi nominal samaradorlik

β — harorat koeffitsiyenti

T — panel harorati, °C

Panel harorati 25°C dan oshgan sari, uning samaradorligi kamayadi. Agar harorat 25°C dan past bo'lsa, samaradorlik nisbatan yuqori bo'ladi.

Kanal usti PV tizimlarining afzalliklari. FAO ma'lumotlariga ko'ra [1], issiq iqlim sharoitida suv yuzasidan bug'lanish 5–12 mm/kunni tashkil etadi, bu esa 1 m² yuzadan 5–12 litr suv yo'qotilishiga teng. Hisob-kitoblarga ko'ra, 1 km uzunlikdagi kanal (10 m kenglikda) uchun bu ko'rsatkich 80–100 tonna/kunni tashkil etadi. Ilmiy tadqiqotlar [2] natijalariga ko'ra, kanal ustiga quyosh panellarini o'rnatish bug'lanish yo'qotishlarini 30–50% gacha kamaytiradi.

Quyosh fotoelektr panellarining samaradorligi ularning ishchi haroratiga bevosita bog'liq hisoblanadi. Ilmiy tadqiqotlarga ko'ra, kremniy asosidagi quyosh panellari uchun optimal ishchi harorat 25°C atrofida bo'lib, harorat oshishi bilan ularning foydali ish koeffitsiyenti kamayadi. Xususan, NREL PV Performance Modeling Collaborative ma'lumotlariga ko'ra, haroratning har 1°C ga oshishi panel samaradorligini o'rtacha 0,4–0,5% ga kamaytiradi.

Mamlakatimizda yoz mavsumida quyosh panellari yuzasi 70–75°C gacha qizishi kuzatiladi. Bu esa panellarning nominal quvvatiga nisbatan sezilarli yo'qotishlarga olib keladi. Tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, yuqori harorat sharoitida panellar samaradorligi 15–20% gacha kamayishi mumkin.

Xoriy olimlar olib borgan so'nggi ilmiy-tadqiqot ishlarda kanallar ustiga o'rnatilgan quyosh panellarining muhim afzalliklaridan biri sifatida tabiiy sovitish effekti qayd etilgan. Masalan, xorijiy olimlar olib borgan ilmiy tadqiqot ishlarida [3] kanal ustida joylashtirilgan panellar suv oqimi va bug'lanish jarayoni hisobiga yer ustiga o'rnatilgan panellarga nisbatan pastroq haroratda ishlashi aniqlangan. Ilmiy tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, suv muhitida joylashgan yoki suv bilan sovutiladigan fotoelektr panellar harorati 5–15°C gacha kamayishi mumkin. Masalan, suv orqali sovitish texnologiyalarida panel harorati 45°C dan 35°C gacha pasaygani aniqlangan. Kanal usti tizimlarida esa suv oqimi va bug'lanish hisobiga tabiiy sovitish yuzaga kelib, panel harorati yer usti tizimlariga nisbatan o'rtacha 5–10°C past bo'lishi kuzatiladi [4–6].

Bu holat panel samaradorligiga ijobiy ta'sir ko'rsatadi. Harorat koeffitsiyentini hisobga olgan holda, ushbu farq natijasida energiya ishlab chiqarish hajmi 8–11% ga oshishi mumkin. Shu tariqa, kanal usti fotoelektr tizimlari nafaqat suv bug'lanishini kamaytiradi, balki panellarning harorat rejimi orqali ularning umumiy energetik samaradorligini ham oshiradi.

Hisob-kitob natijalari va matematik tahlil. Kanallar ustiga o'rnatilgan quyosh fotoelektr tizimlarining texnik samaradorligini baholashda suv bug'lanishining kamayishi, panel haroratining pasayishi va natijada energiya ishlab chiqarishning ortishi asosiy mezonlar sifatida qabul qilinadi. Hisob-kitoblar shartli ravishda 1 km uzunlikdagi va 10 m kenglikdagi kanal uchun bajarildi.

Agar panel harorati T=60°C bo'lsa:

$$H_{60} = 0,2 * [1 - 0,005(60 - 25)]$$

$$H_{60} = 0,2 * (1 - 0,125) = 0,165$$

ya'ni samaradorlik 16,5 % ni tashkil etadi.

b) Kanal usti paneli uchun, agar panel harorati T=50°C bo'lsa,

$$\eta_{50} = 0,2 * [1 - 0,005 * (50 - 25)]$$

$$\eta_{50} = 0,2 * (1 - 0,125) = 0,175$$

ya'ni samaradorlik 17,5% ga teng bo'ladi.

Demak, panel haroratining 60°C dan 50°C gacha pasayishi energiya ishlab chiqarish samaradorligini taxminan 10% ga oshiradi. Agar haroratlar farqi kichikroq bo'lsa, bu o'sish mos

ravishda kamroq bo‘ladi. Shuning uchun kanal usti tizimlarida qo‘shimcha energiya hosili odatda harorat farqiga bog‘liq holda baholanadi.

Quvvat bo‘yicha hisob-kitob qilmoqchi bo‘lsak, quyosh paneli ishlab chiqaradigan quvvat quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$P = \eta \cdot G \cdot A \quad (2)$$

bu yerda:

P — panel ishlab chiqaradigan elektr quvvati (Watt);

G — panelga tushayotgan quyosh nurlanishi zichligi (W/m^2);

A — panel yuzasi (m^2);

η — panelning foydali ish koeffitsienti (FIK).

Misol uchun, agar:

$G = 1000 \text{ W}/\text{m}^2$ (quyosh nuri kuchli),

$A = 1,6 \text{ m}^2$,

$\eta = 0,20$ (20%) bo‘lsa, unda yer usti paneli uchun:

$$P_{\text{yer}} = 0,15 \cdot 1000 \cdot 100 = 15000 \text{ W}$$

kanal usti paneli uchun esa:

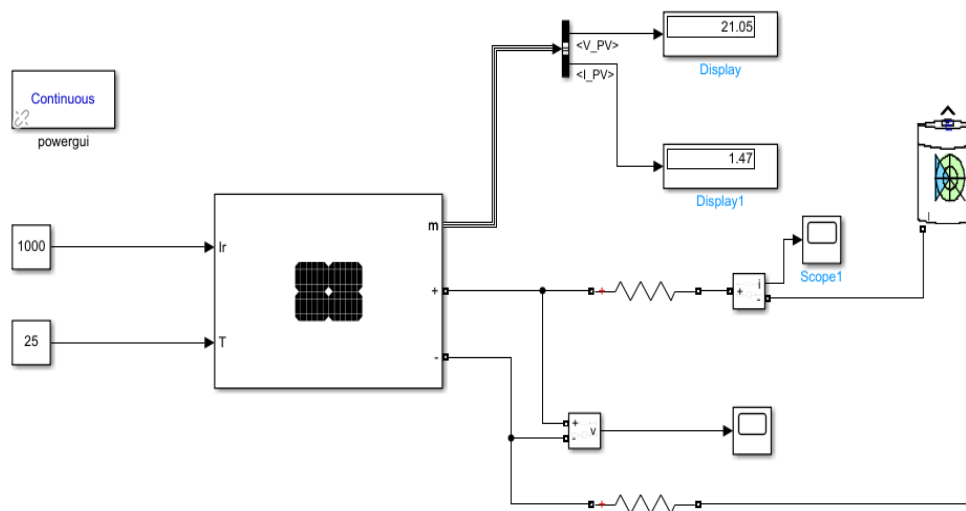
$$P_{\text{kanal}} = 0,165 \cdot 1000 \cdot 100 = 16500 \text{ W}$$

Demak, bir xil maydon va bir xil nurlanish sharoitida kanal usti tizimi qo‘shimcha:

$$\Delta P = 16,5 - 15 = 1,5 \text{ kW}$$

quvvat ishlab chiqaradi.

Yuqoridagi nazariy hisob-kitoblarni tasdiqlash maqsadida MATLAB tizimining Simscape Electrical (SimPowerSystems) kutubxonasi asosida imitatsion model yaratildi. Ushbu kutubxona Simulink paketining qo‘shimcha moduli bo‘lib, elektr energetik qurilmalarni modellashtirish uchun mo‘ljallangan.



1-rasm. Quyosh fotoelektr tizimining ish rejimini modellashtirish sxemasi.

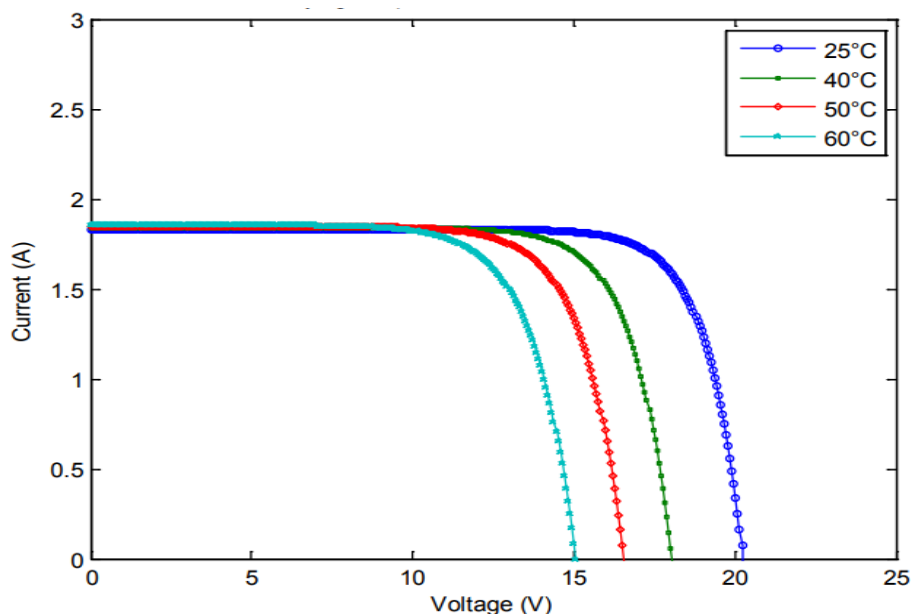
Imitatsion model tarkibi:

- yarimo‘tkazgich qurilmalari;
- passiv elementlar (rezistor, induktivlik, sig‘im);
- aktiv elementlar;
- boshqaruv tizimlari modellari.

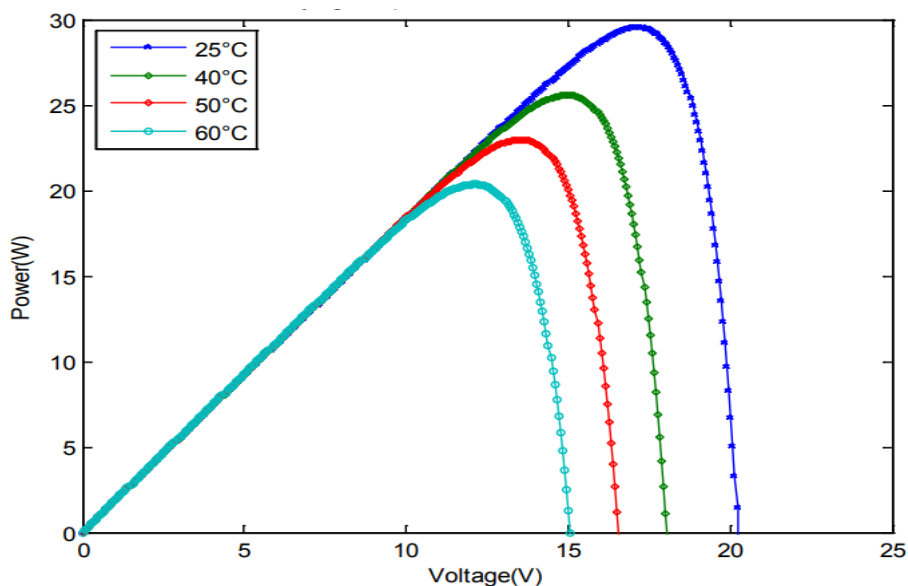
Ushbu model yordamida quyosh fotoelektr tizimlarining matematik modeli tuzilib, harorat va nurlanishning panel xarakteristikalariga ta‘siri o‘rganildi.

Modelda harorat parametrini o‘zgartirish orqali turli ish sharoitlari tadqiq qilindi.

- 25°C - ideal holat;
- 50°C – kanal usti sharoiti;
- 60°C – yer usti sharoiti.



2-rasm. Tokning kuchlanishga bog‘liqlik grafigi (I–V xarakteristikasi).



3-rasm. Quvvatning kuchlanishga bog‘liqlik grafigi (P–V xarakteristikasi).

Ushbu grafik fotoelektrik panelda tokning kuchlanishga bog‘liq ravishda o‘zgarishini ifodalaydi. Grafikdan ko‘rinadiki, past kuchlanish qiymatlarida tok deyarli doimiy qoladi, kuchlanish ortishi bilan esa ma’lum nuqtadan keyin tok keskin kamayadi. Harorat ortishi natijasida I–V egri chizig‘i chap tomonga siljiydi, bu esa ochiq zanjir kuchlanishi (V_{oc}) kamayishini anglatadi. Shu bilan birga, qisqa tutashuv toki ($I_{q.t.}$) harorat oshishi bilan oz miqdorda ortishi kuzatiladi.

Ushbu grafik fotoelektrik panelning chiqish quvvati kuchlanishga qanday bog‘liq ekanligini ko‘rsatadi. Quvvat ma’lum bir kuchlanish qiymatida maksimal nuqtaga yetadi (P_{max}), bu nuqta panelning eng yuqori samarali ish rejimi hisoblanadi. Harorat ortishi bilan P–V egri chizig‘i pastga

tushadi, natijada maksimal quvvat qiymati kamayadi. Bu holat panel haroratining oshishi fotoelektrik o'zgartirish samaradorligini pasaytirishini ko'rsatadi.

Ushbu jadvalda panel harorati o'zgarganda uning samaradorligi qanday o'zgarishi ko'rsatilgan. Hisoblar quyidagi bog'lanish asosida olingan.

1-jadval

	Harorat	Samaradorlik	Izoh
1	25°C	20.0 %	Bu standart (nominal) sharoit. Panel eng yuqori samaradorlikda ishlaydi.
2	40°C	18.5 %	Harorat oshgani uchun FIK biroz pasaygan.
3	50°C	17.5 %	Panel yanada qizib, samaradorlik kamaygan.
4	60°C	16.5 %	Yuqori harorat sababli FIK sezilarli pasaygan.

Demak, harorat oshgani sari panelning samaradorligi pasayadi. 25°C dan 60°C gacha oshganda samaradorlik 20% dan 16.5% ga tushadi. Ya'ni, panelning haroratini pasaytirish — quvvatning ortishiga olib keladi.

MATLAB/Simulink muhitida olingan I–V va P–V xarakteristikalar quyosh paneli ish rejimining haroratga sezgir ekanligini ko'rsatdi. Grafiklardan ko'rinib turibdiki, harorat 25°C dan 60°C gacha oshirilganda panelning maksimal quvvati pasaygan. Bu holat panel foydali ish koeffitsientining pasayishini anglatadi. Ayniqsa, P–V xarakteristikasida 25°C dagi maksimal quvvat 60°C dagiga nisbatan yuqoriroq ekani yaqqol kuzatiladi. Demak, panel haroratining oshishi elektr energiya ishlab chiqarish samaradorligining kamayishiga olib keladi.

Xulosa qilib aytish mumkinki, natijalar nazariy hisob-kitoblar bilan kompyuter dasturida olingan natijalarga mos kelib, kanallar ustiga joylashtirilgan quyosh fotoelektr tizimlarining samaradorligini yuqori bo'lishini asosladi. Kanal ustiga o'rnatilgan quyosh fotoelektr tizimlari panel haroratini pasaytirish orqali ularning samaradorligini oshiradi. Natijada nafaqat qo'shimcha elektr energiyasi ham ishlab chiqariladi balki qo'shimcha suv resurslari ham tejiladi. Bu esa mazkur texnologiyaning energetika va suv xo'jaligida kompleks samarali yechim ekanligini ko'rsatadi.

Adabiyotlar

- [1]. Sanatan P. Evaluation of pan coefficient methods for estimating FAO-56 reference crop evapotranspiration in a semi-arid environment. 2013 Journal of Agrometeorology 15(1):90 -93
- [2]. Николенко И. В., Каримов Э. А., Боков С. А., Авдеева Д. В. Оценка влияния потерь водных ресурсов на экосистемы водохранилищ естественного стока крымского полуострова // Геополитика и экогеодинамика регионов. 2022. №4.
- [3]. Kishore T. S., Kumar P. U., Ippili V. Review of global sustainable solar energy policies: Significance and impact //Innovation and Green Development. – 2025.
- [4]. IEA (2024), Ippili V. Renewables 2023, IEA, Paris
- [5]. Kasimakhunova, A. M., et al. "Photo thermal generator of selective radiation Structural and energetic features." Journal of Applied Mathematics and Physics 7.6 (2019): 1263-1271.
- [6]. B.Abdukarimov. Development of solar water heater collector with less hydraulic resistance. BIO Web Conf., Volume 84, 2024.
- [7]. Kasimakhunova, A. M., and Sh S. Nazirjonova. "Mehtods of teaching studens in higher technical schools." International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology 7.6 (2020): 14026-14030.

INFRAQIZIL NAMLIK O'LGHAGICH

O.X. Qo'ldashov¹, M.Z. Axmadjonov²¹O'zbekiston Milliy universiteti huzuridagi Yarimo'tkazgichlar fizikasi va mikroelektronika ilmiy-tadqiqot instituti²Farg'ona davlat texnika universitetiMas'ul muallif, e-mail: axmadjonovodilbek21@gmail.com

(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya. Mazkur ishda ikki to'liqlik infragizil optoelektron usulga asoslangan namlik o'lgahich ishlab chiqilgan. HITRAN xalqaro spektroskopik ma'lumotlar bazasi tahlili asosida ishchi to'liqlik uzunliklari tanlanib, 1.94 mkm o'lchash kanali sifatida, 2.22 mkm esa etalon kanali sifatida qo'llanilgan. Infragizil namlik o'lgahich tarkibiga ikki rangli yorug'lik diodi, keng spektral sezgirlikka ega fotodiod, eksponensial modulyatsiya va optik manfiy teskari aloqa tizimi kiritilgan. Olingan natijalar taklif etilgan infragizil namlik o'lgahich paxta hom-ashyosining namligini real sharoitlarda aniq nazorat qilish uchun istiqbolli ekanini ko'rsatadi.

Tayanch so'zlar: Infragizil namlik o'lgahich, ikki to'liqlik usul; infragizil yutilish; optoelektron o'lchash; yorug'lik diodlari; fotodiod, Buger-Lambert-Ber qonuni; HITRAN bazasi.

Аннотация. В данной работе разработан влагомер на основе двухволнового инфракрасного оптоэлектронного метода. На основе анализа данных международной спектроскопической базы HITRAN выбраны рабочие длины волн, при этом длина волны 1,94 мкм используется в качестве измерительного канала, а 2,22 мкм - в качестве опорного канала. В состав инфракрасного влагомера входят двухцветный светодиод, фотодиод с широкой спектральной чувствительностью, система экспоненциальной модуляции и оптической отрицательной обратной связи. Полученные результаты показывают, что предложенный инфракрасный влагомер является перспективным средством для точного контроля влажности хлопка-сырца в реальных условиях эксплуатации.

Ключевые слова: инфракрасный влагомер; двухволновой метод; инфракрасное поглощение; оптоэлектронные измерения; светодиоды; фотодиод; закон Бугера-Ламберта-Бера; база данных HITRAN.

Abstract. In this work, a moisture meter based on a two-wavelength infrared optoelectronic method has been developed. Based on the analysis of the international spectroscopic database HITRAN, the operating wavelengths were selected, with 1.94 μm used as the measurement channel and 2.22 μm as the reference channel. The infrared moisture meter includes a dual-color light-emitting diode, a photodiode with broad spectral sensitivity, an exponential modulation scheme, and an optical negative feedback system. The obtained results demonstrate that the proposed infrared moisture meter is a promising tool for accurate monitoring of raw cotton moisture under real operating conditions.

Keywords: infrared moisture meter; two-wavelength method; infrared absorption; optoelectronic measurements; light-emitting diodes; photodiode; Beer-Lambert-Bouguer law; HITRAN database.

1. Kirish. Zamonaviy optoelektron usullar va qurilmalarning asosini yorug'lik diodlari va fotodiodlar tashkil etadi [1]. Uzoq vaqt davomida optoelektron texnologiyalarning keng joriy etilishi oddiy, ishonchli va arzon nurlanish manbalarining yetishmasligi bilan cheklangan edi. Yarimo'tkazgichli nurlantirgichlarning yaratilishi optoelektron usullarni qo'llash imkoniyatlarini sezilarli darajada kengaytirdi, jumladan, ular nazorat o'lchov va diagnostika tizimlarida ham samarali qo'llanila boshladi [2].

Hozirgi kunda optik spektrning o'rta infragizil sohasini ham o'z ichiga olgan keng to'liqlik uzunliklari diapazonida ishlovchi yarimo'tkazgichli nurlantirgichlar ishlab chiqilgan [3]. Yarimo'tkazgichli nurlanish manbalarining asosiy xususiyatlariga yuqori tezkorlik, elektr tokini o'zgartirish orqali nurlanish intensivligini boshqarish imkoniyati, monoxromatiklik, yetarli optik quvvat hamda kichik gabarit o'lchamlar kiradi [4]. Ushbu afzalliklar fan va texnikaning turli sohalarida qo'llaniladigan nazorat va o'lchash qurilmalarini ishlab chiqish va takomillashtirish uchun qulay sharoit yaratadi. Shu munosabat bilan so'nggi yillarda yarimo'tkazgichli nurlantirgichlar asosidagi optoelektron tizimlarni yaratishga qaratilgan tadqiqotlar soni sezilarli darajada oshdi [5]. Ko'pchilik optoelektron qurilmalarning funktsional asosini boshqariladigan

muhit orqali optik bog‘langan “yorug‘lik diodi – fotodiod” juftligi tashkil etadi. Yorug‘lik diodi tomonidan hosil qilingan nurlanish tadqiq etilayotgan ob‘ekt orqali o‘tib, fotodiod tomonidan qabul qilinadi va u yerda optik signal elektr signaliga aylantiriladi. Bunday qurilmalarda ma‘lumot tashuvchisi sifatida optik nurlanish xizmat qiladi, u elektromagnit shovqinlarni keltirib chiqarmaydi va tashqi ta‘sirarga deyarli sezgir emas [6]. Ushbu xususiyat, optoelektron usullarni infraqizil nurlanishdan foydalanuvchi yuqori samarali o‘lchash va diagnostika tizimlarini yaratish uchun istiqbolli ekanini ko‘rsatadi [7].

Qishloq xo‘jaligi mahsulotlari sifatini baholash va nazorat qilish masalalari zamonaviy agrosanoat majmuasida muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega. Xom paxta namligini aniq va tezkor o‘lchash uni saqlash, tashish va qayta ishlash jarayonlarida hal qiluvchi omil hisoblanadi [8]. Paxta namligining me‘yordan ortib ketishi tola sifati pasayishiga, mikrobiologik faollikning ortishiga va o‘z-o‘zidan qizish jarayonlarining rivojlanishiga olib kelishi mumkin [9]. Shu sababli paxta xom ashyosining namligini tezkor nazorat qilish uchun yuqori sezgir, aniq va ishonchli asboblarni ishlab chiqish muhim ilmiy-texnik masalalardan biri hisoblanadi.

2.1. Infraqizil namlik o‘lchash usuli. Infraqizil namlik o‘lchagichlarni ishlab chiqishda nazorat qilinayotgan ob‘ektning spektral xususiyatlari birinchi darajali ahamiyatga ega hisoblanadi. Aynan shu xususiyatlar asosida usulning yuqori sezgirligini ta‘minlaydigan hamda qurilmani amalga oshirish imkoniyatlariga mos keladigan ishchi to‘lqin uzunliklari tanlanadi. O‘lchash to‘lqin uzunligi suvning yutilish polosasi sohasida tanlanadi, etalon to‘lqin uzunligi esa ushbu polosa tashqarisida joylashtiriladi, bu esa noinformativ omillar ta‘sirini kompensatsiya qilish imkonini beradi. Spektral parametrlar aniqlangandan so‘ng, nurlanish signali uchun zarur diapazon va barqarorlikni ta‘minlay oladigan nurlanish manbai tanlanadi. Optik signalni qayd etish va elektr signaliga aylantirish uchun tanlangan spektral diapazonda sezgir fotopriyomniklar qo‘llaniladi. Olingan ma‘lumotlarni keyingi qayta ishlash maxsus elektron qurilmalar va signallarni qayta ishlash algoritmlari yordamida amalga oshiriladi. HITRAN xalqaro spektroskopik ma‘lumotlar bazasiga ko‘ra, suv bug‘ining (H_2O) asosiy infraqizil yutilish polosalari taxminan 0,76–0,97 mkm va 1.19-1.94 mkm diapazonlarida joylashgan [10]. HITRAN ma‘lumotlari asosida olingan suv bug‘ining yutilish spektrlarini tahlil qilish shuni ko‘rsatadiki, taxminan 1.94 mkm atrofida H_2O uchun eng intensiv yutilish polosalaridan biri kuzatiladi. Shu sababli o‘lchash kanali aynan ushbu spektral sohada sozlanganda namlik o‘lchashning eng yuqori sezgirliги ta‘minlanadi. Bir to‘lqinli optik sxemadan foydalanish past aniqlik bilan tavsiflanadi, bu esa materialning o‘ziga xos optik xususiyatlari - aks ettirish qobiliyati, sochilish va tuzilmaviy notekisliklar ta‘siri bilan izohlanadi [11]. O‘lchashlarning selektivligi va tashqi omillarga nisbatan barqarorligini oshirish maqsadida ikki to‘lqinli usulni qo‘llash maqsadga muvofiq bo‘lib, u suv yutilish polosasidan tashqarida joylashgan qo‘shimcha etalon to‘lqin uzunligini kiritishni nazarda tutadi [12]. Ushbu ishda paxta xom ashyosi etalon va o‘lchash to‘lqin uzunliklarida mos ravishda $F_{0\lambda_1}$ va $F_{0\lambda_2}$ nurlanish oqimlari bilan nurlantiriladigan optoelektron usul taklif etilgan.

Ob‘ekt orqali o‘tgan F_{λ_1} va F_{λ_2} nurlanish oqimlari quyidagi ifodalar bilan aniqlanadi:

$$F_{\lambda_1} = F_{0\lambda_1} e^{-k_1 m_1} \quad (1)$$

$$F_{\lambda_2} = F_{0\lambda_2} e^{-k_1 m_1 - k_2 m_2} \quad (2)$$

bu yerda m_1 va m_2 - mos ravishda moddaning massasi va namlik massasi;

k_1 va k_2 - λ_1 va λ_2 to‘lqin uzunliklaridagi yutilish koeffitsientlari.

$F_{0\lambda_1}$ va $F_{0\lambda_2}$ nurlanish oqimlari eksponentsial qonun bo‘yicha modulyatsiya qilinadi:

$$F_{0\lambda_1} = F_{0\lambda_2}, \quad (3)$$

$$F_{\lambda_1} = F_0 e^{-k_1 m_1} e^{-t/\tau} \quad (4)$$

$$F_{\lambda_2} = F_0 e^{-k_1 m_1 - k_2 m_2} e^{-t/\tau} \quad (5)$$

bu yerda t - vaqt, τ - eksponentaning vaqt doimiysi.

F_{λ_1} va F_{λ_2} nurlanish oqimlari belgilangan porog darajaga tenglashtirilganda quyidagi munosabatlar hosil bo‘ladi:

$$k_1 m_1 - \frac{1}{\tau} = -k_1 m_1 - k_2 m_2 - \frac{t_2}{\tau} \quad (6)$$

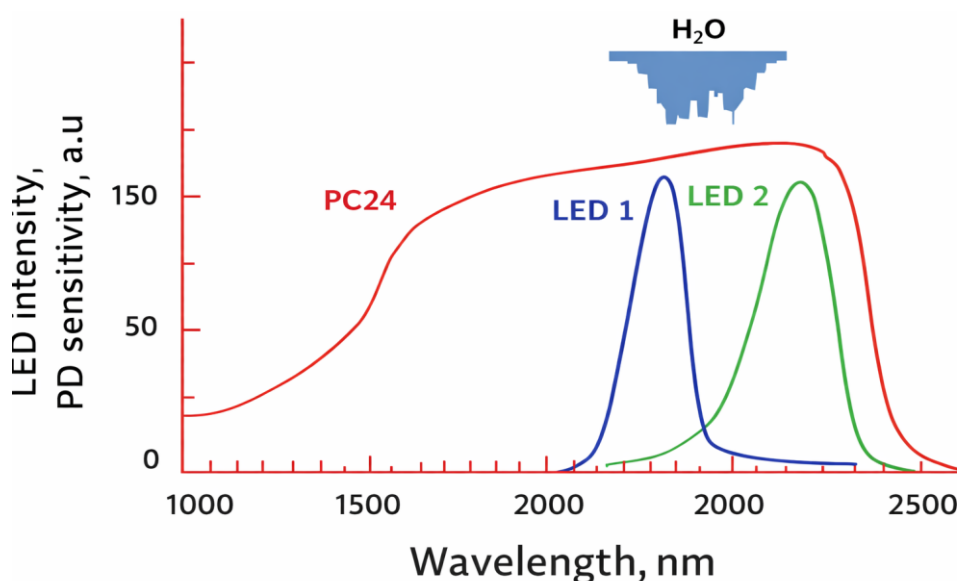
$$k_2 m_2 = \frac{1}{\tau} (t_1 - t_2) \quad (7)$$

$$m_2 = \frac{1}{k_2 \tau} (t_1 - t_2) \quad (8)$$

Paxta xom ashyosining namlik massasi etalon va o'lchash to'liq uzunliklaridagi eksponentsial nurlanish impulsleri boshlanishidan to belgilangan porog daraja bilan kesishish paytigacha bo'lgan integrallash vaqtlari t_1 va t_2 farqiga to'g'ri proportsionaldir.

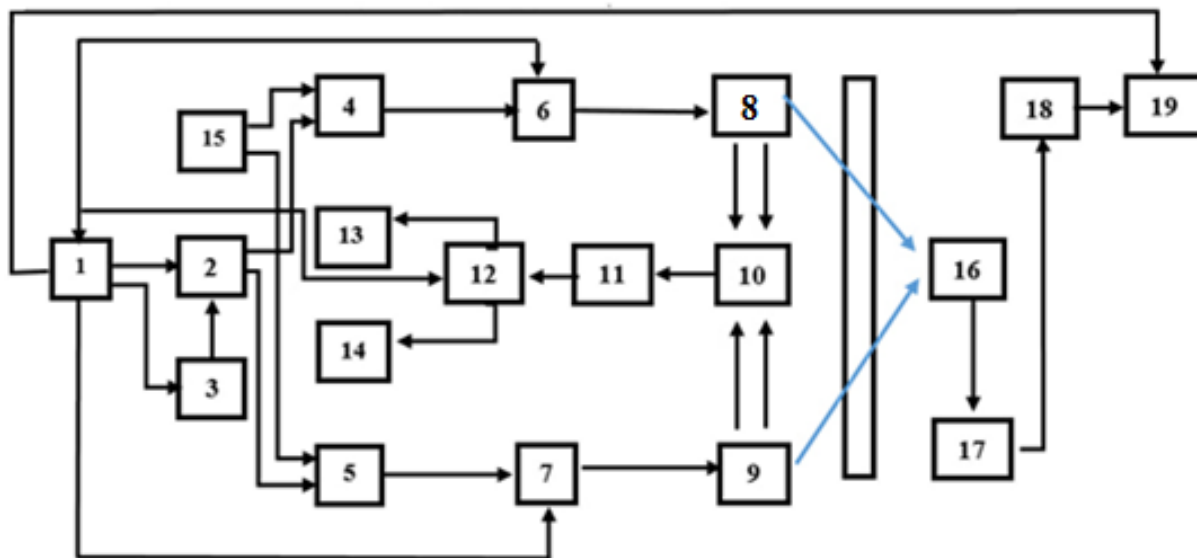
2.2. Infraqizil namlik o'lchagich uchun nurlanish manbai va qabul qilgichni tanlash. O'lchash o'zgartirgichlarida nurlanish manbai sifatida yorug'lik diodlaridan (LED) foydalanish bir qator muhim afzalliklar bilan izohlanadi. Ularga kichik gabarit o'lchamlar, yuqori ishonchlik, kvazimonoxromatik nurlanish, kam energiya sarfi, yuqori tezkorlik, nurlanish intensivligini samarali boshqarish imkoniyati hamda uzoq xizmat muddati kiradi. Bundan tashqari, yorug'lik diodlari barqaror spektral xarakteristikalariga ega bo'lib, elektron boshqaruv zanjirlari bilan oson moslashtiriladi.

Nurlanish manbalari va qabul qilgichlarni to'g'ri tanlash infraqizil namlik o'lchagichni loyihalashda hal qiluvchi bosqich hisoblanadi va qurilmaning metrologik xarakteristikalarini, o'lchash diapazoni hamda ekspluatatsion imkoniyatlarini katta darajada belgilaydi. O'rta infraqizil diapazonda ishlovchi yorug'lik diodlari paxta xom ashyosining namligini o'lchash uchun istiqbolli nurlanish manbalari hisoblanadi, chunki suvning xarakterli yutilish polosasi taxminan 1.94 mkm sohada joylashgan. Ushbu yorug'lik diodlari asosida paxta xom ashyosining namligini o'lchaydigan infraqizil namlik o'lchagichlarni yaratish mumkin. Paxta xom ashyosi uchun mo'ljallangan infraqizil namlik o'lchagichda Roithner Lasertechnik (Avstriya) kompaniyasining maksimal nurlanish to'liq uzunligi 2.2 mkm bo'lgan yorug'lik diodi (LED2) etalon signal sifatida, maksimal to'liq uzunligi 1.94 mkm bo'lgan yorug'lik diodi (LED1) esa o'lchash signali sifatida qo'llaniladi. Signallarni qayd etish uchun 1-2,4 mkm diapazonda keng spektral sezgirlikka ega PD24 fotodiodi ishlatiladi. 1-rasmda LED1, LED2 yorug'lik diodlari hamda PD24 fotodiodining asosiy spektral xarakteristikalarini keltirilgan.



1-rasm. LED1 va LED2 yorug'lik diodlarining nurlanish spektrlari, PD24 fotodiodining spektral sezgirliigi, hamda H₂O - suvning yutilish polosasi.

Roithner Lasertechnik (Avstriya) kompaniyasining ikki rangli yorug'lik diodi zamonaviy infraqizil namlik o'lchagichlar uchun kompakt, ishonchli va yuqori aniqlikka ega element bazasini ta'minlaydi. 1.94 mkm va 2.22 mkm to'lqin uzunliklariga ega ikki rangli yorug'lik diodini bitta korpusda qo'llash namlikni o'lchash uchun optimal yechim hisoblanadi.



2-rasm. Infraqizil namlik o'lchagich blok sxemasi.

2.3. Paxta xom ashyosi uchun infraqizil namlik o'lchagich. Roithner Lasertechnik (Avstriya) kompaniyasining ikki rangli yorug'lik diodlari asosida paxta xom ashyosi uchun infraqizil namlik o'lchagich ishlab chiqildi (2-rasm). Qurilma tarkibiga quyidagi elementlar kiradi: generator - 1, eksponentsial modulyator - 2, chastota bo'luvchi - 3, regulyatorlar - 4 va 5, kalitlar - 6 va 7, yorug'lik diodlari - 8 va 9, qo'shimcha fotodiod - 10, qo'shimcha porogli qurilma - 11, qo'shimcha kommutator - 12, integratorlar - 13 va 14, etalon kuchlanish manbai — 15, fotodiod - 16, kuchaytirgich - 17, porogli qurilma - 18, kommutator - 19, hisoblagich - 20 hamda kyuveta - 21.

Qurilmada qo'llanilgan etalon va o'lchash kanallari signallarining vaqt parametrlari integratorlar va hisoblagich yordamida aniqlanadi. Optik manfiy teskari aloqa tizimi yorug'lik diodlarining boshlang'ich nurlanish sathlarini avtomatik ravishda tenglashtirib, nurlanish manbalari qarishi, harorat o'zgarishlari va optik yo'qotishlar ta'sirini kompensatsiya qiladi. Shu tariqa, 2-rasmda keltirilgan struktura sxema yuqori sezgirlik, barqarorlik va takrorlanuvchanlikka ega bo'lgan infraqizil namlik o'lchashni ta'minlaydi hamda qurilmaning sanoat sharoitida qo'llanishga yaroqli ekanini namoyon etadi.

3.Natijalar va muhokamalar. Ishlab chiqilgan infraqizil namlik o'lchagichning ish qobiliyati va metrologik xarakteristikalarini eksperimental jihatdan tekshirish maqsadida etalon o'lchash asbobi sifatida sanoatda qo'llaniladigan Wile Cotton namlik o'lchagich bilan qiyosiy sinovlar o'tkazildi. Tadqiqotlar ishlab chiqarish sharoitiga xos bo'lgan turli namlik darajalariga ega paxta xom ashyosi namunalarida amalga oshirildi. Qiyosiy o'lchashlar natijalari 1-jadvalda keltirilgan bo'lib, unda Wile Cotton etalon namlik o'lchagichi orqali olingan namlik qiymatlari ($\delta(W)$, hajmiy %), ishlab chiqilgan qurilma ko'rsatkichlari (W , %) hamda o'lchash natijalari o'rtasidagi absolyut va nisbiy og'ishlar aks ettirilgan.

1-jadval.

Wile Cotton etalon namlik o'lcagichi va infraqizil namlik o'lcagich orqali olingan natijalar

$W_c \%$	$W, \%$	$\delta(W)$
7,80	7,86	0,06
8,42	8,44	0,02
9,36	9,38	0,02
10,14	10,17	0,03
11,15	10,18	0,03
11,51	11,53	0,02
12,34	12,38	0,05
13,30	13,38	0,08

Jadvalda keltirilgan ma'lumotlarni tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, ishlab chiqilgan infraqizil namlik o'lcagich orqali olingan natijalar bilan Wile Cotton qurilmasi ko'rsatkichlari o'rtasida yuqori darajada moslik mavjud. O'rganilgan butun namlik diapazonida o'lchash natijalari o'rtasidagi farqlar ishlab chiqarish o'lchashlari uchun yo'l qo'yiladigan me'yorlardan oshmagan. Eksperimentlar shuni ko'rsatdiki, ishlab chiqilgan qurilmaning namlikni o'lchashdagi absolyut xatoligi 0,5 % dan oshmaydi, bu esa qishloq xo'jaligi xom ashyosining namligini operativ nazorat qilish uchun mo'ljallangan zamonaviy asboblarga qo'yiladigan talablarga to'liq javob beradi.

4. Xulosa. O'tkazilgan eksperimental tadqiqotlar ishlab chiqilgan ikki to'lqinli infraqizil namlik o'lcagichning yuqori aniqlik, barqarorlik va takrorlanuvchanlikka ega ekanini tasdiqladi. Qurilma ko'rsatkichlari tijoratda qo'llaniladigan Wile Cotton namlik o'lcagich natijalari bilan yaxshi mos kelib, absolyut xatolik 0,5 % dan oshmadi. Olingan natijalar taklif etilgan optoelektron tizim paxta xom ashyosining namligini sanoat sharoitida ishonchli va tezkor nazorat qilish uchun maqbul yechim ekanini ko'rsatadi.

Adabiyotlar

- [1]. Gao W, Kim S-W, Bosse H, Haitjema H, Chen YL, Lu XD, Knapp W, Weckenmann A, Estler WT, Kunzmann H. Measurement technologies for precision positioning. *CIRP Ann.* 2015;64(2):773–796.
- [2]. Weisbuch, C. On the search for efficient solid state light emitters: Past, present, future. *ECS J. Solid State Sci. Technol.* 2020, 9, 016022.
- [3]. S.V. Sapon, M.S. Boltovets, O.A. Kulbachynskiy, V.V. Zabudsky, O.G. Golenkov, V.V. Koroteyev, A.A. Efremov. Properties of InSb photodiodes fabricated by ion implantation. *Semiconductor Physics, Quantum Electronics & Optoelectronics*, 2024. V. 27, No 3. P. 356–365.
- [4]. Michael Hlavatsch, Boris Mizaikoff. Advanced mid-infrared lightsources above and beyond lasers and their analytical utility. *Analytical Sciences* (2022) 38:1125–1139 <https://doi.org/10.1007/s44211-022-00133-3>.
- [5]. Oh K. Optoelectronic and Photonic Sensors, *Frontiers in Sensors. Front. Sens.* 3:921795. doi: 10.3389/fsens.2022.921795.
- [6]. T. Radjabov. "Optoelectronic Sensor Solid Surface Color Analyzer." *Journal of Biomaterials* 2, no. 1 (2018): 12. <http://dx.doi.org/10.11648.13>.
- [7]. Wu, Weijie. "Photoelectric sensors constructed based on nanomaterials and their applications." *E3S Web of Conferences* 553 (2024): 02028. <http://dx.doi.org/10.1051/e3sconf/202455302028>.
- [8]. Engonopoulos, V.; Kouneli, V.; Mavroeidis, A.; Karydogianni, S.; Beslemes, D.; Kakabouki, I.; Papastilianou, P.; Bilalis, D. Cotton versus climate change: The case of Greek cotton production. *Not. Bot. Horti Agrobot. Cluj-Napoca* 2021, 49, 12547.
- [9]. Darawsheh, M.K.; Beslemes, D.; Kouneli, V.; Tigka, E.; Bilalis, D.; Roussis, I.; Karydogianni, S.; Mavroeidis, A.; Triantafyllidis, V.; Kosma, C.; et al. Environmental and Regional Effects on Fiber Quality of Cotton Cultivated in Greece. *Agronomy* 2022, 12, 943.
- [10]. I.E. Gordon, L.S. Rothman, R.J. Hargreaves et al. The HITRAN2020 molecular spectroscopic database / *Journal of Quantitative Spectroscopy & Radiative Transfer* 277 (2022) 107949.
- [11]. Kuldashov O.Kh., Kuldashov G.O., Mamasodikova Z. Y. Optoelectronic Double-Wave Method for Remote Control of Vegetable Fiber Moisture // *Her. Bauman Moscow State Tech. Univ. Ser. Instrum. Eng.* 2019. №4. – P. 84 – 96. doi: 10.18698/0236-3933-2019-4-84-96.
- [12]. Abdurakhmonov S.M., Kuldashov O.Kh., Tozhiboev I. T., Turgunov B K. The Optoelectronic Two-Wave Method for Remote Monitoring of the Content of Methane in Atmosphere // *Tech. Phys. Lett.* – 2019. doi: 10.1134/S1063785019020214.

ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ
AQLLI UYLARNI YARATISH TEXNOLOGIYALARI. AQLLI UYLARNING
SAMARADORLIGI

D.A. Vaxobov

Farg'ona davlat texnika universiteti,
dvferpi@gmail.com
(Qabul qilindi 10.03.2026 y.)

Annotatsiya: Ushbu maqolada energiya samarador binolar haqida ma'lumot berildi. Aqilli uy haqida va uning imkoniyatlari aytib o'tildi. Aqilli uyning ijobiy va salbiy tomonlari sanab o'tildi. Aqilli uylar nima sababdan keng tarqalayotganligi haqida so'z yuritiladi.

Tayanch so'zlar: energiya samarador, energiya tejankor, passiv uylar, aktiv uylar, aqilli shahar, aqilli uy.

Abstract: This article provides information about energy efficient buildings given About the smart house and its possibilities were mentioned. Positive and negative aspects are listed. Why smart homes are becoming widespread is talked about.

Key words: energy efficient, energy saving, passive houses, active houses, smart city, smart house.

Аннотация: В данной статье представлена информация об энергоэффективных зданиях. данный Об умном доме и его возможностях упоминалось. Положительный и перечислены отрицательные стороны. Почему умные дома получают широкое распространение говорится о.

Ключевые слова: энергоэффективность, энергосбережение, пассивные дома, активные дома, умный город, умный дом.

Aqlli uy nima? Bu barcha tizimlarni, yordamchi dasturlarni yoki turar-joy qurilmalarini boshqaradigan yuqori texnologiyali avtomatlashtirish tizimi. Oddiy qilib aytganda, bu unga ulangan barcha qurilmalarning ishlashini kuzatadigan va muvofiqlashtiradigan protsessor.

Aholi duch keladigan muammolarning aksariyati ma'lum bir aloqa tuguniga yoki quyi tizimga e'tiborning etishmasligi bilan bog'liq. Uydagi isitish, suv, elektr tarmoqlari - bu barcha uskunalar guruhlariga vaqti-vaqti bilan aniqlanmagan kichik nosozliklar tufayli vaqti-vaqti bilan jiddiy muammo darajasiga ko'tarilgan. O'z navbatida, kompleks aloqa aloqalarining ishlashini doimiy ravishda kuzatib boradi, yuzaga keladigan tahdidlar yoki mumkin bo'lgan nosozliklar to'g'risida o'z vaqtida ogohlantiradi.

Kompleksning tuzilishi foydalanuvchi uchun maksimal darajada qulaylik uchun yaratilgan, masalan, smartfon yordamida butun tizimni boshqarish mumkin. Ushbu texnologiya tufayli ma'lum bir tugunni yoqish yoki o'chirish, bir ish rejimidan boshqasiga o'tish vaqtini dasturlash mumkin bo'ladi. Masalan, har kuni ko'cha yoritilishini yoqish / o'chirishni tashkil qiling, ob-havo sharoitlariga qarab isitish tizimidagi haroratni ko'taring yoki pasaytiring. Yashash xonasida DVD-ROM-ni yoqishga imkon beradigan, ammo egasi uchun qulayroq bo'lsa, uni oshxonada o'rnatilgan televizorda tomosha qilish uchun bitta masofadan boshqarish pulti yordamida butun uyning elektron qurilmalarini boshqarish mumkin bo'ladi. Bunday tizimning imkoniyatlari katta va faqat amalga oshirish turlari va imkoniyatlariga bog'liq. Aqilliy uy turli xil qulayliklarni mustaqil ravishda yaratish ustida ish boshlashdan oldin, aqlli uy tizimi nima ekanligini va u nimaga qodirligini tushunishingiz kerak. Aqlli uyni ikki yoki uchta funktsiya bilan tavsiflab bo'lmaydi. Qisqacha ta'rif uchun shuni aytish kerakki, bunday tizimda barcha aloqa kompyuterga ulangan va uning yordami bilan boshqariladi. Tizim uyning xonalarida haroratni sinchkovlik bilan kuzatib boradi, videokameralardan suratga olish va kuzatishni amalga oshiradi. Kompyuter texnologiyasidan foydalanib, siz yorug'lik, zamin yoki batareyalarning haroratini o'zgartirishingiz, turli xil elektr jihozlarini yoqishingiz va boshqa ko'p narsalarni amalga oshirishingiz mumkin. Uyda turli xil modullar bilan jihozlanish darajasi ulangan jihozlar yoki ustaning tasavvurlari va ijodiy qobiliyatlari bilan belgilanadi. Uyda bunday tizimni tashkil qilishni boshlash nima uchun yaxshiroq? Chunki shu bilan birga, egasining o'zi turli xil modullarni tartibga solish, ularni murakkablashtirish va o'zgartirish imkoniyatiga ega bo'ladi. Uning qo'lida ochiq manbali tizim mavjud bo'lib, uni o'z

xohishiga ko'ra tuzatishi mumkin. Tayyor modullar va to'plamlar bunday harakatlar erkinligini bermaydi.

Mamlakatimizda "Aqlli shahar" innovatsion texnologiyalari joriy etishning boshlang'ich bosqichi davom etmoqda. Toshkent shahrida "Xavfsiz shahar", "Aqlli hisoblagichlar", "Aqlli transport", "Aqlli tibbiyot yo'nalishlari" bo'yicha dastlabki sinov loyihalarini rejalashtirilib va ular amalga oshirilmoqda. Shu bilan birga Nurafshon shahrida zamonaviy shahar infratuzilmasini joriy etish bo'yicha keng qamrovli ishlar hamda "Tashkent City" va "Delta City" loyihalari doirasida zamonaviy shaharsozlik infratuzilmasini joriy etish bo'yicha kompleks ishlar amalga oshirilmoqda.

Aqlli transport "Aqlli transport" aloqa tizimi orqali yo'llarda vaziyatni to'liq aniqlash, shuningdek, mobil operatorlar ma'lumotlari va SRS signallaridan foydalangan holda transportlar oqimini nazorat qilish imkoniyatini yaratadi. Yo'llardagi tirbandlikni kamayishiga, transport vositalarining qisqa yo'llar orqali manzilga yetib borishiga, yo'lovchilarning vaqtlarini tejashga xizmat qiladi. Transportlarni joylashtirish uchun bo'sh joylar va ularning orasidagi masofani aniqlovchi "Aqlli joylashtirish" texnologiyasi, avtomobil va yo'llardan foydalanish uchun elektron to'lov tizimlari, yo'lovchilarni tashish holatini uzluksiz monitoring qilish, geoaxborot texnologiyalari va navigatsiya tashkil etilishi o'z navbatida haydovchilar va yo'lovchilarga qulaylik yaratadi.

Aqlli ta'lim "Aqlli ta'lim" har qanday insonga o'z bilimlarini sinab ko'rish imkoniyatini beradi. Unda sun'iy intellekt bazasidagi ta'lim tizimi onlayn va oflayn uslublaridagi integratsiya tizimlari shaxsni intellektual salohiyatini aniqlaydi, adaptiv va mobil o'qitish texnologiyalaridan foydalangan holda masofaviy ta'lim olish va elektron o'qitish imkoniyatini beradi. Bunda ta'limning barcha bosqichlarini qamrab olgan elektron jurnallardan foydalaniladi.

Aqlli tibbiyot "Aqlli tibbiyot" tizimida tibbiy internet va mobil ilovalar asosida inson salomatligini masofadan monitoring qilish, virtual tibbiy ko'rikdan o'tkazish, hatto elektron retseptlar yozish joriy etiladi.

Simsiz aloqadan foydalangan holda tibbiy yordamni uyda olish imkoni ham tug'iladi. Tibbiy ma'lumotlar asosida kasallikni oldini olish, sog'ayish jarayonlarini tahlil qilish uchun sun'iy intellekt texnologiyalari joriy etilishi ham ko'zda tutilgan.[1]

Aqlli energetika tizimi "Aqlli energetika va energiya tejovchi texnologiyalar"dan ("aqlli chiroqlar", "aqlli yoritgichlar") foydalanishga o'tish iste'mol qilinayotgan elektr energiyani tejash, uni uzatish jarayonidagi uzilishlarda yo'qotishlarni qisqartirish, uskunalar uchun kapital sarf-xarajatlar va avariya holatlari sonini kamaytirish, shuningdek, elektr tarmoqlarining mustahkamligi va sifatini oshirishga imkoniyat yaratadi. Bunda harakatni va yorug'likni sezuvchi, kunduzi quyosh energiyasida elektr quvvati olib, kechasi sarflaydigan "aqlli chiroqlar", "aqlli yoritgichlar"dan foydalaniladi.

Aqlli suv ta'minoti va oqava suv "Aqlli suv ta'minoti va oqava suv" texnologik yechimlarini joriy etish orqali suv ta'minoti va oqava suv resuslaridan samarali foydalanish yo'lga qo'yiladi. Iste'molchilar va ko'rsatilgan xizmatlar hajmini hisobga olish tizimi yaratilib, markaziy dispetcherlik ishlarini avtomatlashtiriladi. Onlayn monitoring olib boriladi, avariya holatlari sodir bo'lganida suv bilan ta'minlovchi nasoslarni avtomatik tarzda o'chirish tizimi yaratiladi. Bu o'z navbatida suv resurslarining tejalishiga, ta'mirlash ishlarining tez va sifatli amalga oshirilishiga xizmat qiladi.

Aqlli uy-joy kommunal xo'jaligi "Aqlli uy-joy-kommunal xo'jaligi" dasturiy ta'minot asosida kommunal xizmatlari hajmi va ularning xisobi yuritiladi. Kommunal xizmatlarning barcha turlari doimiy ravishda monitoring qilinadi. Natijada kommunal resurslar va xizmatlarga bo'lgan ehtiyoj qondiriladi, iste'molchilarning manfaatlari va texnologiyalar rivojlanishi hisobga olingan holda xizmat ko'rsatish orqali resurslar (gaz, elektr energiya va suv) taqsimoti muvofiqlashtiriladi.

Aqlli qurilish "Aqlli qurilish" qurilish jarayonlarini monitoring qilish va operativ boshqarish tizimi bo'lib, obyektlarni qurish jarayonini soddalashtiradi, qurish muddatlarini qisqartiradi. Bu esa zamonaviy va samarali uy-joylar qurish standartlari yaratilishiga olib keladi. Innovatsion qurilish materiallaridan foydalangan holda qurilish uchun loyiha hujjatlari tizimi shakllantiriladi.

Aqlli uy “Aqlli uy”da texnologiyasi uy egasining ehtiyojlaridan kelib chiqqan holda joriy etish turli “aqlli” elementlarni joriy qilish orqali insonlarning turmush sifatini oshirish bilan bir qatorda resurslarni tejashga xizmat qiladi.

Yong‘inga qarshi va qo‘riqlash signalizatsiyasi, avariya holatlarni nazorat qilish (suv oqib ketishi, gaz chiqishi, elektr tizimidagi avariya), ichki va ko‘cha yoritkichlarini boshqarish tizimlaridan foydalaniladi. Internet orqali uyning barcha tizimlarini boshqarish va uzoqdan monitoring qilish imkoni tug‘iladi.

Aqlli hokimiyat “Aqlli hokimiyat” joriy etilishi orqali ijro etuvchi hokimiyat vakillari va shahar aholisi o‘rtasidagi o‘zaro munosabatlar, axborot ochiqligi ta‘minlanadi. Ariza va shikoyatlar berish uchun uzatuvchi qurilmalardan va fuqarolarni ogohlantirishning zamonaviy usullaridan foydalaniladi.

Aqlli mahalla “Aqlli mahalla” texnologiyasi “Aqlli shahar”ning bir qismi bo‘lib, u fuqarolarning hayot sifatini yaxshilash, ularga qulaylik yaratish, xavfsizlikni ta‘minlash, shuningdek, shahar va aholi xarajatlarini optimallashtirish maqsadida joriy etiladi. Xususan, taksi chaqirish va uning to‘lovi uchun internet-xizmat ishlarini yo‘lga qo‘yish, mehnat bozori haqida ma‘lumot olishda qulaylik yaratiladi. Shuningdek, chiqindilarni ruxsatsiz tashlashning oqibatlarini bartaraf etishda jamoatchilikning ishtirokini ta‘minlaydi.

“Aqlli shahar” texnologiyalarini joriy etish natijasida shahar va hududlar infrastrukurasini, uy-joy kommunal xizmatlari, transport logistikasi, favqulodda xizmatlarni yagona kompleksiga birlashtirilib, ular o‘zaro integratsiya va muvofiqlashtirilib boshqarishning zamonaviy intellektual tizimi joriy etiladi.[2]

Aqlli shaharlarning aqlli uylarini tahlili Ta‘kidlash joizki, uylar qurilishidagi har bir yangilik, zamonaviylik tagida yangi, yuqori texnologiyalarga asoslangan va siz bilan bizga ma‘qul bo‘lgan yashash, turmush sharoitimizdagi qulaylik, yengillik, osonlik, ta‘bir joiz bo‘lsa, g‘amxo‘rlik tushunchalari ham yotadi. «Aqlli uy» tushunchasi dastlab, 1950 yili Vashingtondagi «Aqlli uy» instituti tomonidan umrimizning uchdan ikki qismi o‘tadigan – xonadonimizdagi, xo‘jaligimizdagi ish vaqtidan samarali foydalanish maqsadida o‘ylab topilgan edi. “Aqlli uy”dagi barcha elektron maishiy xizmat apparat va mashinalari hozir butun dunyo bo‘ylab keng joriy etilayotgan: Universal Plug’n’Play tizimiga ulanib, bir puldan turib boshqarilmoqda. «Aqlli uy» tushunchasi ostida katta ma‘no-yu mazmuni yotibdi. Uydagi elektronika, axborot-kommunikatsiya vositalari, maishiy texnika asboblari ishini inson izmiga, uning istak va xohishiga bo‘ysundirish masalasi turibdi. Shu maqsadda ilg‘or davlatlarda «Bino boshqarilishini inson izmiga bo‘ysundirish bo‘yicha mobil elektron tizim» yaratilgan. Bunda xonadonda istiqomat qilayotganlarga qulayliklar yaratish uchun bor bo‘lgan barcha mashina: turli apparat, muzlatgich, televizor, komputer, boshqa vositalar inson tomonidan bitta tugmachani bosish, kaftni kaftga urib qarsak chalish yoki ovoz yordamida boshqarilishi kerak. Muhimi, inson ko‘zi achib olov yoqmaydi, beli og‘rib o‘tin yormaydi va o‘z ustida ishlash, malakasini oshirish, fikr doirasini kengaytirish, ijod qilish va o‘zi bilan shug‘ullanish, jismoniy tarbiya qilish uchun bo‘sh vaqti ko‘payadi. Shu yerda yana bir narsadan ehtiyot bo‘lish kerak, «yalqovlik» insondan avval tug‘ilgan degan gap bor. Bu demak, inson bo‘sh vaqtda televizor ko‘rish, mobil telefon o‘ynash, «ese-mes-ka» jo‘natishu qabul qilish, (albatta zarur bo‘lib qolgan paytlardan tashqari), internetga kirish va soatlab unda qolib ketish, sigaret chekish yoki boshqa zararli odatlar bilan shug‘ullanishdan o‘zini ayashi kerak. Sababi, hayot murakkablashmoqda, maktab, litsey, kollej, institut va universitetlar bilimni kerak bo‘lgan hajmda to‘la berib ulgura olmayapti. Qo‘shimcha mablag‘ sarf qilib repetitorlar yollashga to‘g‘ri kelayapti. Har bir soha, kasb-hunar bo‘yicha mutaxassis bilishi kerak bo‘lgan axborot hajmi yildan-yilga ortib bormoqda. Yo ulardan o‘z vaqtida xabardor bo‘lib turishimiz kerak, hatto shart, yoki malakasi o‘rta-miyona mutaxassis bo‘lib qolaveramiz. Mutaxassis sifatida borligingiz ham bilinmaydi, yo‘qligingiz ham. Bundan to‘g‘ri xulosa chiqarayotgan yoshlar hozirgi kunda kam emas. Ular katta yutuqlarga erishmoqda. Internet orqali til o‘rganib, o‘zlariga ma‘qul bo‘lgan o‘quv yurtlari, ish joylarini topib dunyoning istagan burchaklariga yo‘llanma olib o‘qishda, o‘z ustida ishlashda, sevgan ishi bilan shug‘ullanishda davom etishmoqda.

Insoniyat yana bir katta kashfiyot: inson aqlining andozasi sifatidagi «sun'iy intellekt» – «sun'iy aql», «sun'iy idrok» yaratish arafasida turibdi. Vaqti kelib «aqli uy»larni anu shu – “sun'iy intellekt” boshqarishga o'tadi. Shunda bizning bugungi «aqli uy»larimiz «aqli uy» emas, «intellektual uy»larga aylanadi. Va bugun biz o'zimiz bajarayotgan ishlarni, yechayotgan muammolarni uylarning «sun'iy intellekti» yechimini topib, paydo bo'lgan masala, muammoni insonning aralashuvisiz o'zi hal qiladi, deyishmoqda mutaxassislar.

«Intellektual uy»ning isitish va sovutish tizimi datchiklar ko'rsatmasiga qarab, haroratni yo ko'tarib, yo pasaytirib, uydagi havoni mo'tadil bir me'yorda ushlab turadi. Yarim kechasi, hamma uxlayotgan paytda uyning biron joyidan mabodo suv oqib qolsa yoki gaz chiqib ketsa bormi, «sun'iy intellekt» shu quvurga kelayotgan suvni yopib «rezerv»da (zaxirada) bo'lgan boshqa quvurdan yo'naltirib yuboradi, gazni butunlay yopadi va signal beradi. Uy ichidagi havoda kislorodning, toza havoning miqdoriga qarab derazalar kerakli me'yor, miqdor va muddatga ochilib, yopilib turadi. Bu ishlarning barchasi avtomatik tarzda bitta markazdan turib boshqariladi. Barcha dam olayotgan, uxlayotgan yoki toqqa, suv bo'yiga – «uik end»ga (dam olishga) ketgan paytlarida uyga begona shaxs kirib qolsa bormi, «sun'iy intellekt» zudlik bilan kerakli joyga xabar qiladi. Uyingizning hovlisidan tortib, barcha xonalarini qo'lingizdagi mobil telefonda qayerda bo'lishingizdan qat'i nazar, istagan paytingizda ko'rib turishingiz mumkin. Aytgandek, bularning anchasi hozirning o'zida Toshkentning ayrim mahallalaridagi «aqli» yoki hozircha «yarim, chorak aqli» uylarda ishlatilib qulayligi, afzalligiyu samarasini namoyish etmoqda.[3]

Yuqoridagi keltirilgan malumotlardan kelib chiqib shuni aytishim mumkinki aqli uylarni va aqli shaharlarni qurish ahamiyatga molik deb hisoblanadi. Sababi shundaki hozirgi davrda butun jahonning zamonaviy texnologiyalar asosida qurish yo'lga qo'yilmoqda.

Adabiyotlar

- [1]. Hans-Petter Halvorsen “Programming with Arduino” <https://www.halvorsen.blog> Publisher: 978-82-691106 ISBN: 978-82-691106-3-0 Copyright © 2018
- [2]. Эрик Шернич “Arduino для детей” 171 Pages 2019
- [3]. Массимо Банци “Arduino для начинающих волшебников” SBN: 978-5-4252-0631-2 Год издания: 2012 Издательство: Рид Групп Язык: Русский.

SUN'IY INTELLEKT ASOSIDA AUDIOVIZUAL KONTENTNI TARJIMA QILISHNING NAZARIY ASOSLARI

O.M. Urishev*, M.M. Axmedov

Farg'ona davlat texnika universiteti

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

(Qabul qilindi 10.03.2026 y.)

Annotatsiya: Ushbu maqolada sun'iy intellekt texnologiyalari yordamida ingliz tilidagi audiovizual kontentni o'zbek tiliga tarjima qilishning nazariy asoslari ko'rib chiqiladi. Avtomatik nutqni tanish (ASR), neyron mashinaviy tarjima (NMT) va matndan nutqqa o'tkazish (TTS) tizimlarining zamonaviy holati tahlil qilinadi. O'zbek tili uchun mavjud resurslar, morfologik xususiyatlar va tarjima sifatiga ta'sir etuvchi omillar muhokama etiladi. Maqola sohaning dolzarb muammolarini aniqlashga va kelajakdagi tadqiqotlar uchun yo'nalishlar belgilashga qaratilgan.

Tayanch so'zlar: sun'iy intellekt, audiovizual kontent, mashinaviy tarjima, ovoz sintezi, neyron tarmoq, o'zbek tili, chuqur o'rganish, Whisper, transformer.

Аннотация: В данной статье рассматриваются теоретические основы перевода аудиовизуального контента на английском языке на узбекский язык с использованием технологий искусственного интеллекта. Анализируется современное состояние систем автоматического распознавания речи (ASR), нейронного машинного перевода (NMT) и синтеза речи (TTS). Обсуждаются доступные ресурсы для узбекского языка, морфологические особенности и факторы, влияющие на качество перевода. Статья направлена на выявление актуальных проблем и определение направлений для будущих исследований.

Ключевые слова: искусственный интеллект, аудиовизуальный контент, машинный перевод, синтез речи, нейронная сеть, узбекский язык, глубокое обучение, Whisper, трансформер.

Abstract: This paper examines the theoretical foundations of translating English-language audiovisual content into Uzbek using artificial intelligence technologies. The current state of automatic speech recognition (ASR), neural machine translation (NMT), and text-to-speech (TTS) systems is analyzed. Available resources for the Uzbek language, morphological characteristics, and factors affecting translation quality are discussed. The article aims to identify pressing challenges in the field and outline directions for future research.

Keywords: artificial intelligence, audiovisual content, machine translation, speech synthesis, neural network, Uzbek language, deep learning, Whisper, transformer.

Kirish.

Bugungi kunda raqamli kontent dunyo bo'ylab tez tarqalmoqda. YouTube, Netflix, Coursera va boshqa platformalarda ingliz tilidagi millionlab soatlik video mavjud bo'lib, ulardan foydalanish chet tilini bilmaydiganlar uchun qiyinligicha qolmoqda. Aynan shu holat ingliz tilidagi audiovizual kontentni o'zbek tiliga avtomatik tarjima qilish muammosini dolzarb ilmiy-amaliy masalaga aylantirmoqda. O'zbekistonda ta'lim, fan va ommaviy axborot vositalarining rivojlanib borayotganligi bilan bir qatorda chet tildagi kontentga bo'lgan talab ham ortib bormoqda. Biroq professional tarjimonlar xizmatining qimmat ekanligi va real vaqt rejimida tarjima qilish imkonsizligi bu talabni to'liq qondira olmaydi. Shu sababli sun'iy intellekt asosidagi avtomatlashtirilgan tarjima tizimlariga qiziqish ortib bormoqda.

O'zbekistonda raqamli o'zgarishlarni qo'llab-quvvatlash bo'yicha davlat dasturlari jumladan, "Raqamli O'zbekiston – 2030" strategiyasi axborot texnologiyalarini rivojlantirishga katta e'tibor qaratmoqda. Bu muhit sun'iy intellekt asosidagi tarjima vositalarini yaratish uchun qulay zamin tayyorlamoqda.

Ushbu maqolaning maqsadi audiovizual kontentni ingliz tilidan o'zbek tiliga tarjima qilishda foydalaniladigan sun'iy intellekt texnologiyalarining nazariy asoslarini tizimli ravishda bayon etish, mavjud yondashuvlar va vositalarni tahlil qilish, hamda bu sohadagi asosiy muammolarni aniqlashdan iborat.

Adabiyotlar tahlili.

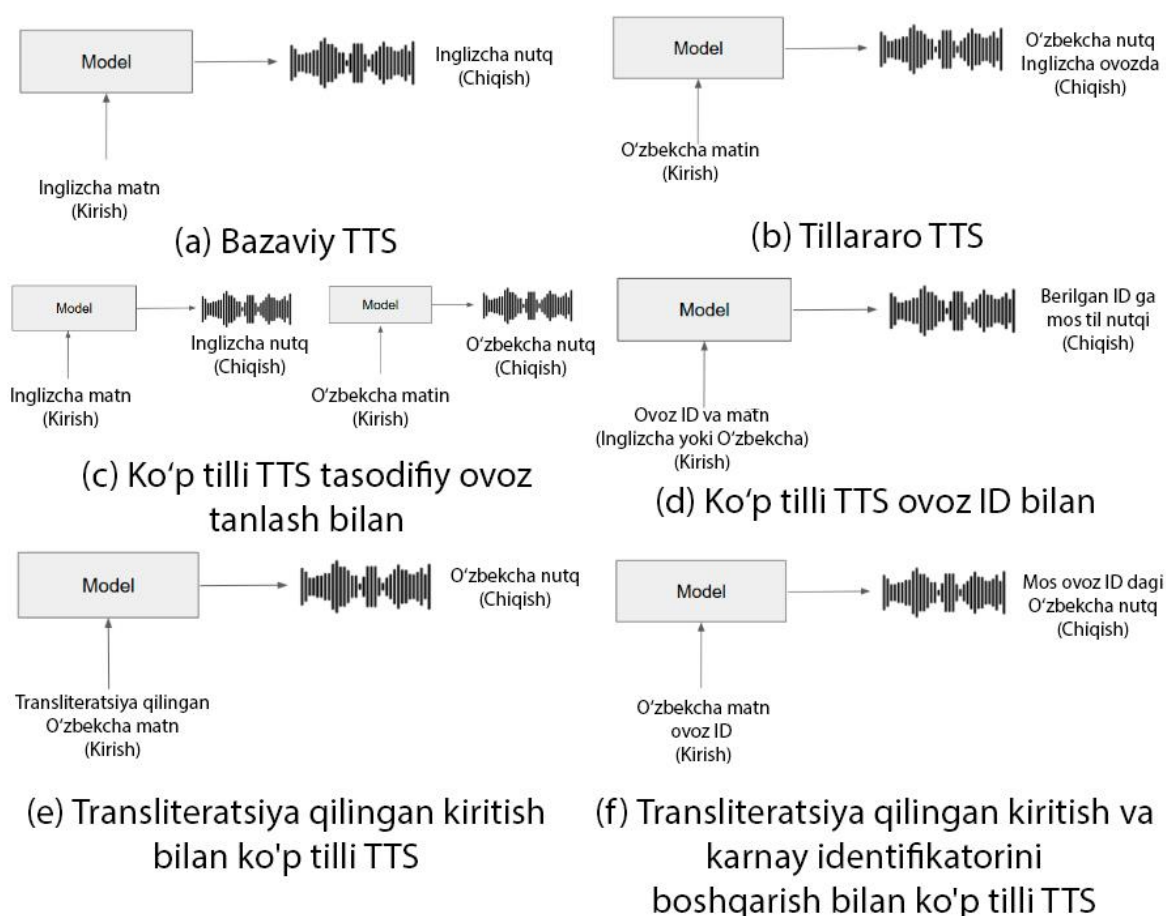
So'nggi o'n yillikda sun'iy intellekt va tabiiy tilni qayta ishlash (NLP) sohasida erishilgan yutuqlar audiovizual tarjimani yangi bosqichga olib chiqdi. Bu sohadagi tadqiqotlarni bir nechta asosiy yo'nalish bo'yicha ko'rib chiqish maqsadga muvofiq.

Transformer arxitekturasini va yirik til modellari. Vaswani va boshqalar (2017) "Attention Is All You Need" nomli maqolasida taqdim etilgan transformer modeli NLP sohasida haqiqiy inqilob yasadi. Ushbu arxitektura o'z-o'ziga e'tibor (self-attention) mexanizmi orqali uzun kontekstdagi bog'liqliklarni samarali ushlab imkonini beradi. Keyinchalik BERT, GPT seriyasi va mT5 kabi modellar shu arxitektura asosida yaratildi. Avtomatik nutqni tanish sohasida Radford va boshqalar (2022) tomonidan taqdim etilgan Whisper modeli alohida diqqatga sazovor. Model 680,000 soatlik ko'p tilli nutq ma'lumotlari asosida o'rgatilgan bo'lib, 96 tilda ishlay oladi. Whisper o'zbek tilini ham qisman qo'llab-quvvatlaydi, biroq bu tildagi so'z xatosi darajasi (Word Error Rate) hali qoniqarli emas.

Neyron mashinaviy tarjima yo'nalishida Helsinki-NLP guruhining OPUS-MT loyihasi ingliz-o'zbek tili uchun ochiq manbali model taqdim etdi. Biroq Sobirov (2020) ta'kidlaganidek, ikkala til orasidagi tipologik farq ingliz tilining analitik, o'zbek tilining esa agglutinatив tuzilishi tarjima sifatini sezilarli pasaytiradi. Xususan, o'zbek tilidagi fe'l gap oxirida kelishi va ko'plab grammatik ma'nolarning suffikslar orqali ifodalanishi tarjima modellarini adashtirib qo'yishi mumkin.

Ovoz sintezi sohasida WaveNet (van den Oord et al., 2016), Tacotron 2 (Wang et al., 2017) va VITS (Kim et al., 2021) arxitekturalari tobora real ovoz sifatiga erishib bormoqda. Microsoft Edge-TTS xizmati o'zbek tili uchun uz-UZ-MadinaNeural va uz-UZ-SardorNeural ovozlarni taqdim etgan, bu esa o'zbek tilidagi TTS sifatini sezilarli oshirdi. Matndan nutqqa (TTS)

tizimlarining oddiy ko‘rinishdan murakkab ko‘rinishgacha bo‘lgan rivojlanish bosqichlari (1-rasm) da tushuntirib berilgan.



1-rasm. TTS tizimining rivojlanish bosqichlari.

- (a)** qismida bazaviy TTS modeli inglizcha matnni qabul qilib, standart inglizcha nutqni hosil qilishi ko‘rsatilgan.
- (b)** dagi tillararo TTS modeli o‘zbekcha matn kiritilganda uni inglizcha ovoz ohangi bilan gapirishga moslashtiradi.
- (c)** tasodifiy ovoz tanlash funksiyasi orqali matn tiliga qarab ingliz yoki o‘zbek tillarida erkin nutq yaratishni ifodalaydi.
- (d)** modelga maxsus Ovoz ID biriktirilgan bo‘lib, bu foydalanuvchiga aniq bir shaxs ovozini tanlash imkonini beradi.
- (e)** transliteratsiya qilingan (masalan, kirilldan lotinga) o‘zbekcha matnlarni ham qayta ishlab, nutqqa aylantira olish qobiliyatini ko‘rsatadi.
- (f)** esa ham transliteratsiya, ham maxsus karnay (speaker) identifikatori bilan eng aniq va boshqariladigan nutqni hosil qiladi.

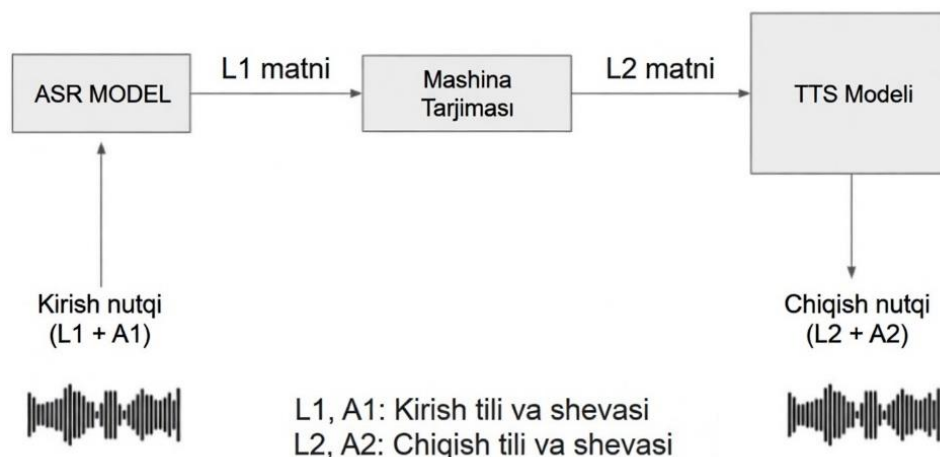
Har bir sxemada Model markaziy bo‘g‘in bo‘lib, u kiruvchi ma’lumotni raqamli audio to‘lqin ko‘rinishidagi chiqishga aylantiradi. Mazkur tasvirlar umumiy holda sun’iy intellektning turli tillar va ovoz xususiyatlari o‘rtasidagi murakkab bog‘liqlikni qanday boshqarishini tushuntiradi.

Audiovizual tarjimani yaxlit pipeline sifatida ko‘rib chiqqan tadqiqotlarda Meenakshi va boshqalar (2024) real vaqt ko‘p tilli nutq tarjimasini taqdim etishgan: WebRTC, Whisper, GPT, gTTS kombinatsiyasini ishlatib, peer-to-peer qo‘ng‘iroqlar uchun real vaqt tarjimasini amalga

oshirilgan. Chen va boshqalar (2024) esa simultaneous speech translation (SimulST) sohasida kechikish va sifatni muvozanatlash muammosini DiG-SST yondashuvi bilan hal qilishga uringan.

O'zbek tiliga xos NLP resurslar masalasida Juraev va boshqalar (2023) sohaning holati to'liq emas ekanligini ko'rsatib berdi: mavjud nutq korpuslari hajmi ingliz tilidagi resurslardan bir necha tartibga kichik, terminologik standartlashtirish esa tugallanmagan. Tiedemann (2020) OPUS parallel korpuslarini tahlil qilib, ingliz-o'zbek juftligi uchun mavjud ma'lumotlar boshqa til juftliklariga nisbatan ancha kam ekanligini ta'kidladi.

Umuman olganda, adabiyotlar tahlili shuni ko'rsatadiki: texnologik bazasi mavjud va jadal rivojlanmoqda, ammo o'zbek tili uchun moslashtirilgan, yuqori sifatli resurslar va tarjima tizimlari hali tizimli ravishda ishlab chiqilmagan. Bu esa ushbu yo'nalishda yangi tadqiqotlar olib borishni talab qiladi.



2-rasm. Zamonaviy audiovizual tarjima pipeline-ning umumiy sxemasi: ASR-MT-TTS.

Audiovizual kontent turlari va ularning xususiyatlari: Audiovizual kontent bu audio va vizual komponentlarni birlashtirib, ma'lumotni bir vaqtda ko'rish va eshitish orqali uzatuvchi media turi. Raqamli texnologiyalarning rivojlanishi bilan bu turdagi kontentning hajmi va xilma-xilligi misli ko'rilmagan darajada ortdi. Statistika (2024) ma'lumotlariga ko'ra, YouTube platformasiga har daqiqada 500 soatdan ortiq yangi video yuklanmoqda.

Ta'limiy videolar (educational videos) - onlayn kurslar, dars yozuvlari, tutorial videolar va vebinarlarni o'z ichiga oladi. Bu turdagi kontentda nutq odatda aniq, o'lchangan tezlikda bo'ladi taxminan 120-160 so'z/daqqa. Tushuntirishlar izchil, atamalar esa ko'pincha takrorlanadi. Subtitrlashga bo'lgan ehtiyoj yuqori bo'lib, tarjima sifatiga qo'yiladigan talab ham yuqori hisoblanadi, chunki noto'g'ri tarjima o'quvchi tushunishiga bevosita ta'sir qiladi (Danan, 2020).

Yangiliklar va hujjatli kontent - voqelik haqida ob'ektiv axborot beruvchi, ko'pincha jonli suratga olingan yoki montaj qilingan kontent. Bu turkumda nutq tezligi baland (180-220 so'z/daqqa), fon shovqini esa ko'p bo'ladi. Tez o'zgaruvchan leksika, geografik nomlar va shaxs ismlari ko'p uchraydi, bu esa avtomatik tarjima uchun qo'shimcha qiyinchilik tug'diradi.

Ko'ngilochar kontent - seriallar, filmlar, showlar va bloglar. Bu turdagi kontentda og'zaki nutq, idiomatic iboralar, hazillar va madaniy kontekstga bog'liq iboralar keng qo'llaniladi. Bu turkum tarjima uchun eng murakkab hisoblanadi, chunki nutq tabiiy va spontan bo'lib, ovoz effektlari, musiqa va bir vaqtda bir necha kishining gapirishlari tez-tez uchraydi (Díaz Cintas & Remael, 2021).

Reklama va marketing kontenti - odatda 15 soniyadan 3 daqiqagacha davom etadigan, emotsional ta'sir kuchiga mo'ljallangan kontent. Metafora, so'z o'yini va madaniy ramzlar keng qo'llaniladi. Tarjimada bunday iboralarning ekvivalentini topish avtomatik tizimlar uchun hali hal etilmagan muammo bo'lib qolmoqda.

Podkastlar va vebinarlar - uzoq davomli (30 daqiqadan bir necha soatgacha), ko'p fikrli suhbat formati. Nutq tezligi va aksent xilma-xilligi, shuningdek bir necha so'zchining navbatma-navbat gapirishi ASR tizimlarining aniqligini pasaytiradi. Karakanta va boshqalar (2020)

ta'kidlaganidek, turli aksent va nutq tempi bilan ishlash zamonaviy avtomatik tarjima tizimlarining eng kuchsiz tomonlaridan biridir.



3-rasm. Audiovizual kontent turlari va ularning tarjimaga ta'sir etuvchi xususiyatlari.

Audiovizual tarjimada lip-sync (lab harakati sinxronizatsiyasi) muammosi dublyaj usuli uchun eng muhim texnik talab hisoblanadi. O'zbek tilidagi jumlarlar inglizchaga nisbatan o'rtacha 15-25% uzunroq bo'lganligi sababli lip-sync muammosi yanada keskinlashadi.

Sun'iy intellekt tushunchasi va rivojlanish bosqichlari: Sun'iy intellekt (SI) kompyuter tizimlarining inson intellektiga xos vazifalarni fikrlash, o'rganish, muammolarni hal qilish va til tushunishni bajarish qobiliyati. Bu tushunchaning ilmiy asoslarini John McCarthy 1956-yilda Dartmouth konferensiyasida yoritgan. U SI ni "mashinalarda inson intellektiga o'xshash xatti-harakat yaratish fani va muhandisligi" deb ta'riflagan (McCarthy et al., 1955).

SI rivojlanishini to'rtta asosiy bosqichga ajratish mumkin.

Davr	Yillar	Asosiy yutuqlar va matematik usullar
Dastlabki davr	1950–1969	Mantiqiy qoidalar, Turing testi. Matematik: Boole algebrasi, formal mantiq
Ekspert tizimlar	1970–1985	MYCIN, DENDRAL. Matematik: if-then qoidalar, ehtimollik nazariyasi $P(H E)$
Mashinali o'rganish	1986–2010	Backpropagation, SVM, Random Forest. Matematik: Gradient descent, kernel funksiyalar
Chuqur o'rganish	2012–hozir	AlexNet, Transformer, LLM. Matematik: Attention, softmax, MSE, cross-entropy

Birinchi bosqich-Dastlabki davr (1950-1969) Alan Turing 1950-yilda "Computing Machinery and Intelligence" maqolasida mashinalar o'ylashi mumkinligi haqida mashhur savolni qo'ygan. Bu davrda Logic Theorist (1955) va General Problem Solver (1957) kabi qoidaga asoslangan dastlabki dasturlar yaratildi. Ular cheklangan miqdordagi mantiqiy qoidalar bilan ishlaganlar va haqiqiy dunyoning murakkabligini qamrab ola olmaganlar (Russell & Norvig, 2020).

Ikkinchi bosqich Ekspert tizimlar davri (1970–1985) - tibbiyot diagnostikasi uchun MYCIN, kimyo uchun DENDRAL kabi ekspert tizimlar yaratildi. Bu tizimlar ma'lum soha mutaxassislari bilimlarini if-then qoidalar ko'rinishida kodlab ishlar edi. Ammo ular moslashuvchanlikdan mahrum edi va "SI qishi" (AI Winter) deb nomlangan inqiroz davri yuzaga keldi.

Uchinchi bosqich - Mashinali o'rganish davri (1986–2010) 1986-yilda Rumelhart va McClelland tomonidan taqdim etilgan orqaga tarqalish algoritmi (backpropagation) neyron tarmoqlarga yangi hayot baxsh etdi. SVM, qaror daraxtlari, Random Forest kabi algoritmlar ham shu davrda paydo bo'ldi. Statistik yondashuv hukmron bo'lib, katta ma'lumotlar to'plamlaridan qonuniyatlar o'rganildi (Bishop, 2006).

To'rtinchi bosqich - Chuqur o'rganish va transformer davri (2012-hozirgacha) 2012-yilda AlexNet modelining ImageNet musobaqasida g'alaba qozonishi chuqur o'rganish inqilobini boshladi. 2017-yilda Vaswani va boshqalar transformer arxitekturasini taqdim etdi, bu NLP sohasini butunlay o'zgartirdi. 2020-yildan boshlab GPT-3, GPT-4, Gemini, Claude kabi yirik til modellari (LLM) davri boshlandi (4-rasm).



4-rasm. Sun'iy intellect yordamida ishlovchi chat bot turlari.

Bugungi kunda multimodal modellar (bir vaqtda matn, rasm va ovozni tushunuvchi tizimlar) jadal rivojlanmoqda. Bommasani va boshqalar (2021) "foundation models" tushunchasini kiritib, bu tizimlar bir necha sohada bir vaqtda yuqori samaradorlik ko'rsatishini isbot qildi. OpenAI Whisper, ElevenLabs, Meta MMS kabi maxsus modellar audiovizual tarjima uchun asosiy qurilish bloklariga aylandi.

Neyron tarmoqlarning ishlash prinsiplari va chuqur o'rganish (Deep learning): Neyron tarmoqlar biologik miyadan ilhomlangan matematik modellar bo'lib, ma'lumotlardan qonuniyatlarni o'rganish imkonini beradi. Oddiy neyron tarmoq uch asosiy qatlamdan iborat: kirish qatlami, bir yoki bir necha yashirin qatlamlar va chiqish qatlami. Har bir neyron aktivatsiya funksiyasi (ReLU, sigmoid, softmax) orqali kirish signalini chiqish signaliga o'zgartiradi. O'rgatish jarayonida orqaga tarqalish algoritmi yordamida og'irliklar yo'qotish funksiyasini minimallashtiradigan qiymatga tomonga yangilanadi (Goodfellow et al., 2016). Chuqur o'rganish tizimlarining markazida bir necha muhim matematik formula yotadi.

Orqaga tarqalish algoritmi (Backpropagation) - Neyron tarmoqni o'rgatishning asosi - orqaga tarqalish algoritmi. Har bir og'irlik uchun gradient zanjir qoidasi (chain rule) yordamida hisoblanadi:

$$\frac{\partial L}{\partial w} = \frac{\partial L}{\partial a} \cdot \frac{\partial a}{\partial z} \cdot \frac{\partial z}{\partial w}$$

(1) Zanjir qoidasi yordamida gradient hisoblash

Bu yerda $\partial L / \partial w$ — og'irlikning yo'qotish funksiyasiga ta'siri, a -aktivatsiya, z -neyronning kirish summasi. Hisoblab topilgan gradientdan foydalanib og'irliklar yangilanadi:

$$w \leftarrow w - \eta \cdot \frac{\partial L}{\partial w}$$

(2) SGD orqali og'irliklarni yangilash

Bu yerda η — o'rganish tezligi (learning rate), w -og'irlik koeffitsienti. O'rganish tezligi qanchalik kichik bo'lsa, yangilanish sekinroq, lekin barqarorroq bo'ladi.

Softmax aktivatsiya funksiyasi - Ko'p sinfli tasniflash vazifalarida chiqish qatlamida softmax funksiyasi qo'llaniladi. U barcha chiqish qiymatlarini ehtimolli taqsimotga (summa = 1) aylantiradi:

$$\sigma(z_i) = \frac{e^{z_i}}{\sum_j e^{z_j}}$$

(3) Softmax funksiyasi

Bu yerda z_i - i -neyronning kirish qiymati. Transformer arxitekturasidagi e'tibor mexanizmi ham aynan softmax funksiyasiga asoslanadi.

Cross-Entropy yo‘qotish funksiyasi - Tabiiy til modellari va tarjima tizimlarini o‘rgatishda cross-entropy yo‘qotish funksiyasi standart mezon hisoblanadi. U model bashoratining haqiqiy qiymatdan qanchalik uzoqligini o‘lchaydi:

$$L = -\frac{1}{N} \sum_i \sum_j y_{ij} \cdot \log \hat{y}_{ij}$$

(4) *Cross-Entropy yo‘qotish funksiyasi*

Bu yerda N -namunalar soni, y_{ij} -haqiqiy qiymat (0 yoki 1), $\hat{y}_{ij}$ -model bashorati. Yo‘qotish qanchalik kichik bo‘lsa, model shunchalik aniq ishlaydi.

Perceptron - Birinchi Neyron Modeli - Perceptron eng oddiy sun‘iy neyron. U kirish signallarini og‘irliklar bilan ko‘paytirib, aktivatsiya funksiyasidan o‘tkazadi:

$$y = f\left(\sum_{i=1}^n w_i x_i + b\right) = f(w^T x + b)$$

(5) *Perceptron chiqish formulasi*

$x_1, x_2, \dots, x_n$ - kirish qiymatlari, $w_1, \dots, w_n$ - og‘irliklar (weights), b - bias, f - aktivatsiya funksiyasi.

Misol: Elektron xatning spam yoki spam emasligini aniqlash uchun perceptron:

$$y = f(0.8x_1 + 0.5x_2 + (-0.3)x_3 + 0.2)$$

x_1 = “pul” so‘zi bor (1/0), x_2 = havolalar soni, x_3 = tanish yuboruvchi (1/0)

Agar $y \geq 0.5$ bo‘lsa demak SPAM, aksincha $y < 0.5$ bo‘lsa SPAM EMAS

Aktivatsiya Funksiyalari - Sigmoid (Logistik) funksiya chiqish qiymati 0 va 1 orasida bo‘ladi - ikkilik tasniflash uchun ideal:

$$\sigma(z) = \frac{1}{1 + e^{-z}}$$

(6) *Sigmoid funksiyasi $\sigma(z) \in (0, 1)$*

Sigmoid funksiyasi boshqa neyronlarga o‘tkazilgan signal ehtimolligini ifodalaydi.

ReLU (Rectified Linear Unit) - Chuqur o‘rganishda eng ko‘p ishlatiladigan aktivatsiya funksiyasi:

$$f(z) = \max(0, z) = \begin{cases} z & \text{if } z > 0 \\ 0 & \text{if } z \leq 0 \end{cases}$$

(7) *ReLU — nomanfiy qiymatlarni o‘tkazadi, manfiylarni 0 qiladi*

Softmax - Ko‘p sinfli tasniflash vazifalarida chiqish qatlamida qo‘llaniladi. Barcha chiqish qiymatlarini ehtimolli taqsimotga (yig‘indi = 1) aylantiradi:

$$\sigma_i(z) = \frac{e^{z_i}}{\sum_j e^{z_j}}$$

(8) *Softmax funksiyasi $\sum P(y_i) = 1$*

Misol - raqam tanish (0-9):

$$P(\text{raqam} = 3) = \frac{e^{z_3}}{\sum_{k=0}^9 e^{z_k}}$$

Agar $P(\text{raqam}=3) = 0.87$ bo‘lsa model 87% ishonch bilan «3» deb aniqlaydi.

Yo‘qotish Funksiyalari (Loss Functions) - Model qanchalik xato qilayotganini o‘lchash uchun ishlatiladi. Model o‘qitish - bu funksiyani minimallashtirishga qaratilgan.

MSE - O‘rta Kvadratik Xato (Regressiya uchun):

$$MSE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (y_i - \hat{y}_i)^2$$

(9) *y_i - haqiqiy qiymat, $\hat{y}_i$ - bashorat, n - namunalar soni*

Misol - uy narxi bashorati:

$$MSE = \frac{(200 - 195)^2 + (300 - 310)^2 + (150 - 148)^2}{3} = \frac{25 + 100 + 4}{3} = 43$$

MSE qanchalik kichik bo‘lsa, model shunchalik aniq ishlaydi.

Zanjir qoidasi – Ko‘p qatlamli tarmoq uchun umumlashtirilgan zanjir qoidasi:

$$\frac{\partial L}{\partial w_{(l)}} = \left(\prod_{k=l+1}^L \frac{\partial z_{(k)}}{\partial z_{(k-1)}} \right) \cdot \frac{\partial L}{\partial z_{(L)}} \cdot x^{(l-1)}$$

(10) l - qatlam indeksi, L - oxirgi qatlam

Uch bosqichda ishlaydi:

1. Forward pass: Kirish ma’lumotlari oldinga o‘tib, bashorat hosil bo‘ladi.
2. Loss hisoblash: Haqiqiy va bashorat qilingan qiymatlar farqi o‘lchanadi.
3. Backward pass: Gradiyentlar orqaga tarqalib, barcha og‘irliklar yangilanadi.

Mashinaviy tarjima (MT) va ovoz sintezi (TTS) texnologiyalari hamda o‘zbek tiliga tarjima qilishdagi muammolar: Mashinaviy tarjima rivojlanishida uch asosiy paradigma mavjud: qoidaga asoslangan (RBMT), statistik (SMT) va neyron yondashuv (NMT). Bugungi kunda eng yuqori sifatni transformer arxitekturasiga asoslangan NMT ta’minlamoqda. Encoder-decoder modeli va attention mexanizmi kontekstni chuqur tahlil qilish imkonini beradi. Ingliz-o‘zbek yo‘nalishida Helsinki-NLP tomonidan ishlab chiqilgan OPUS-MT modeli muhim qadamlardan biri hisoblanadi. Ko‘p tilli platformalar Google Translate, DeepL va GPT-4 o‘zbek tilini qisman qo‘llab-quvvatlaydi, ammo sifat barqaror emas.

Audiovizual tarjimada MT tizimi ASR va TTS bilan birgalikda ishlaydi. ASR sohasida Whisper modeli ko‘p tilli aniqligi bilan ajralib turadi, biroq shovqinli muhit va tez nutqda xatoliklar saqlanib qolmoqda. TTS yo‘nalishida neyron modellar sifat jihatidan sezilarli sakrashni amalga oshirdi. WaveNet inson nutqiga yaqin ovoz generatsiyasini boshlab berdi. Tacotron 2 va FastSpeech 2 sintez tezligini va barqarorligini oshirdi. VITS esa akustik model va vokoderni yagona end-to-end tizimga birlashtirdi. Tijorat yechimlari orasida ElevenLabs yuqori sifat va emotsional boshqaruv bilan ajralib turadi, Microsoft Edge-TTS esa o‘zbek tilida tayyor neural ovozlarni taklif qiladi. Shu bilan birga, ingliz tilidan o‘zbek tiliga tarjimada qator cheklovlar mavjud:

1. Lingvistik tafovutlar. Ingliz tili analitik va SVO tartibli, o‘zbek tili esa agglutinatив va SOV tuzilishga ega. Suffiksalar tizimi va fe‘lning gap oxirida kelishi NMT modellarining struktural moslashuvini murakkablashtiradi.

2. Resurslar yetishmasligi. Yuqori sifatli parallel korpus va belgilangan nutq ma’lumotlari hajmi cheklangan. Bu modelni o‘qitish va fine-tuning jarayonini sezilarli darajada susaytiradi.

3. Terminologik nomuvofiqlik. Ilmiy va texnik atamalarining standartlashmaganligi tarjima natijasida izchillik muammosini keltirib chiqaradi.

4. Real vaqt va sinxronizatsiya talablari. ASR-MT-TTS bosqichlari ketma-ket ishlaganda umumiy kechikish (latency) oshadi. Dublyajda esa lip-sync muammosi yuzaga keladi, chunki o‘zbekcha matn ko‘pincha inglizchasidan uzunroq bo‘ladi.

5. Madaniy-pragmatik to‘siqlar. Idiomalar va kontekstual iboralarni avtomatik talqin qilish hali ham murakkab vazifa bo‘lib qolmoqda.

6. Yozuv tizimi masalasi. O‘zbek tilining lotin va kirill yozuvida qo‘llanishi modellarni yagona standart asosida ishlashini qiyinlashtiradi.

Xulosa qilib aytganda, MT va TTS texnologiyalari texnik jihatdan yetuk bosqichga chiqqan bo‘lsa-da, o‘zbek tili uchun sifatli real vaqt audiovizual tarjima tizimini yaratish lingvistik moslashuv, resurs bazasini kengaytirish va optimallashtirilgan pipeline arxitekturasini talab qiladi.

Xulosa

Ushbu maqolada sun‘iy intellekt asosida ingliz tilidagi audiovizual kontentni o‘zbek tiliga tarjima qilishning nazariy asoslari tahlil qilindi. Transformer va chuqur o‘rganish modellariga tayangan ASR, MT va TTS texnologiyalari to‘liq tarjima pipeline yaratish imkonini beradi. Biroq o‘zbek tili uchun korpus va nutq ma’lumotlarining yetishmasligi hamda til tipologik farqlari tarjima sifatiga ta’sir ko‘rsatmoqda. Real vaqt rejimida ishlashda kechikishni kamaytirish muhim texnik vazifa hisoblanadi. Kelgusida ixtisoslashtirilgan modellar va milliy ma’lumotlar bazasini rivojlantirish sohaning tezkor taraqqiyotini ta’minlaydi.

Adabiyotlar

- [1]. Baker, M. (2011). In Other Words: A Coursebook on Translation (2nd ed.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9780203832929>
- [2]. Bishop, C. M. (2006). Pattern Recognition and Machine Learning. Springer.
- [3]. Bommasani, R., Hudson, D. A., et al. (2021). On the Opportunities and Risks of Foundation Models. arXiv:2108.07258. <https://arxiv.org/abs/2108.07258>
- [4]. Brown, T. B., Mann, B., Ryder, N., et al. (2020). Language Models are Few-Shot Learners. Advances in Neural Information Processing Systems, 33, 1877–1901.
- [5]. Casanova, E., Weber, J., Shulby, C. D., et al. (2022). YourTTS: Towards Zero-Shot Multi-Speaker TTS. Proceedings of ICML 2022. <https://proceedings.mlr.press/v162/casanova22a.html>
- [6]. Chen, X., et al. (2024). Divergence-Guided Simultaneous Speech Translation (DiG-SST). Proceedings of AAAI 2024. <https://ojs.aaai.org/index.php/AAAI/article/view/29733>
- [7]. Danan, M. (2020). Dubbing as an expression of nationalism. Meta: Translators' Journal, 36(4), 606–614.
- [8]. Díaz Cintas, J., & Remael, A. (2021). Subtitling: Concepts and Practices. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315674438>
- [9]. Goodfellow, I., Bengio, Y., & Courville, A. (2016). Deep Learning. MIT Press. <http://www.deeplearningbook.org>
- [10]. Helsinki-NLP. (2020). OPUS-MT: Open-source Machine Translation Models. <https://github.com/Helsinki-NLP/Opus-MT>
- [11]. Hochreiter, S., & Schmidhuber, J. (1997). Long Short-Term Memory. Neural Computation, 9(8), 1735–1780. <https://doi.org/10.1162/neco.1997.9.8.1735>
- [12]. Juraev, F., Tursunov, A., & Karimov, B. (2023). O'zbek tili nutqini tanishda zamonaviy yondashuvlar. O'zbekiston Respublikasi Fanlar Akademiyasining Axborotnomasi, 5, 45–52.
- [13]. Karakanta, A., Niehues, J., & Negri, M. (2020). Why Don't People Use Character-level Machine Translation? Proceedings of ACL 2020, 4608–4619. <https://aclanthology.org/2020.acl-main.420>
- [14]. Kim, J., Kong, J., & Son, J. (2021). Conditional Variational Autoencoder with Adversarial Learning for End-to-End Text-to-Speech. Proceedings of ICML 2021. <https://proceedings.mlr.press/v139/kim21f.html>
- [15]. Koehn, P. (2010). Statistical Machine Translation. Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9780511815829>
- [16]. Krizhevsky, A., Sutskever, I., & Hinton, G. E. (2012). ImageNet Classification with Deep Convolutional Neural Networks. Advances in Neural Information Processing Systems, 25.
- [17]. LeCun, Y., Bengio, Y., & Hinton, G. (2015). Deep Learning. Nature, 521, 436–444. <https://doi.org/10.1038/nature14539>
- [18]. McCarthy, J., Minsky, M., Rochester, N., & Shannon, C. E. (1955). A Proposal for the Dartmouth Summer Research Project on Artificial Intelligence. AI Magazine, 27(4), 12–14.
- [19]. Meenakshi, B., Hussain, M. W., & Sai, M. A. (2024). Real-Time Multilingual Speech Translation for Peer Communication. International Research Journal of Advanced Engineering and Technology. <https://irjaeh.com/index.php/journal/article/view/944>
- [20]. Mirzayev, A., & Karimov, D. (2023). O'zbek tilidagi NLP resurslarining holati. Axborot Texnologiyalari va Muhandisligi, 2(3), 28–36.
- [21]. Mozilla Foundation. (2023). Common Voice Dataset. <https://commonvoice.mozilla.org>
- [22]. Ouyang, L., Wu, J., Jiang, X., et al. (2022). Training Language Models to Follow Instructions with Human Feedback. Advances in Neural Information Processing Systems, 35. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2203.02155>
- [23]. Radford, A., Kim, J. W., Xu, T., et al. (2022). Robust Speech Recognition via Large-Scale Weak Supervision. arXiv:2212.04356. <https://arxiv.org/abs/2212.04356>
- [24]. Ren, Y., Ruan, Y., Tan, X., et al. (2020). FastSpeech 2: Fast and High-Quality End-to-End Text to Speech. arXiv:2006.04558. <https://arxiv.org/abs/2006.04558>
- [25]. Russell, S., & Norvig, P. (2020). Artificial Intelligence: A Modern Approach (4th ed.). Pearson.
- [26]. Sennrich, R., Haddow, B., & Birch, A. (2016). Improving Neural Machine Translation Models with Monolingual Data. Proceedings of ACL 2016, 86–96. <https://aclanthology.org/P16-1009>
- [27]. Sobirov, A. (2020). Ingliz va o'zbek tillari qiyosiy grammatikasi. O'zbek Tili va Adabiyoti, 1, 12–19.
- [28]. Statista. (2024). Hours of video uploaded to YouTube every minute. <https://www.statista.com/statistics/259477/hours-of-video-uploaded-to-youtube-every-minute/>
- [29]. Tiedemann, J. (2020). The OPUS Corpus Collection. Proceedings of LREC 2020. <http://opus.nlpl.eu>
- [30]. van den Oord, A., Dieleman, S., Zen, H., et al. (2016). WaveNet: A Generative Model for Raw Audio. arXiv:1609.03499. <https://arxiv.org/abs/1609.03499>
- [31]. Vaswani, A., Shazeer, N., Parmar, N., et al. (2017). Attention Is All You Need. Advances in Neural Information Processing Systems, 30. <https://arxiv.org/abs/1706.03762>
- [32]. Wang, Y., Skerry-Ryan, R., Stanton, D., et al. (2017). Tacotron: Towards End-to-End Speech Synthesis. Interspeech 2017. <https://arxiv.org/abs/1703.10135>

GAZLARNI SUYUQLIK VA CHANG ZARRACHARIDAN TOZALASH

Q.A. Jo'rayev^{1*}, A. A. Axmedov², A.R. Tursunov²

Buxoro davlat texnika university

Qarshi davlat texnika university

Mas'ul muallif, e-mail: fayoz.abdullayev1993@mail.ru[\(Qabul qilindi 10.03.2026 y.\)](#)

Annotatsiya. Yer qa'ridan qazib olinadigan tabiiy gaz tarkibida mexanik zarrachalar, chang va suyuqlik tomchilari mavjud bo'lib, ular gazni qayta ishlash, tashish hamda undan samarali foydalanishga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli gazni dastlabki bosqichda samarali tozalash muhim hisoblanadi. Ushbu maqolada separator qurilmasining takomillashtirilgan konstruksiyasi o'rganilgan. Unda Z-shakldagi to'siqlar va statik siqib ajratgich yordamida zarrachalar markazdan qochma hamda inersion kuchlar ta'sirida samarali ajratilishi ta'minlanadi va umumiy tozalash samaradorligi oshadi.

Tayanch so'zlar: tabiiy gaz, gazni tozalash, separator, Z-shakldagi qanotli to'siq, statik ajratgich, spiral kanal, chang zarrachalari, suyuqlik tomchilari.

Аннотация. Природный газ, добываемый из недр, содержит механические примеси, пыль и капли жидкости, которые отрицательно влияют на процессы переработки, транспортировки и эффективного использования. Поэтому важна его очистка на начальном этапе. В статье исследована усовершенствованная конструкция сепаратора. Использование Z-образных перегородок и статического сжимающего отделителя позволяет эффективно удалять частицы под действием центробежных и инерционных сил, что повышает общую эффективность очистки газа.

Ключевые слова: природный газ, очистка газа, сепаратор, Z-образные лопастные перегородки, статический сепаратор, спиральный канал, пылевые частицы, капли жидкости.

Abstract. Natural gas extracted from underground contains mechanical particles, dust, and liquid droplets that negatively affect processing, transportation, and efficient use. Therefore, effective initial purification is essential. This article examines an improved separator design. The use of Z-shaped baffles and a static compression separator enables efficient removal of particles under centrifugal and inertial forces, thereby increasing the overall gas cleaning efficiency.

Keywords: natural gas, gas purification, separator, Z-shaped baffle vanes, static separator, spiral channel, dust particles, liquid droplets.

Kirish. Tabiiy gaz dunyo energetika balansida muhim o'rin egallaydigan asosiy yoqilg'i resurslaridan biri hisoblanadi. U nisbatan toza yoqilg'i turi bo'lib, sanoat, energetika, kimyo sanoati hamda maishiy sohalarida keng qo'llaniladi. Tabiiy gaz konlardan qazib olinayotganda uning tarkibi sof holda bo'lmaydi, balki unda turli mexanik aralashmalar, qum, chang zarrachalari, suv bug'i, kondensat tomchilari hamda boshqa suyuq fazalar mavjud bo'lishi mumkin. Bunday aralashmalar gazni tashish va qayta ishlash jarayonlarida texnologik uskunalarning samarali ishlashiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Ayniqsa, gaz tarkibidagi qattiq zarrachalar va suyuqlik tomchilari quvur tizimlarida eroziya va korroziya jarayonlarini kuchaytirishi, kompressor va boshqa texnologik qurilmalarning ishlash muddatini qisqartirishi mumkin.

Shu sababli gazni keyingi texnologik jarayonlarga uzatishdan oldin uni turli mexanik aralashmalar va suyuqlik tomchilaridan tozalash zarur hisoblanadi. Gazni tozalash jarayonlari odatda bir necha bosqichlardan iborat bo'lib, dastlabki bosqichda gaz tarkibidagi yirik zarrachalar va suyuqlik tomchilari ajratib olinadi. Ushbu jarayon gazni qayta ishlash tizimining barqaror va xavfsiz ishlashini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega.

Gazlarni mexanik aralashmalar va suyuqlik tomchilaridan ajratib olish uchun sanoatda turli xil qurilmalar qo'llaniladi. Bular qatoriga gravitatsion ajratgichlar, markazdan qochma kuchga asoslangan siklon qurilmalari, filtrlar hamda separatorlar kiradi. Amaliyotda separator qurilmalari keng qo'llanilib, ular gaz oqimidagi suyuqlik va qattiq fazalarni ajratishda yuqori samaradorlikka

ega. Separatorlarning ishlash prinsipi asosan gravitatsiya, inersion kuchlar, markazdan qochma kuch hamda oqim yo'nalishining o'zgarishi natijasida zarrachalarning gaz oqimidan ajralib chiqishiga asoslanadi. Hozirgi vaqtda gazni tozalash jarayonlarining samaradorligini oshirish maqsadida separator qurilmalarining konstruktiv tuzilishini takomillashtirishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Xususan, gaz oqimining gidrodinamik xususiyatlarini hisobga olgan holda ichki ajratgich elementlarini optimallashtirish, oqimni yo'naltiruvchi to'siqlar va ko'p bosqichli ajratish tizimlaridan foydalanish orqali ajratish jarayonining samaradorligini oshirish mumkin. Bunday konstruktiv yechimlar gaz tarkibidagi suyuqlik tomchilari va mayda zarrachalarni yanada samarali ajratib olishga imkon beradi hamda texnologik jarayonlarning umumiy samaradorligini oshiradi. Shu nuqtai nazardan, gazlarni dastlabki tozalash uchun qo'llaniladigan separator qurilmalarining yangi konstruktiv yechimlarini ishlab chiqish va ularning ishlash samaradorligini tadqiq etish muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga ega bo'lgan masalalardan biri hisoblanadi.

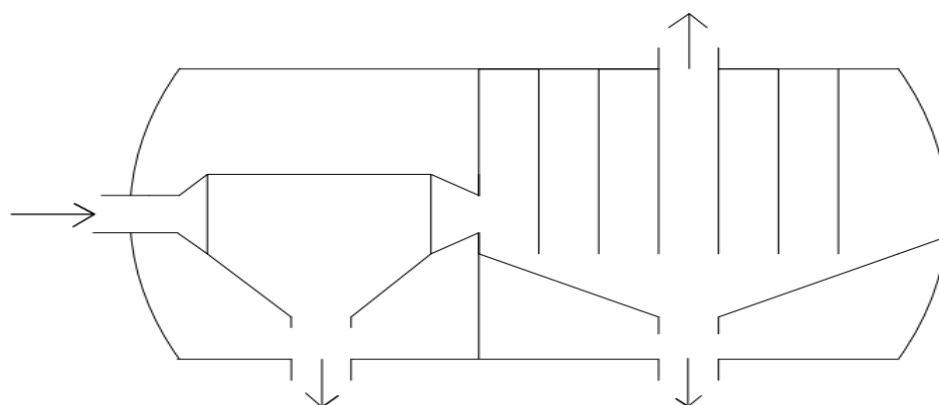
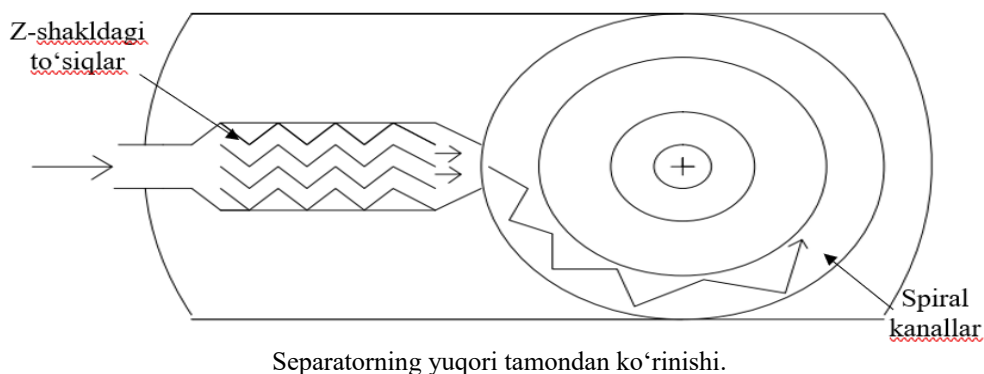
Tadqiqot usuli. Sanoatda gaz–suyuqlik va suyuqlik–suyuqlik aralashmalarini ajratish uchun turli turdagi separator qurilmalari keng qo'llaniladi. Ushbu turdagi qurilmalar konstruksiyasining nisbatan sodda bo'lishi va ishlashining ishonchliligi sababli qayta ishlanayotgan gaz oqimlarini mexanik aralashmalardan tozalash jarayonlarida keng qo'llanadi [1]. Changli gazlarni tozalashda ko'pincha nam tozalash usullari, xususan qadoqlangan qatlamni sug'orish orqali ishlaydigan separatorlar qo'llaniladi. Qadoqlangan separatorlarning ishlash jarayonida gaz oqimidan suyuq tomchilar inertiya va turbulentlik kabi mexanizmlar ta'sirida qadoqlash yuzasida joylashgan egri kanallarga cho'kadi. Natijada hosil bo'lgan suyuq plyonka qadoqning pastki qismiga oqib tushadi va separator tizimidan chiqariladi. Biroq gaz oqimi tezligi yuqori bo'lganda suyuq plyonka qayta gaz oqimiga tortilishi mumkin, bu esa tomchilarning qayta dispersiyalanishiga va apparatning ishlash samaradorligi pasayishiga olib keladi [2]. Neft va gaz qazib olish jarayonini jadallashtirish yo'ldosh neft gazini qayta ishlash va uni texnik talablar asosida magistral gaz quvurlariga uzatish orqali amalga oshiriladi. Bundan tashqari, uskunalarni muntazam modernizatsiya qilish va gazni qayta ishlash jarayoniga ta'sir etuvchi yangi texnologiyalarni ishlab chiqish muhim ahamiyatga ega. Fizik-kimyoviy parametrlar nuqtai nazaridan qayta ishlangan yonuvchan tabiiy gaz amaldagi standartlar talablariga javob berishi zarur. Shu sababli zamonaviy texnologiyalar uglevodorod xom ashyosini qayta ishlash jarayonida energiya samaradorligini oshirish hamda atrof-muhit ifloslanishining oldini olishga qaratilgan bo'lishi kerak[3]. Konni o'zlashtirishning so'nggi bosqichlarida yuzaga keladigan asosiy muammolar qatoriga kondensat, qatlam suvi hamda mexanik aralashmalar kiradi. Ushbu omillar kirish separatorlarining texnologik parametrlariga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Markazdan qochma kuchidan foydalanib ishlaydigan separatorlarda gaz-suyuqlik oqimlarini ajratish keng qo'llaniladi. Muallif tomonidan taklif etilgan markazdan qochma ajratish elementlari ma'lum bir ish diapazoni uchun mo'ljallangan bo'lib, ular yordamida butun apparatni almashtirmasdan separatorni modernizatsiya qilish mumkin [4]. Biroq ajratish jarayonida gazni qayta ishlash chuqurligi, ya'ni separator samaradorligi muhim ahamiyatga ega bo'lib, bu ko'rsatkich yo'ldosh neft gazining ruxsat etilgan chiqish hajmiga bevosita ta'sir qiladi. Shu sababli gaz–suyuqlik oqimlarini ajratish jarayonini hisoblash masalasi ilmiy va amaliy jihatdan dolzarb hisoblanadi. Bundan tashqari, ajratish elementlarini ishlab chiqish va loyihalash jarayonida ham ushbu masala katta amaliy ahamiyatga ega [5]. Separatorlar xom neftni qayta ishlash sanoatida soddaligi va iqtisodiy samaradorligi sababli muhim rol o'ynaydi. Neft konlarida suv miqdorining ortib borishi va og'ir xom neft zaxiralarining qazib olinishi ushbu jarayonning ahamiyatini yanada oshirmoqda. Neft sanoatida hosil bo'ladigan emulsiyalarning xatti-harakati va barqarorligi xom neft hamda suv tarkibidagi o'zgarishlar tufayli sezilarli darajada farq qilishi mumkin. Neft–suv aralashmalarini ajratish uchun universal model yaratish murakkab vazifa hisoblanadi. Bunday modelni ishlab chiqishda ko'plab taxminlar qabul qilinadi va turli darajadagi murakkabliklar yuzaga keladi [6]. Tadqiqotchilar tomchilar cho'kishi va birlashishini o'z ichiga olgan ajratish jarayonini o'rganganlar. Ushbu tadqiqotlarda dispers fazaning suyultirilganligi qabul qilingan va sirtlararo qarshilik omillari e'tiborga olinmagan. Shuningdek, eksperimental natijalar bilan moslashish uchun tomchi terminal tezligi, ikkilik koeffitsient tezligi hamda interfeys koeffitsienti kabi sozlash parametrlaridan foydalanilgan. Suyuqlik–suyuqlik gorizontaal gravitatsion ajratgichlari

fermentatsiya, metallurgiya, kimyo sanoati kabi ko‘plab texnologik jarayonlarda muhim ahamiyatga ega. Ushbu qurilmalar gravitatsiya kuchi ta’sirida dispers aralashmani o‘zaro mos fazalarga ajratish uchun mo‘ljallangan. Dispers tizim odatda faza ulushi, tomchi o‘lchami taqsimoti, oqim tezligi, harorat hamda material tizimining fizik xususiyatlari (zichlik, yopishqoqlik va sirt tarangligi) kabi parametrlar bilan tavsiflanadi [7]. Shunga qaramay, suyuqlik–suyuqlik ajratgichlarining samaradorligi ko‘pincha kirish oqimi xususiyatlarining o‘zgarishi, masalan tuz konsentratsiyasi yoki harorat o‘zgarishi bilan pasayishi mumkin. Birlashish bilan cheklangan tizimlarda bu o‘zgarishlar tomchilarning koagulyatsiya jarayoniga ta’sir qilib, zich dispers zona hosil qiladi va og‘ir holatlarda separatorning to‘lib ketishiga olib kelishi mumkin. Bu esa texnologik jarayonning to‘xtab qolishiga hamda katta iqtisodiy yo‘qotishlarga sabab bo‘ladi [8]. Haroratning tomchi birlashish jarayoniga ta’siri ham muhim omillardan biridir. Tadqiqotlar natijalariga ko‘ra harorat oshishi tomchilar orasidagi Braun harakatini kuchaytiradi, bu esa suyuqlik plyonkasining tezroq yorilishiga va tomchilarning birlashishiga yordam beradi. Biroq ayrim tadqiqotlarda haroratning birlashish parametriga sezilarli ta’siri kuzatilmagan. Shu sababli zamonaviy tadqiqotlarda laboratoriya sharoitidagi partiyaviy cho‘ktirish tajribalari asosida modellar ishlab chiqish keng qo‘llanilmoqda. Masalan, Henschke modeli suyuqlik–suyuqlik gravitatsion ajratgichlarini loyihalashda keng qo‘llaniladigan zamonaviy yondashuvlardan biri hisoblanadi [9]. Ushbu model tomchi deformatsiyasi va dispers zona ichidagi bosim yo‘qotishlarini hisobga olishi bilan ajralib turadi. Ajratish jarayonida gaz fazasidan suyuqlikni ajratish bosim pasayishi va harorat oshishi natijasida yuz beradi. Ushbu jarayon odatda separator deb ataladigan bosimli idishlarda amalga oshiriladi. Konni o‘zlashtirish jarayonida suv bostirish usuli qo‘llanilganda quduq suyuqligida uchinchi faza — suv paydo bo‘ladi. Natijada neft tarkibidagi suv miqdori ortadi. Suv miqdori kritik qiymatga yetganda konni o‘zlashtirish iqtisodiy jihatdan samarasiz bo‘lib qoladi. Shu sababli suvni ajratish, tashish va qayta quyish tizimlarini to‘g‘ri loyihalash konni ishlatish muddatini uzaytirish hamda umumiy neft qazib olish hajmini oshirish uchun muhim ahamiyatga ega. Demak, uch fazali ajratish jarayoni neft konlarini samarali ishlatishda muhim texnologik bosqich hisoblanadi [10].

Natija va muhokamalar. Ushbu ilmiy ishda taklif etilayotgan ikki bosqichli tozalash tizimiga ega separator qurilmasi gorizontall tipda loyihalashtirilgan bo‘lib, uning ichki tuzilishi (1-rasm) gaz tarkibidagi suyuqlik tomchilari hamda mexanik aralashmalarni samarali ajratishga qaratilgan. Qurilmaga kirayotgan tabiiy gaz oqimi dastlab kirish qismida joylashtirilgan Z-shaklidagi qanotli to‘siqlar orqali o‘tadi. Mazkur bosqichda oqim yo‘nalishi bir necha marotaba keskin o‘zgarishi natijasida Inertial separation jarayoni yuzaga keladi. Bunda gaz tarkibidagi zichligi yuqori bo‘lgan suyuqlik tomchilari va yirik zarrachalar o‘z inertsia kuchi ta’sirida oqimdan ajralib, to‘siqlar va qurilma devorlariga urilib cho‘kadi. Natijada birinchi bosqichdayoq gaz tarkibidagi yirik dispers fazalar sezilarli darajada kamayadi.

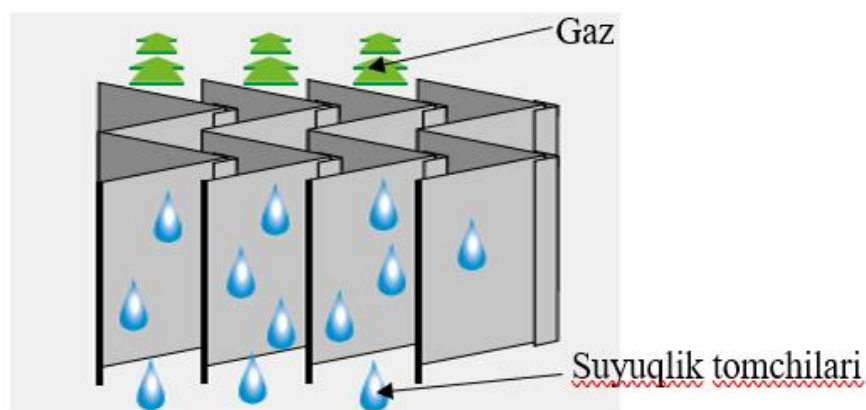
Dastlabki ajratishdan o‘tgan gaz oqimi separatorning ikkinchi bosqichiga, ya’ni spiral shakldagi kanalga yo‘naltiriladi. Ushbu spiral kanal bo‘ylab gaz oqimi murakkab aylanma, ya’ni vintli harakatni amalga oshiradi. Bunday harakat davomida markazdan qochma ta’siri yuzaga kelib, gaz tarkibidagi mayda suyuqlik tomchilari va zarrachalar kanal devorlariga tomon siqib chiqariladi. Spiral bo‘ylab yuqoriga va pastga yo‘nalgan harakat jarayonida gaz oqimining turbulentligi ortadi, zarrachalarning o‘zaro to‘qnashuvi hamda ularning ajralishi tezlashadi. Ajralgan suyuqlik tomchilari devor yuzalari bo‘ylab pastga oqib, separatorning pastki qismida joylashgan yig‘uvchi zonada to‘planadi.

Ikki bosqichli ajratish jarayonidan o‘tgan gaz oqimi qurilmaning yuqori qismiga ko‘tarilib, chiqish qismi orqali tashqariga uzatiladi. Ushbu bosqichda gaz tarkibidagi suyuqlik va qattiq aralashmalar miqdori minimal darajaga yetkazilgan bo‘ladi. Qurilmada oqimning spiral harakati, bosimning ma’lum darajada ortishi va gazning ichki konstruktiv elementlar bilan o‘zaro ta’siri natijasida yuqori darajada tozalash samaradorligiga erishiladi. Shu bilan birga, qurilma konstruksiyasi nisbatan sodda bo‘lib, ekspluatatsiya jarayonida ishonchliligi va samaradorligi bilan ajralib turadi.



1-rasm. Separatorning yon tamondan ko'rinishi.

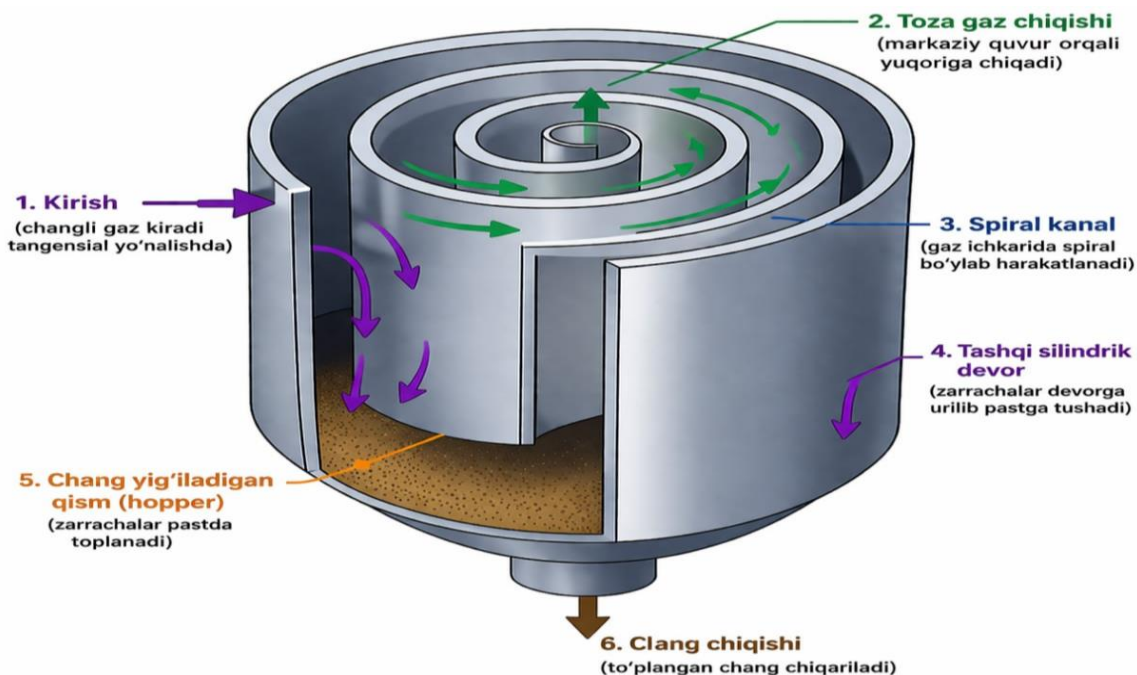
Separatorning ichki tuzilishini tanlashda gaz tarkibidagi zarrachalar o'lchami va suyuqlik miqdoriga e'tibor qaratish muhim hisoblandi. Agar zarrachalar o'lchami katta bo'lsa tozalash darajasi yuqori bo'ladi.



2-rasm. Z-shakldgi to'siqlar.

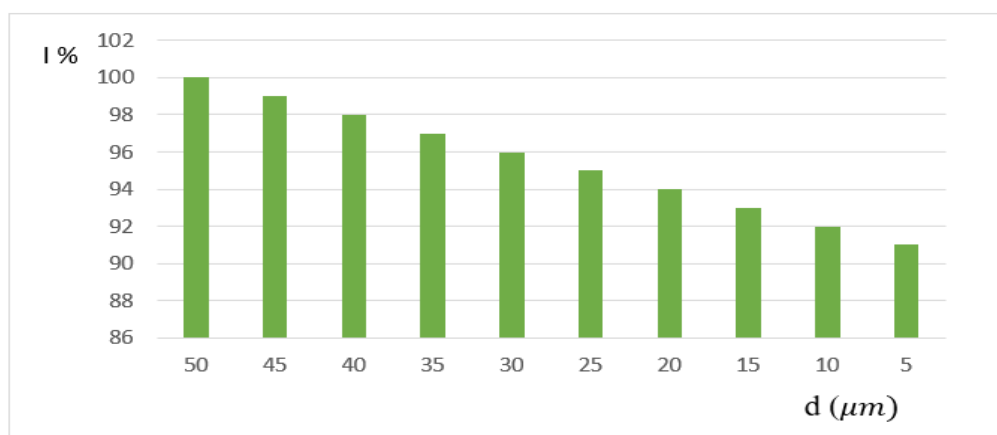
Z shakldagi qanotli tuman ajratgichlari yuqori o'tkazuvchanlikka ega inertial ajratgichlar bo'lib, ular parallel joylashtirilgan chevron zigzag shaklli profillar bo'limlaridan tashkil topgan. Bu profillar orqali gaz kirish qismidan chiqish qismigacha bir necha bor yo'nalishini o'zgartiradi. Natijada, impuls inertiya kuchlari ta'sirida gaz tarkibidagi suyuqlik tomchilari qanot yuzalariga urilib, u yerda suyuq plyonka hosil qiladi va keyin oqib tushadi.

Z shakldagi qanotli yuzasiga urilish qo'shilish, va oqib tushish jarayonlari orqali ajratadi, bunda suyuqlik gaz oqimidan alohida ajralib chiqmaydi. Ular ayniqsa kirish oqimida qattiq zarrachalar mavjudligi yoki yuqori qovushqoqlikka ega suyuqliklar sababli ifloslanish xavfi yuqori bo'lgan jarayonlar uchun juda mos keladi. Biroq, ularning gazni o'tkazish sig'imi nisbatan past hisoblanadi.



3-rasm Spiral kanallar.

Spiral kannalli ajratgichlar gaz tarkibidagi qattiq va suyuq zarrachalarni ajratib olish uchun mo'ljallangan bo'lib, natijada gaz mayda suyuqlik tomchilardan tozalaydi. Shuningdek texnik jihatdan muhim ifloslantiruvchi moddalardan xoli holga keltiriladi. Ifloslantiruvchi modda chiqarib yuborilgandan so'ng, eng mayda zarrachalar ($< 5 \mu m$) markaziy hududda chiqarish diski ostida hosil bo'ladigan girdob ta'sirida so'riladi va shu yerda girdob markazidagi pastga yo'nalgan oqim orqali pastga chiqarib yuboriladi. Ushbu girdob chiqish tomonga yo'naltirilgan ikkilamchi oqim yo'li natijasida yuzaga keladigan ko'tariluvchi oqimlar tizimi hisoblanadi. Tizim devorlar bo'ylab to'liq yopishgan holda saqlanadigan chegaraviy qatlam oqimiga asoslanganligi sababli, ajratish samaradorligi kirish oqim tezligi o'zgarishidan qat'i nazar, maksimal loyihaviy oqim tezligigacha mutlaqo barqaror bo'lib qoladi. Shu bois, ajratgich qurilmasi har -doim qurilmada yuzaga kelishi mumkin bo'lgan maksimal samarali hajmiy oqim tezligiga moslab loyihalaniishi lozim.



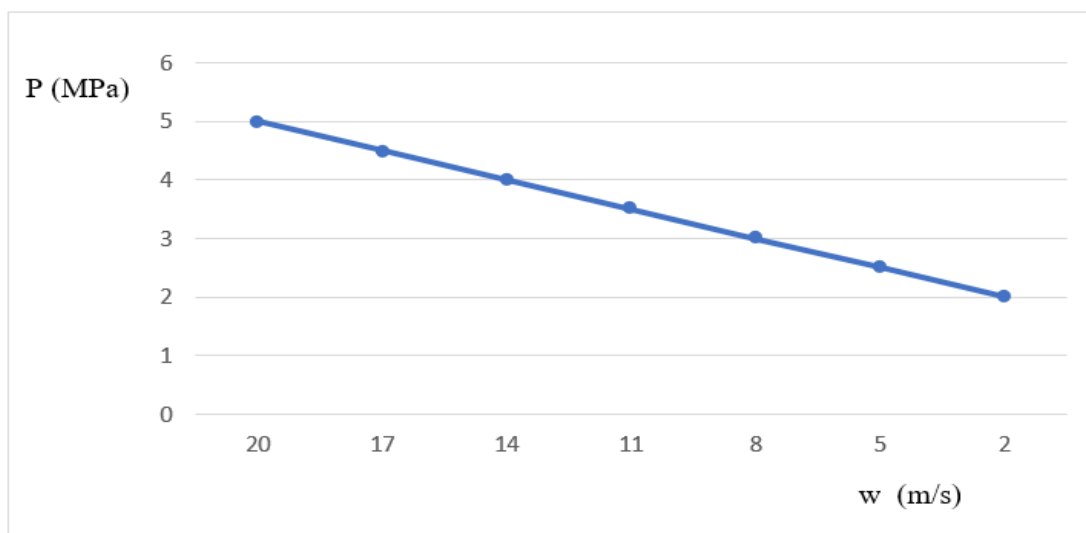
4-rasm Gaz tozalik darajasining gazdagi zarrachalar o'lchamiga bog'liqligi.

Grafikda gaz oqimidan zarrachalarni ajratish jarayonining samaradorligi zarracha o'lchamiga bog'liqligi ifodalangan bo'lib, bu bog'lanish Siklon separator kabi qurilmalarning ishlash prinsipi bilan bevosita izohlanadi. Grafik tahlili shuni ko'rsatadiki, zarracha diametri kichik

bo'lgan hollarda tozalash samaradorligi past bo'ladi, chunki bunday mayda zarrachalar gaz oqimi bilan birga harakatlanib, ajratilish jarayoniga yetarlicha ta'sir qiluvchi kuchlarga duch kelmaydi.

Zarracha o'lchami ortib borishi bilan ularning inertsiya xossalari kuchayadi va Markazdan qochma kuch ta'sirida qurilma devorlariga yo'nalishi osonlashadi. Natijada ajralish samaradorligi keskin oshadi. Katta o'lchamli zarrachalarda esa ushbu jarayon maksimal darajaga yetib, deyarli to'liq ajralish kuzatiladi.

Shunday qilib, grafik umumiy holda gazni tozalash jarayonida zarracha o'lchami hal qiluvchi omil ekanligini ko'rsatadi: zarracha diametri ortgan sari ajratish samaradorligi ham ortadi va yuqori qiymatlarga yaqinlashadi.



5-rasm Gaz bosimning gaz oqim tezligiga bog'liqligi.

Ushbu grafik gaz oqimi tezligi va bosim yo'qolishi o'rtasidagi bog'liqlikni ifodalaydi hamda bu munosabat Bosim yo'qolishi jarayonining asosiy qonuniyatlariga tayanadi. Grafik tahliliga ko'ra, gaz oqimi tezligi ortib borishi bilan tizimdagi bosim yo'qolishi ham sezilarli darajada oshadi. Bu holat oqim harakatining intensivlashuvi natijasida devorlar bilan ishqalanish kuchlarining ortishi va girdobli (turbulent) harakatning kuchayishi bilan izohlanadi.

Past tezliklarda bosim yo'qolishi nisbatan kichik bo'lib, oqim asosan silliq (laminar) rejimda harakatlanadi. Biroq tezlik ortishi bilan oqim rejimi o'zgarib, Turbulent oqim yuzaga keladi va energiya yo'qotishlar keskin oshadi. Natijada bosim yo'qolishi tezlikning kvadratiga yaqin qonuniyat asosida ortib boradi.

Shunday qilib, grafik umumiy holda shuni ko'rsatadiki, gaz oqimi tezligi oshishi tizimdagi bosim yo'qolishining ortishiga olib keladi va bu jarayon qurilmaning energetik samaradorligini belgilovchi muhim omillardan biri hisoblanadi.

Qurilma samardorligini va natijalarni hisoblashda quydagi formulalardan foydalaniladi. zarracha o'lchami va samaradorlik

Umumiy samaradorlik formulasi

$$\eta = \frac{M_{ush}}{M_{kir}} \times 100$$

Fraksion samaradorlik (grafik uchun asosiy formula)

$$\eta(d) = \frac{1}{1 + \left(\frac{d_{50}}{d}\right)^2}$$

Bu yerda d-zarracha diametri, d_{50} —kesish diametri (50% ushlanish nuqtasi)

Ushbu bog‘lanish Fraksion samaradorlik ning zarracha o‘lchamiga nisbatan qanday o‘zgarishini ifodalaydi [11].

Agar zarracha diametri kesish diametriga nisbatan juda kichik bo‘lsa ($d \ll d_{50}$), bunday mayda zarrachalar gaz oqimi bilan birga harakatlanadi va ularni ajratish deyarli sodir bo‘lmaydi, natijada samaradorlik nolga yaqin bo‘ladi ($\eta \approx 0$). Agar zarracha diametri kesish diametriga teng bo‘lsa ($d = d_{50}$), bu holatda zarrachalarning taxminan yarmi ushlanadi, ya‘ni ajratish samaradorligi 50% ni tashkil etadi. Ushbu nuqta qurilmaning muhim xarakteristikasi hisoblanadi.

Zarracha diametri kesish diametridan ancha katta bo‘lgan hollarda ($d \gg d_{50}$), zarrachalarga ta‘sir qiluvchi Markazdan qochma kuch yetarli darajada katta bo‘ladi va ular tezda qurilma devorlariga urilib ajraladi. Natijada samaradorlik maksimal qiymatga yaqinlashib, deyarli 100% ga teng bo‘ladi.

Shunday qilib, ushbu ifodalar zarracha o‘lchami ortishi bilan ajratish samaradorligi keskin oshishini va bu jarayonning asosiy mezonini sifatida kesish diametri muhim rol o‘ynashini ko‘rsatadi.

Kesish diametri (d_{50}) formulasi

$$d_{50} = \sqrt{\frac{9\mu B}{2\eta N_e \rho_p V_t}}$$

bu yerda: μ — gaz viskozligi, B — siklon geometrik parametri N_e — aylanishlar soni ρ_p — zarracha zichligi V_t — tangensial tezlik [12].

Gaz tezligi va bosim yo‘qolishi

$$\Delta P = \xi \cdot \frac{\rho V^2}{2}$$

bu yerda, ΔP — bosim yo‘qolishi, ξ — qarshilik koeffitsienti, ρ — gaz zichligi, V — gaz tezligi [13].

Siklon uchun kengaytirilgan formula

$$\Delta P = \xi \cdot \frac{\rho V^2}{2} \cdot (K_i + K_o + K_f)$$

bu yerda, K_i — kirish yo‘qotishlari, K_o — chiqish yo‘qotishlari K_f — ishqalanish yo‘qotishlari [14].
Grafik izohi (matematik jihatdan)

$$\Delta P \propto V^2$$

Gaz tezligi oshishi bilan siklonda bosim yo‘qolishi kvadratik qonun asosida ortadi ($\Delta P \propto V^2$), ya‘ni gaz tezligini 2 barobar oshirish bosim yo‘qolishining taxminan 4 barobar ortishiga olib keladi [15].

Siklon qurilmasida zarrachalarni ajratish samaradorligi asosan zarracha o‘lchamiga va kesish diametriga (d_{50}) bog‘liq bo‘lib, zarracha diametri ortgani sari samaradorlik keskin oshadi.

Shu bilan birga, gaz tezligining oshishi markazdan qochma kuchni kuchaytirib, ajratish samaradorligini yaxshilaydi, ammo bu holat energiya sarfining ortishiga sabab bo‘ladigan bosim yo‘qolishining keskin (kvadratik) ortishi bilan birga kichadi. Demak, siklonning samarali ishlashi uchun optimal ish rejimi — yuqori ajratish samaradorligi va minimal bosim yo‘qolishi (energiya sarfi) o‘rtasidagi muvozanatni ta‘minlashdan iborat.

Ushbu maqolada tabiiy gazlarni suyuqlik tomchilari va chang zarrachalaridan ajratib tozalashning samarali texnologik yechimi sifatida ikki bosqichli separator qurilmasining konstruksiyasi va ishlash prinsiplari tadqiq etildi. Gazni dastlabki tozalash jarayoni sanoat uskunalarini xavfsizligi, uzluksiz ishlash va ekspluatatsiya muddatini uzaytirish nuqtai nazaridan muhim ahamiyatga ega bo‘lib, maqolada taklif etilgan qurilma ushbu talablarni samarali qondiradi.

Xulosalar. Separatorning birinchi bosqichi Z-shakldagi qanotli to‘siqlar orqali inertial separation mexanizmini qo‘llab, gaz tarkibidagi yirik suyuqlik tomchilari va mexanik zarrachalarni devorlarga urilishini ta‘minlaydi. Ikkinchi bosqichda spiral kanalning vintli oqimi va markazdan qochma kuch, shuningdek turbulentlik ta‘siri orqali mayda zarrachalar va suyuqlik tomchilari samarali ajratiladi, natijada gaz tarkibi deyarli ifloslantiruvchi moddalardan xoli bo‘ladi.

Tadqiqotlar shuni ko'rsatdiki, gazni tozalash samaradorligi zarracha diametri va gaz tezligiga bevosita bog'liq bo'lib, kesish diametri (d_{50}) fraksion samaradorlikning muhim mezonini hisoblanadi. Katta zarrachalar inertsia va markazdan qochma kuchlar ta'sirida deyarli to'liq ajraladi, kichik zarrachalarda esa samaradorlik pasayadi. Shu bilan birga, gaz tezligining oshishi bosim yo'qolishini kvadratik qonuniyat asosida oshiradi, bu esa energiya sarfi va tizimning optimal ishlash rejimini belgilashda hisobga olinishi zarur. Maqolada taklif etilgan konstruktiv yechim separatorning yuqori samaradorligi, soddaligi va ishonchliligini ta'minlaydi. Bu qurilma tabiiy gazni dastlabki tozalash jarayonida barqaror va yuqori darajada ishlashni kafolatlab, neft-gaz sanoatida konlarni o'zlashtirish va gazni magistral quvurlar orqali uzatishda texnologik samaradorlikni oshirishga xizmat qiladi. Shu nuqtai nazardan, maqolada ishlab chiqilgan ikki bosqichli separator qurilmasi ilmiy jihatdan asoslangan va amaliy jihatdan samarali texnologik yechim hisoblanadi.

Adabiyotlar

- [1]. Song Zhai, Niklas Bartkowiak, Stepan Sibirtsev, Andreas Jupke // Experimental determination and model-based prediction of flooding points in a pilot-scale continuous liquid-liquid gravity separator // Separation and Purification Technology// <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2025.134177>
- [2]. Jikun Jiang, Shunda Wan, Cheng Wen, Li Tang and Ning Xu // Frontiers in Innovative Materials and Technologies for Oil–Water Separation// Polymers 2025, 17, 1635 <https://doi.org/10.3390/polym17121635>
- [3]. Sorin Gabriel Tomescu, Ion Mălăe, Rares, Contiu and Sebastian Voicu // Experimental Validation of the Numerical Model for Oil–Gas Separation// Inventions 2023, 8, 125. <https://doi.org/10.3390/inventions8050125>
<https://www.mdpi.com/journal/inventions>
- [4]. Zhimin Li // Optimization and experimental validation of a high-efficiency oil–water cyclone separator for well testing conditions // Li Journal of Engineering and Applied Science (2025) 72:15 <https://doi.org/10.1186/s44147-025-00585-0> Journal of Engineering and Applied Science
- [5]. Xue Xiaohu, Sun Guogang, Wan Gujun and Shi Mingxian// Numerical Simulation of Particle Concentration in a Gas Cyclone Separator // School of Chemical Science and Engineering, China University of Petroleum, Beijing, 102249, China
- [6]. A B Feodorov, V I Afanasov, R S Miroshnikov, V V Bogachev// Concept of modernization of input device of oil and gas separator // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 87 (2017) 082020 doi :10.1088/1755-1315/87/8/082020
- [7]. Evgenya Shestakova , Flura Bulyukova, Liaisan Zainagalin, Alexander Davydov, Venera Zaylaloova// E3S Web of Conferences 623, 02020 (2025) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562302020_AEES2024
- [8]. Бойко Андрей Александрович// Интенсификация процессов сепарации зернового материала в стационарных зерноочистительных агрегатах типа зав// Автореферат Ростов-на-Дону – 2019
- [9]. ФАРАХОВ Т.М//Высокоэффективное сепарационное оборудование очистки природного газа от дисперсной среды// □ Электронный научный журнал «Нефтегазовое дело», 2011, № 6 <http://www.ogbus.ru>
- [10]. Jeong Min Jang, Ji Hoon Kim, Juyun Lee, Junpyo Hong, Dae Woo Kim, Seon Joon Kim // Gradient-structured MXene/ZIF/CNT hybrid films for largely enhanced electromagnetic absorption in EMI shielding// Chemical Engineering Journal homepage: www.elsevier.com/locate/cej
- [11]. Håvard S. Skjefstad, Milan Stanko// Experimental performance evaluation and design optimization of a horizontal multi-pipe separator for subsea oil-water bulk separation// <https://doi.org/10.1016/j.petrol.2019.01.027>
- [12]. Tahseen Hameed khlaif// Improving the separation efficiency of crude oil produced using an upgraded Gravity separator with Green Power generation// Available online at www.sciencedirect.com ScienceDirect journal homepage: www.elsevier.com/locate/he
- [13]. В.А. Зеленский, А.И. Щодро// Повышение эффективности сепарации с помощью контроля дифференциальной плотностинефтегазовой смеси// Вестн. самар. гос. техн. ун-та. сер. технические науки. 2015. № 1 (45)
- [14]. A A Popov, A K Ovsyankin, E M Gritsenko, T V Doronina and E D Motsenko. // The improvement in technology of rectification column calculation// AGRITECH-III-2020 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 548 (2020) 062007 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/548/6/062007
- [15]. Evgenya Shestakova, Flura Bulyukova, Liaisan Zainagalina , Alexander Davydov, Venera Zaylaloova// Improvement of the standard device for entering a gas-liquid mixture into a gas separator// E3S Web of Conferences 623, 02020 (2025) https://doi.org/10.1051/e3sconf/202562302020_AEES2024

KIMYOVIY TEXNOLOGIYA JARAYON VA TIZIMLARNI MODELASHTIRISH
TAHLILI

B.A. Alimatov, B.J. Xursanov

*Farg'ona davlat texnika universiteti**E-mail: boyqozi.xursanov@mail.ru, boyquzi.xursanov@fstu.uz,**(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)*

Annotatsiya. Ushbu maqolada kimyoviy texnologiya jarayon va tizimlarini modellashtirishning nazariy hamda amaliy jihatlarini keng yoritilgan. Modellashtirish usullari yordamida kimyoviy reaksiyalar, massa va issiqlik almashinish jarayonlarini chuqur tahlil qilish, texnologik jarayonlarni optimallashtirish va energiya-resurs tejankor yechimlarni ishlab chiqish imkoniyatlari ko'rib chiqilgan.

Tayanch so'zlar: kimyoviy texnologiya, matematik modellashtirish, texnologik tizim, optimallashtirish, jarayon tahlili.

Аннотация. В данной статье широко рассматриваются теоретические и практические аспекты моделирования процессов и систем химической технологии. Рассматриваются возможности использования методов моделирования для углубленного анализа химических реакций, процессов массо- и теплопереноса, оптимизации технологических процессов и разработки энерго-ресурсосберегающих решений.

Ключевые слова: химическая технология, математическое моделирование, технологическая система, оптимизация, анализ процессов.

Abstract. This article broadly covers the theoretical and practical aspects of modeling chemical technology processes and systems. The possibilities of using modeling methods for in-depth analysis of chemical reactions, mass and heat transfer processes, optimization of technological processes, and development of energy-resource-saving solutions are considered.

Keywords: chemical technology, mathematical modeling, technological system, optimization, process analysis.

Kirish. Ilmiy texnika taraqqiyotining hozirgi bosqichida ishlab chiqarishga tadbiriq qilinayotgan jarayonlarning deyarli ko'pchiligi juda murakkabdir. Shu sababli ilmiy-tadqiqot ishlarini olib borish ancha qiyinlashgan, olingan natijalar esa juda tez eskirib qolishi mumkin. Bunday sharoitda vaqt hal qiluvchi ahamiyatga ega. Modellashtirish qonuniyatlaridan foydalanilgan taqdirda yangi jarayonlarni ishlab chiqarishga joriy qilish vaqti qisqaradi, belgilangan maqsadlarni oddiy usullar yordamida hal qilinishiga erishiladi. Zamonaviy kimyo sanoatida texnologik jarayonlar murakkab va ko'p omilli bo'lib, ularni samarali boshqarish yuqori aniqlikdagi hisob-kitoblarni talab etadi. Shu sababli kimyoviy texnologiya jarayonlarini modellashtirish ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etmoqda [1,2,3].

Dolzarblik. Energiya va xomashyo resurslarining cheklanganligi, ekologik talablarning kuchayishi kimyo sanoatida resurs tejankor va barqarortexnologiyalarni joriy etishni taqozo etadi. Bu jarayonda modellashtirish asosiy vosita hisoblanadi [3,4,5].

Masalaning qo'yilishi. Kimyoviy jarayonlar va tizimlarni modellashtirishning asosiy parametrlarini aniqlash, ularning o'zaro bog'liqligini o'rganish va optimal ish rejimlarini belgilash ilmiy tadqiqotning asosiy masalasidir [3,4].

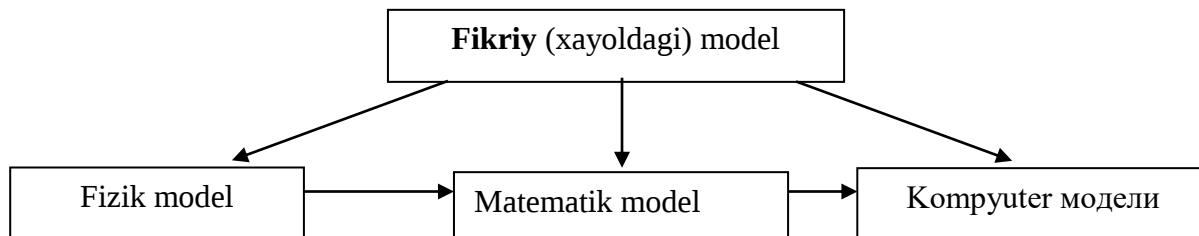
Yechish usuli. Jarayonlarni tavsiflash uchun massa va energiya balansi tenglamalari, kinetik va termodinamik modellar ishlab chiqildi. Olingan tenglamalar kompyuter hisoblash usullari yordamida amalga oshiriladi.

Tadqiqot uslublari. Tizimli tahlil, matematik modellashtirish, kompyuter simulyatsiyasi, eksperimental ma'lumotlarni solishtirish va statistik tahlil uslublari qo'llaniladi.

Modellashtirish, bu mavjud yoki tashkil qilinishi lozim bo'lgan ob'ekt, ya'ni qurilma (original)ning shunday o'rganish usuli bo'lib, bunda asl ob'ekt o'rniga uning o'rnini bosish mumkin bo'lgan boshqa ob'ekt – model o'rganiladi, olingan natijalar esa originalni hisoblashda qo'llaniladi.

Modellashtirishning asosiy maqsadi modelda o'ltab olingan parametrlar asosida ishlab chiqarish sharoitidagi originalda yuz berishi mumkin bo'lgan holatni oldindan aniqlab berishga qaratilgan [3,4,6].

Modellar va modellashtirish to'g'ri qaror qabul qilish uchun qo'llaniladi. U yoki bu talablarga javob beruvchi originalga mos keluvchi ko'plab modellashtirish turlari taklif etildi. Ularni umumlashtirib quyidagi modellashtirishlarni farqlash lozim [1,3,7].



1-rasm. Modellashtirish turlari.

Faoliyat ko'rsatayotgan ishlab chiqarishda jarayonlarni tadqiq qilish ko'p mablag' talab etadi va ular har doim ham amalga oshmaydi, shuning uchun uni asliga mos keluvchi modellarda amalga oshirish tavsiya etiladi [2,4,8].

Model qurilgandan so'ng tekshiruvchi:

- ob'ektning modelida uning xususiyatlarini va uni boshqarishni aniqlash imkoniyatiga ega bo'ladi, xuddi shuningdek uning boshqa ob'ektlarga ham ta'sirini kuzatish imkoniga ega bo'ladi;
- modelda hisoblab eng yaxshi tizimni va undagi jarayonning optimal shart sharoitlarini topadi;
- u qurgan modelning hossasini bilish yoki ob'ektni anglash mumkin (modelni anglash roli);
- modelda tekshirib ko'rib eng yaxshi ta'sir etish yo'llari bilan ob'ektni boshqarishni topadi;
- modelni trinajyor yoki o'yin o'rnida ishlatib, ob'ektni boshqarish tajribasiga ega bo'ladi (o'rgatish roli);
- modelga ta'sirlarni o'rganib ob'ektni yaxshilash mumkin (loyixa roli).

Original – faoliyat ko'rsatayotgan sistema (tekshirilayotgan element) - ob'ekt, qurilma, model esa uning soddalashtirilgan nus'hasi. Agar ikkita ob'ekt o'rtasida ma'lum ma'noda o'hshashlik topilsa, ular orasida original va model mosligi mavjud bo'ladi.

Fikriy model - bu asosiy model. Chunki so'nggi qarorni inson qabul qiladi. Boshqa hamma modellar fikran qabul qilingan qarorni yaxshilashga yordam beradi.

Model - (lotincha "modulus" – qiyofa, "modelium" – myor degan ma'nolarni anglatadi) - bu ob'ekt, ob'ektning informatsion ifodalanishi, originalning ayrim xususiyatlarini o'rganish imkonini beruvchi originalning - ob'ektning nusxasi.

Modellashtirish – originalning bizga kerakli taraflarini ifodalovchi qurilmani (hayoliy, fizik, matematik) tashkil qilish, original o'rnida modelni qo'llab jarayon va apparatlarni o'rganish usuli, natijalar originalga qo'llaniladi. Originalni modeli yordamida ob'ektning muhim hossalari haqida ma'lumot olinadi.

Fizik model – bu originalning fizik ifodalash, gohida originalning o'zi – bu originalni boshqa masshtablarda qo'llash (odatda kichik masshtabda). Olingan natijalar mos kelishi mezonlariga asosan originalga tadbiq qilinadi.

Matematik model – bu originalni matematik ifodasi. Ob'ektning o'rniga uni tadqiq qilish imkonini beruvchi matematik ifodalari yechish algoritmlari tuziladi va ular yordamida kirish va chiqish parametrlarini bog'lovchi informatsiya olinadi.

Kompyuter modeli – matematik ifodalar va algoritmlari yordamida originalni kompyuterda ifodalash. Sistema, jarayon kirish parametrlarini kiritilganda, kirish va chiqish parametrlarini o'zaro bog'liqlari hisoblab topiladi.

Model adekvatligi. Modelning originalga mos kelish darajasi. Modeldagi yechim originaldagi yoki fizik modeldagi natijalar bilan taqqoslanadi va ularning mos kelish darajasi aniqlanadi. Adekvatlikni topishning bir qancha variantlari bor. Ulardan grafik usulini yoki

xatoliklarni o'rtacha kvadratini hisoblash usulini taklif etaman. Ob'ekt xarakteri va modellashtirish usuliga qarab Kolmogorov, Fisher, Pirson va boshqa mosligini topish usullarini qo'llash mumkin. Ko'p bosqichli analiz shuni ko'rsatadiki, modelning aniq yasash imkonini, natijalarning ko'p bosqichli kelishuvchanlik usuli beradi.

Modellashtirishga quyidagi talablar qo'yiladi [3,5,6] :

1. Originalga nisbatan modelda tajribalar tez amalga oshirilishi kerak. Ular oddiy, qulay, tejamli va xavfsiz bo'lishi kerak.
2. Modellashtirish natijalarini originalga o'tkazishning qat'iy qoidalari bo'lishi lozim.
3. Model strukturasi, tuzilishi va qo'llanishi modellashtirishning asosiy maqsadlariga mos kelishi kerak.

Oddiyroq jarayonlarni o'rganish va apparatlarni hisoblashda (gidravlik, gidromexanik jarayonlar) fizik modellashtirish usulini ishlatish yaxshi samara beradi. Jarayonlarning murakkablashishi bilan (issiqlik, ayniqsa massa almashinish) jarayonlar batafsilligini aniqlash qiyinlashadi, hisobga olinmagan omillar soni ortadi, mos kelish kriteriyalari soni oshadi. Original bilan (sanoat qurilmasi) laboratoriya fizik modeli o'rtasidagi mos kelmaslik katta bo'ladi, shuning uchun oraliq modelini (yarim sanoat qurilmasi) yaratish zarurati tug'iladi. Fizik modellashtirish issiqlik yoki modda almashinishining konvektivligini hisobga oluvchi va boshqa har xil koeffitsientlarning empirik tenglamalarini yaratish imkoniyatini berdi.

Ko'p bosqichli kompyuter modellashtirish usullari texnologik jarayon, apparatlar, tarmoq va tizimlarni o'rganish va rivojlantirish to'g'risidagi fanlarni yangi sifat darajasiga ko'tarish imkonini beradi.

Kompyuter modellari tejamligi bilan ajralib turadi, ular havfsiz, tekshirilayotgan parametrlar diapazoni keng. Hisoblash texnikasining rivojlanishi hisoblarini tezligini, modellashtirish oddiyligi va qulayligini yanada oshiradi [2,4,6].

Олинган натижалар ва муҳокама. Matematik va kompyuter modellashtirishning quyidagi uclubiyotlarga umumlashtirish mumkin: O'z navbatida har bir uclubiyot bir nechta usullarni o'z ichiga oladi [2,5,8].

1. Eksperimental. Jarayonlarni matematik ifodalashning eksperimental usuli anchadan beri ishlatib kelingan bo'lib, bu usul emperik tenglama, jadval, grafiklarning boshqa turlardan iborat. So'nggi paytda eksperimental natijalarni kompyuterda ifodalash ortdi.

Ko'p hollarda matematik ifodalarni topishning statistik matematika usulini qo'llangan holda eksperimental yo'li yaratilmoqda. Buning uchun ob'ektni bir qora quti deb faraz qilinib, kirayotgan va chiqarayotgan parametrlarning o'zaro bog'liqligi o'rganiladi.

O'z navbatida eksperimental uslubiyotida son-raqamli (chislenny), statistik, emperik tenlamalar, imitatsion, identifikalash, sun'iy neyron to'rlari va boshqa uslublar bor.

Modellashtirishning eksperimental usuli oddiy va tejamli. U asosan bir pog'onali tizimlar uchun ishlatiladi, ammo muhandislikviy texnologiya jarayonlarini o'rganishda kamroq ishlatiladi. Muhandislik texnologiya jarayon va apparatlarini chuqur tekshirishda ma'qullari analitik va analitik – eksperimental modellashtirish usullaridir.

2. Analitik. Matematik ifodalar jarayon va uning elementlarini toza analitik tekshirish natijasida olinadi. Jarayon haqidagi fikrning chuqurligi bilan ajralib turadi, ammo jarayon elementlarining matematik ifodalash hamma vaqt ham mumkin bo'lavermaydi. Texnologik jarayon va tizimlarni modellashtirish chog'ida tadqiqotchi eksperimental ko'rsatkichlarga murojat qilishi kerak bo'lib qoladi.

O'z navbatida analitik uslubiyotida borliq va xodisalarining tenlamalarini tuzish (ko'proq fizika-matematika fanlarida), jarayonlarning balans tenglamalarini tuzish va boshqa uslublar bor.

3. Analitik – eksperimental. Analitik modelga eksperimental yo'l bilan olingan matematik ifodalar kiritiladi. Jarayonlarni o'rganishda ayrim koeffitsient va ifodalar (gidrodinamik qarshilik, issiqlik berish, massa berish koeffitsientlari va boshqalar) bor bo'lib, ularni analitik aniqlash juda qiyin yoki deyarli mumkin emas. Bunday hollarda emperik va boshqa eksperimental matematik ifodalarni qo'llash matematik modellashtirishni soddalashtiradi va ko'p hollarda analitik tekshirishlar moslashuvchanligi va chuqurligini saqlaydi.

O'z navbatida analitik-eksperimental uslubiyot eksperimental yo'l-uslubiyotga mos son-raqamli (chislenny), statistik, empirik tenglamalar, imitatsion, identifikatsiya, sun'iy neyron to'rlari va boshqa uslublarni ishlatishi mumkin.

Jarayon va qurilmalarni hisoblash va tahlilining asosiy prinsiplari qayta ishlanayotgan materiallarning massaviy oqimlarini aniqlashdan maqsad mashina va qurilmalarni hisoblash, hamda zarur energiya miqdorini, issiqlik va massa almashinish qurilmalarining optimal yuzalarini yoki jarayonning davomiyligini aniqlashdir.

Kinetik qonuniyatlarning tahlili, mashina va qurilmaning minimal o'lchamlariga oid jarayonning shartlarini baholash va optimal rejimlarni topish imkoniyatini beradi.

Jarayonlar tahlili, mashina va qurilmalar hisobi quyidagi ketma-ketlikda o'tkaziladi:

- jarayonning moddiy va energetik balanslari tuziladi;
- statika qonuniyatlariga tayanib jarayonning harakat yo'nalishi va muvozanat shartlari aniqlanadi;
- harakatga keltiruvchi kuch hisoblanadi;
- kinetika qonuniyatlariga tayanib jarayon tezligi topiladi.

Aniqlangan optimal rejim uchun jarayon tezligi va harakatga keltiruvchi kuch kattaliklari asosida qurilmaning asosiy o'lchamlari: ishchi hajm yoki ishchi maydon yuzasi aniqlanadi. Asosiy o'lcham yordamida qurilmaning qolgan o'lchamlari hisoblab topiladi [1,3,4,6].

Moddiy balans massaning saqlanish qonuniga tayanib tuziladi, ya'ni jarayon o'tkazilish paytida qurilmaga kiritilayotgan material miqdori ΣG_{bosh} , undan chiqayotgan mahsulot miqdori ΣG_{ox} ga teng bo'lishi zarur:

$$\Sigma G_{bosh} = \Sigma G_{ox} \quad (1)$$

Moddiy balans asosida chiqayotgan mahsulot miqdori topiladi, ya'ni maksimal mahsulot chiqish imkoniyatiga nisbatan protsent hisobida chiqqan tayyor mahsulot miqdori. Odatda, olingan tayyor mahsulot miqdori sarflangan xom-ashyo birligiga hisoblanadi.

Lekin, sanoatda qurilmani ishlatish va jarayon borishi davrida qaytarib bo'lmaydigan moddiy yo'qotilishlar albatta bo'ladi. Unda (1) tenglama quyidagi ko'rinishga ega bo'ladi:

$$\Sigma G_{bosh} = \Sigma G_{ox} + \Sigma G_{yoq} \quad (2)$$

bu yerda G_{yoq} - yo'qotilgan modda miqdori.

Odatda, moddiy balans butun jarayon yoki alohida bosqichlari uchun tuziladi [7,8].

Issiqlik balansi energiya saqlanish qonuniga tayanib tuziladi, ya'ni: jarayonga kiritilayotgan energiya miqdori ΣG_{bosh} , unda ajralib chiqayotgan energiya miqdoriga teng bo'lishi kerak:

$$\Sigma G_{bosh} = \Sigma G_{ox} + \Sigma G_{yoq} \quad (3)$$

Demak, chiqib ketadigan issiqlik miqdori, mahsulot va issiqlik eltich bilan birga chiqayotgan issiqlik miqdorlari yig'indisiga teng.

Energetik balansdan, hamma turdagi energiyalarni kirish va chiqishidan tashqari, suyuqliklarni aralashtirishga yoki gazlarni siqish va uzatish uchun sarflanayotgan mexanik energiya ham hisoblab topiladi.

Issiqlik balansidan kelib chiqqan holda isituvchi bug', suv va boshqa issiqlik eltgichlar sarfi aniqlansa, energetik balansdan esa – jarayonni amalga oshirish uchun zarur umumiy energiya sarfi topiladi.

Jarayon o'tishi davrida olingan natijaga vaqt va yuza (yoki hajm) birliklarining nisbatiga jarayon intensivligi deyiladi. Jarayon intensivligi vaqt birligida yuza (yoki hajm) birligidan o'tgan energiya yoki massa miqdori bilan xarakterlanadi.

(1) formulaga binoan jarayon intensivligi jarayonni harakatga keltiruvchi kuchga to'g'ri proporsionaldir. Jarayon intensivligining mezoni bo'lib, tezlik koeffitsienti xizmat qiladi:

$$\frac{dV}{F d\tau} = \frac{\Delta}{R} = K \Delta \quad (4)$$

bu yerda V – massa yoki energiya miqdori; F – massa yoki energiya o'tayotgan yuza; τ – jarayon davomiyligi; Δ – harakatga keltiruvchi kuch; R – qarshilik; K – tezlik koeffitsienti.

Umumiy holatda jarayonni harakatga keltiruvchi kuch-potensiallar farqi. Xususiyl holatlarda esa,

gidromexanik jarayonlari uchun – bosimlar farqi, issiqlik almashinish jarayonlari uchun – temperaturalar farqi, massa almashinish jarayonlari uchun – konsentratsiyalar farqi. Jarayonlarnig tezlik koeffitsienti moddiy oqimlarning harakat rejimiga bog'liq. Oqimlar harakati esa, gidrodinamika qonunlari bilan aniqlanadi [6,8,9].

Qurilma asosiy o'lchamlarini aniqlash (4) tenglamadan foydalanib uzluksiz ishlaydigan qurilma asosiy o'lchamlari hisoblanadi. Agar, qurilmadan vaqt birligida o'tayotgan muhit hajmi V ma'lum bo'lsa va chiziqli tezligi w berilgan yoki qabul qilingan bo'lsa, qurilmaning ko'ndalang kesim yuzasi F ushbu fomuladan topiladi:

$$F = \frac{V}{w} \quad (5)$$

Qurilmaning asosiy o'lchamlaridan biri bo'lgan F (5) formuladan aniqlanadi. Silindr shakldagi qurilmalar uchun uning diametri – D . Yana bir asosiy o'lchamlaridan biri qurilma ishchi balandligi (yoki uzunligi) N . (4) formuladan qurilma ishchi hajmi V yoki yuza F topilishi mumkin. Agar, F ma'lum bo'lsa va $F = a \cdot V$ bog'liqlikdan (bu yerda a – solishtirma yuza) qurilma ishchi hajmi aniqlanadi. So'ng, V kattalik bo'yicha $V = F \cdot N$ formuladan foydalanib qurilma balandligi N hisoblanadi [3,5,6,7,8,9,10].

Xulosa. Kimyoviy texnologiya jarayonlarini modellashtirish sanoatda to'g'ri qarorlar qabul qilish uchun muhim ilmiy asos bo'lib xizmat qiladi. Kelgusida sun'iy intellekt va raqamli texnologiyalarni joriy etish tavsiya etiladi.

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]. Гартман Т.Н., Клушин Д.В. Основы компьютерного моделирования химико-технологических процессов. М.ИКС «Академкнига», 2006 – 416 с.
- [4]. Двореский С.И., Егоров А.Ф., Двореский Д.С. Компьютерное моделирование и оптимизация технологических процессов и оборудования. Тамбов. ТГТУ, 2003.-224 с.
- [5]. Закгейм А.Ю. Введение в моделирование химико-технологических процессов. М. Химия. 1982.
- [6]. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии М.; Химия, 1985. 448с.
- [7]. Кафаров, В.В. Мешалкин В.П. Анализ и синтез химико-технологических систем: учебник для вузов - М.: Химия, 1991. - 432 с.
- [8]. Кенгерли А.С., Ибрагимов Ч.Ш., Ахмедова И.В. Системный анализ как основной метод исследования при создании высокоэффективного технологического процесса. Азерб. Хим. Ж. 2007, № 1, с. 84-86. Рус.: рез. англ. азерб.
- [9]. Кривошеев В.П. Математическое моделирование химико-технологических процессов: Учебное пособие. Ч. 2. Владивосток:
- [10]. Юсупбеков Н.Р., Гулямов Ш.М., Зайнутдинова М.Б., Умарова Г.М. Иммитационное 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.

УЎТ: 633.511;631.542.4.

ТАЖРИБАДА ПАРВАРИШЛАНГАН ҒЎЗА НАВИНИНГ ЎСИШИ ВА РИВОЖЛАНИШИНИ АНИҚЛАШ

Мустақил тадқиқотчиси Ш.Т. Убайдуллаева, М.М. Убайдуллаев

Фаргона давлат техника университети

E-mail: mubaydullaev6554@gmail.com, тел: 90 274-65-54

(Қабул қилинди 22.02.2026 й.)

Аннотация: Фенологик кузатув натижаларига кўра, тажрибада ўрганилаётган С-8290 ғўза навининг ўсиши ва ривожланиши кузатилди. Яъни, 1-июнь ҳолатида, С-8290 ғўза навининг бўйи тадқиқот йилларига мутаносиб равишда 15,8-17,2 см ни, чинбарглар сони 4,2-4,3 донани ташиқ этганлиги аниқланган.

Таянч сўзлар: *ғўза барги, шохи, ўсимлик бўйи, ривожланиш фазалари.*

Аннотация: *По результатам фенологических наблюдений в эксперименте наблюдался рост и развитие изучаемого сорта хлопчатника С-8290. То есть, по состоянию на 1 июня высота сорта хлопчатника С-8290 составила 15,8-17,2 см, количество настоящих листьев 4,2-4,3 штук, соответственно годам исследований.*

Ключевые слова: *листья хлопчатника, ветви, высота растения, фазы развития.*

Abstract: *According to the results of phenological observations, the growth and development of the cotton variety C-8290, studied in the experiment, were observed. That is, as of June 1, the height of the C-8290 cotton variety was 15.8-17.2 cm, and the number of true leaves was 4.2-4.3 pieces, respectively, for the years of research.*

Key words: *cotton leaves, branches, plant height, development phases.*

Кириш. Маълумки, ғўза ўсимлиги Ўзбекистон қишлоқ хўжалигининг стратегик аҳамиятга эга булган асосий техник экинларидан бири бўлиб, унинг ҳосилдорлиги ва тола сифати кўп жihatдан навнинг биологик хусусиятлари ҳамда парвариш тадбирларининг тўғри ташкил этилганлигига боғлиқдир. Ҳар бир ғўза нави муайян экологик шароитларга мослашиш имконияти, ўсиш суръати ва ривожланиш динамикаси билан фарқ қилади. Шу боис янги ва мавжуд навларнинг агробиологик хусусиятларини чуқур ўрганиш, уларнинг ўсиш ва ривожланиш босқичларини таҳлил қилиш замонавий пахтачиликда алоҳида аҳамият касб этади.

Тажриба шароитида парваришланган ғўза навининг ўсиши ва ривожланиш жараёнларини кузатиш унинг фенологик фазалари, ўсиш биометрик кўрсаткичлари, барг ва шохланиш тармоқларининг шаклланиши, гуллаш ва капсулаларнинг ҳосил бўлаш хусусиятларини аниқлаш имконини беради. Бундай тадқиқотлар навнинг агротехник талабларини белгилаш, унинг терим машиналарига мослашув даражасини баҳолаш, шунингдек, юқори ва барқарор ҳосил олиш учун зарур бўлган илмий асосланган тавсияларни ишлаб чиқишга хизмат қилади. Ёўзанинг ўсиши ва ривожланиши бўйича олиб борилган илмий тадқиқотлар шуни кўрсатадики, навнинг биологик хусусиятлари ва агротехник тадбирларнинг самарадорлиги ўзаро чамбарчас боғлиқдир.

Пахтачилик соҳасида узоқ йиллар давомида тадқиқот олиб борган олимлардан А.Н. Тулаганов, И.Х. Абдурахмонов, А.У. Умаров, С.Э. Зиборов, М.А. Рашидов каби мутахассислар ёўзанинг фенологик фазалари, ўсиш динамикаси ва навларнинг экологик шароитларга мослашув хусусиятларини чуқур ўрганганлар.

А.Н. Тулагановнинг таъкидлашича, ёўзанинг вегетация давридаги барг массаси ва шохланиш даражаси ҳосил шаклланишнинг асосий мезонларидан бири бўлиб, ҳар бир навнинг морфологик белгиларини парвариш услубига мослаштириш юқори натижа беради [1].

И.Х. Абдурахмонов ўтказган тадқиқотларда эса турли навларнинг ўсиш суръати, илдиз тизими ривожланиши ва фотосинтетик фаоллик даражаси ўртасидаги узвий боғлиқлик асослаб берилган. Унинг фикрича, навнинг фотосинтетик имконияти қанча паст бўлса, юқори ҳосил олиш учун агротехник чора-тадбирларни кучайтириш талаб қилинади [2].

С.Э. Зиборов ва М.А. Рашидовлар томонидан олиб борилган изланишларда ёўзанинг гуллаш ва капсула бўлаш жараёни асосан навнинг генетик хусусиятлари ва ҳудуд иқлим шароити билан белгиланиши қайд этилган. Уларнинг таъкидлашича, навларни тажриба шароитида ўрганиш, айниқса, ҳарорат, намлик ва тупроқ унумдорлиги ўзгарадиган йилларда жуда муҳимдир [3].

Шунингдек, хорижий олимлар J. Morton, D. Constable, J. Beasley ва бошқаларнинг ишларида ёўзанинг физиологик ривожланиш босқичлари, сув танқислиги ва озуқа моддалари етишмаслиги шароитидаги ўсиш реакциялари атрофлича ёритилган. Улар ёўзанинг генетик ресурсларини ошириш, навларни механик теримга мослаштириш ва тола сифатини яхшилаш борасида муҳим назарий асослар яратган [4].

Умуман олганда, илмий манбалар таҳлили тажрибада парваришланаётган ғўза навининг ўсиш ва ривожланиш жараёнини ўрганиш ҳосилдорликни ошириш, навларни янги

шароитларга мослаштириш ва агротехник тадбирларни такомиллаштиришда муҳим аҳамиятга эга эканини кўрсатади.

Тадқиқот услубиёти. Юқоридаги долзарб вазифалардан келиб чиқиб, 2022-2024 йиллар давомида мавзу юзасидан тадқиқотларимиз Фарғона вилоятининг Кува туманида жойлашган Пахта селекцияси, уруғчилиги ва етиштириш агротехнологиялари илмий-тадқиқот институти илмий тажриба станциясининг ўтлоқи соз, механик таркибига кўра оғир кумоқ, кам шўрланган, сизот сувлари 1,6-1,8 метр чуқурликда жойлашган тупроқ шароитида олиб борилди.

Тажрибада дефолиантларни қўллаш бўйича вариантларнинг эни 3,6 м, узунлиги 15 м, битта бўлакчанинг майдони 54 м² ни ташкил этиб, ғўзанинг С-8290 навида кўсақлар 35-40% очилган муддатда “ВОЛК” маторли пуркаш мосламасида дефолиантлар сепилди. Дала ва лабораториядаги илмий изланишлар ЎзПТИ да қабул қилинган «Методика полевых опытов с хлопчатником» (1981). «Дефолиантларни синаш бўйича услубий кўрсатмалар» (2004) ва “Дала тажрибаларини ўтказиш услублари” (2007) қўлланмалари асосида олиб борилди.

Маълумотларга статистик ишлов беришда Б.Доспеховнинг «Методика полевого опыта» (1985) қўлланмасидан фойдаланилди. Тажриба даласининг тупроқларига агрохимёвий тавсиф беришда тажрибани бошлашдан олдин 0-30 ва 30-50 см қатламлардан тупроқ намуналари олиниб, тупроқдаги умумий чиринди миқдорини аниқлаш учун И.В.Тюрин, умумий азот ва фосфорни аниқлашда И.М.Малцева ва Л.Н.Гритценко услубларидан, нитратли азотни аниқлашда ионометрик асбобдан, ҳаракатчан фосфорни аниқлашда Б.П.Мачигин ва алмашинувчи калийни аниқлашда П.В.Протасов услубларидан фойдаланилди. “Дала тажрибаларини ўтказиш методикаси” (Методика проведения полевых опытов) услубномаси қишлоқ хўжалигида энг кўп қўлланиладиган ва барча дала фенологик кузатувлар учун асосий қўлланма ҳисобланади. Ушбу услубнома орқали тажриба даласида ўсимликларнинг ривожланиш фазалари, ўсиш динамикаси, биометрик ўлчовлар, фенологик кузатувлар амалга оширилган. Шунингдек, Ўзбекистон пахтачилик илмий-тадқиқот институтлари томонидан тасдиқланган “Пахтачиликда агробиологик тадқиқотлар ўтказиш услубномаси” бўйича ғўзанинг ҳар кунлик ва ҳафтанинг фенологик фазалари, барг, шох, гул, кўсақлар ривожланиши, ўсиш ва қуруқ масса йиғилиши ўрганиб таҳлил қилинган.

Тадқиқот натижалари. Тажрибада ғўзанинг ўсиб ривожланиши юқорида таъкидланган услубномалар асосида кузатиб борилиб, ҳар ойда фенологик кузатувлар ўтказилди. Ғўзанинг ўсиши ва ривожланиши мураккаб физиологик-биохимёвий жараёнлар таъсирида содир бўладиган табиий ҳодисадир. Шу билан бирга, унинг ўсиб ривожланишига турли туман абиотик, биотик ва антропоген омиллар ўз таъсирини кўрсатади. Антропоген омиллардан агротехник тадбирларни оладиган бўлсак, суғориш ва озиклантириш кучли таъсир кўрсатади. Бинобарин, олимлар айтганидек, ғўзани суғориш муддатларида гуллагунча ўтадиган муддатда тупроқ намлигининг маълум меъёрдан ортиши натижасида ғўзанинг шоналаш ва гуллаш даври узайиб боради ва бу ҳолатда намликнинг етишмаслиги ўсимликнинг ўсиши ва ривожланишига салбий таъсир этишлиги аниқланган [5].

Шунинг учун ҳар бир ғўза нави ўзига ҳос биологик хусусиятлари натижасида, турли даражада ўсиб ривожланади. Шундай экан, ҳар қандай ғўза нави вегетация даврининг давомийлиги бўйича бир-бирига ўхшамайди. Белгиланган ўсимликларда фенологик кузатувлар олиб борилди. Фенологик кузатув натижаларига кўра, тажрибада ўрганилаётган С-8290 ғўза навининг ўсиши ва ривожланиши кузатилди. Яъни, 1-июнь ҳолатида, С-8290 ғўза навининг бўйи тадқиқот йилларига мутаносиб равишда 15,8-17,2 см ни, чинбарглар сони 4,2-4,3 донани ташкил этганлиги аниқланган.

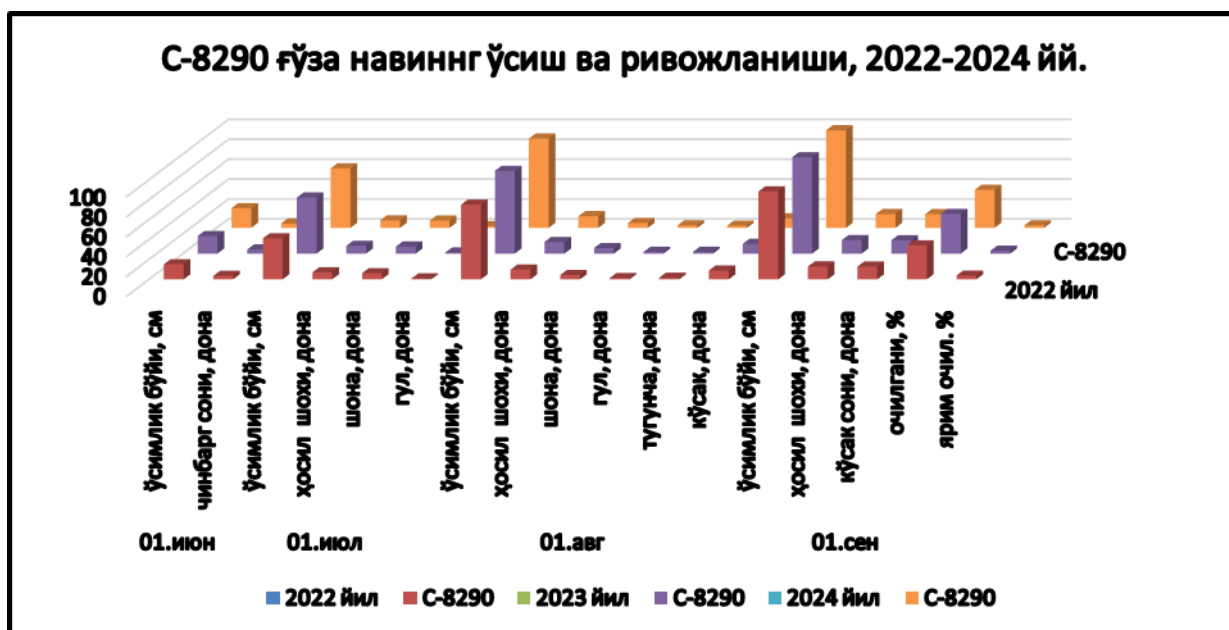
Июль ойи ҳолатига келиб эса ўсимлик бўйи 41,2-55,2 см ни, ҳосил шохи 7,1-7,4 донани, шонаси 6,3-7,7 донани, гули 1,2-0,2 донани ташкил этганлиги кузатилди.

Фенологик кузатишларни кейинги давомида (август ойи) ўсимликлар ҳосил тўплаш фазасига ўтганлиги, бунда асосан тугунча ва кўсақлар шаклланганлиги кузатилди. Кузатув жараёнларида шу нарса аён бўлдики, С-8290 ғўза навида ўсимлик бўйи йиллар бўйича 77,2-

82,2 см ни, ҳосил шохи 10,9-11,8 донани, шонаси 5,6-3,6 донани, гули 1,6-1,1 донани, тугунчаси 1,5-1,9 донани, шу жумладан кўсаклар сони 9,1-8,4 донани ташкил этганлиги аниқланди. Ўсимликларнинг ўсиши ва ривожланиши бўйича охири кузатув ишлари сентябрь ойида ўтказилиб, тажрибадаги ғўза навида ўсимлик бўйи 89,4-94,9 см ни, ҳосил шохи 13,1-13,0 донани, жами кўсаклар сони 13,6-12,4 донани, жумладан, очилгани 34,4-40,1 % ни, ярим очилгани 3,7-3,8 % ни ташкил этди.



1-расм. Униб чиққан ниҳоллар сонини аниқлаш жараёни.



1-диаграмма. Ривожланиш динамикаси.

Кузатувларнинг иккинчи муддатида (07.05; 14.05 ва 30.04) ғўза нави ниҳолларининг униб чиқиши тадқиқот йилларига мутаносиб равишда 64,6-63,9% униб чиққанлиги кузатилди.

Шуни алоҳида таъкидлаш лозимки, 2022 йилда ғўза навининг ниҳолларининг униб чиқишини аниқлаш бўйича кузатувлар май ойида олиб борилган бўлса, 2023 йилда эса апрелда аниқланди. Бу ҳолатни йилнинг об-ҳаво шароитига боғлаш мумкин. Аввало шуни айтиш лозимки, ғўза ниҳолларининг униб чиқишида С-8290 навининг хусусиятига кўра эрта унувчанлик ҳолати ҳам кузатилди.



2-расм.Тажрибадаги ғўза навида фенологик кузатув олиб бориш жараёни.

Илмий тадқиқотлар олиб борилган йилларда ғўза навларида ниҳолларнинг униб чиқиш суърати бўйича олинган маълумотлар йиллар бўйича хар хил бўлганлиги аниқланиб, бу йилнинг келишига, яъни ўша пайтдаги табиий иқлим об-ҳаво шароитига боғлиқ деб ҳисоблаймиз.

Ўзанинг ўсиши ва ривожланиши мураккаб физиологик-биокимёвий жараёнлар таъсирида содир бўладиган табиий ҳодисадир. Шу билан бирга, унинг ўсиб ривожланишига турли туман абиотик, биотик ва антропоген омиллар ўз таъсирини кўрсатади. Антропоген омиллардан агротехник тадбирларни оладиган бўлсак, суғориш ва озиклантириш кучли таъсир кўрсатади. Бинобарин, олимлар айтганидек [5] ўзани суғориш муддатларида гуллагунча ўтадиган муддатда тупроқ намлигининг маълум меъёрдан ортиши натижасида ўзанинг шоналаш ва гуллаш даври узайиб боради ва бу ҳолатда намликнинг етишмаслиги ўсимликнинг ўсиши ва ривожланишига салбий таъсир этишлиги аниқланган.

Хулоса. Хулоса қилиб айтиш мумкинки, тажрибада ўрганилаётган турли биологик хусусиятларга эга бўлган С-8290 ўрта толали ғўза навининг ўсиш ва ривожланишида бошқа ўрта толали ғўза навларига нисбатан бироз фарқлар борлиги кузатилди. Жумладан, С-8290 ғўза навининг шоҳланувчанлиги ва ўсиш суръати юқорилиги кузатилди. Шунингдек ушбу ғўза навида вегетатив массанинг гуллаш фазасигача юқори эканлиги, аммо ҳосил элементларининг шаклланишида деярли катта фарқ йўқлиги кузатилиб, бу ўрта толалаи ғўза навларининг ўзига ҳос генетик морфобиологик жиҳатлари билан изоҳланади.

Адабиётлар

- [1]. Тулаганов А.Н. Пахтачиликнинг биологик асослари ва инновацион технологиялари. Тошкент: Фан, 2015. – 320 б.
- [2]. Абдурахмонов И.Х. Ўзанинг физиологик хусусиятлари ва ҳосилдорликни ошириш омиллари. – Тошкент: Наврўз, 2018. – 256 б.
- [3]. Умаров А.У. Пахта навлари агробиологияси ва уларни парвариш қилиш усуллари. – Тошкент: Аграр илм, 2017. – 290 б.
- [4]. Зиборов С.Э. Ўза навларининг ўсиш ва ривожланиш динамикаси: илмий таҳлил. // Агробиология журнали. – 2020. – №3. – Б. 45–52.
- [5]. Рашидов М.А. Ўзанинг гуллаш ва ҳосил боғлаш жараёнига агротехник омилларнинг таъсири. // Қишлоқ хўжалиги фанлари илмий журнали. – 2019. – №6. – Б. 12–18.
- [6]. Morton J. Cotton Growth and Development: Physiology and Production Aspects. – New York: Springer, 2014. – 278 p.
- [7]. Ubaydullaev, M. M., & Makhmudova, G. O. (2022). MEDIUM FIBER S-8290 AND S-6775 COTTON AGROTECHNICS OF SOWING VARIETIES. European International Journal of Multidisciplinary Research and Management Studies, 2(05), 49-54.

MAGNIY XLORAT, MEPIKVAT XLORID VA TRISILOKSAN ALKOKSILAT ASOSIDA
SUYUQ DEFOLIANT ISHLAB CHIQRISH TEXNOLOGIYASI

A.N. Mirzaolimov

Farg'ona davlat exnika universiteti.

E-mail: mirzaolimov1988@bk.ru, tel: (99893) 483 63 65

(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya. Suyuq magniy xlorat, mepikvat xlorid ishtirok etgan murakkab suvli sistemalarda eruvchanlik va fazalar muvozanatini o'rganish boshlang'ich komponentlarning o'simliklarga fiziologik va biokimyoviy ta'sirining amaliy ahamiyati bilan bog'liq. Tadqiqot ob'yekti bo'lgan xloratlar paxtachilikda keng qo'llaniladigan noorganik defoliantlar bo'lib, Respublikamizdagi yirik sanoat korxonalarida ishlab chiqariladi. Mepikvat xlorid g'o'za g'ovlab ketishining oldini oluvchi, o'sishni boshqaruvchi vosita sifatida ishlatiladi.

Suyuq magniy xlorat, mepikvat xloridi ishtirokida boradigan suvli eritmalaridagi o'zaro ta'sir xususiyatlarini shuningdek, ular asosida fiziologik faollikga ega kompleks ta'sir etuvchi suyuq defoliantlar olish jarayonini fizik-kimyoviy asoslash maqsadida, murakkab suvli sistemalarda komponentlar eruvchanligi keng harorat va konsentratsiya oralig'ida o'rganildi.

Tayanch so'zlar: Magniy xlorat, mepikvat xlorid, sistema, defoliant, trisiloksan alkoksilat, magniy xlorat geksagidrat, politermik eruvchanlik.

Аннотация. Изучение растворимости и фазового равновесия в сложных водных системах с участием жидкого хлората магния, хлорида мепиквата связано с практическим значением физиологического и биохимического действия исходных компонентов на растения. Объектом исследования являются хлораты-неорганические дефолианты, широко применяемые в хлопководстве и производимые на крупных промышленных предприятиях нашей республики. Мепикват хлорид используется как средство контроля роста, предотвращающее прорастание хлопьев.

С целью физико-химического обоснования особенностей взаимодействия в водных растворах, протекающих в присутствии жидкого хлората магния, хлорида мепиквата, а также процесса получения на их основе жидких дефолиантов комплексного действия с физиологической активностью, изучалась растворимость компонентов в сложных водных системах в широком диапазоне температур и концентраций.

Ключевые слова. Хлорат магния, мепикватхлорид, система, дефолиант, трисилоксаналкоксилат, гексагидрат хлората магния, политермическая растворимость.

Abstract. The study of solubility and phase equilibrium in complex aqueous systems involving liquid magnesium chlorate and mepiquat chloride is related to the practical significance of the physiological and biochemical effects of the initial components on plants. The object of the study is chlorates - inorganic defoliant, widely used in cotton growing and produced at large industrial enterprises of our republic. Mepiquat chloride is used as a growth control agent, preventing the germination of flakes.

In order to physicochemically substantiate the features of interaction in aqueous solutions occurring in the presence of liquid magnesium chlorate and mepiquat chloride, as well as the process of obtaining liquid defoliant of complex action with physiological activity on their basis, the solubility of the components in complex aqueous systems was studied in a wide range of temperatures and concentrations.

Keywords. Magnesium chlorate, mepiquat chloride, system, defoliant, trisiloxane alkoxylate, magnesium chlorate hexahydrate, polythermal solubility.

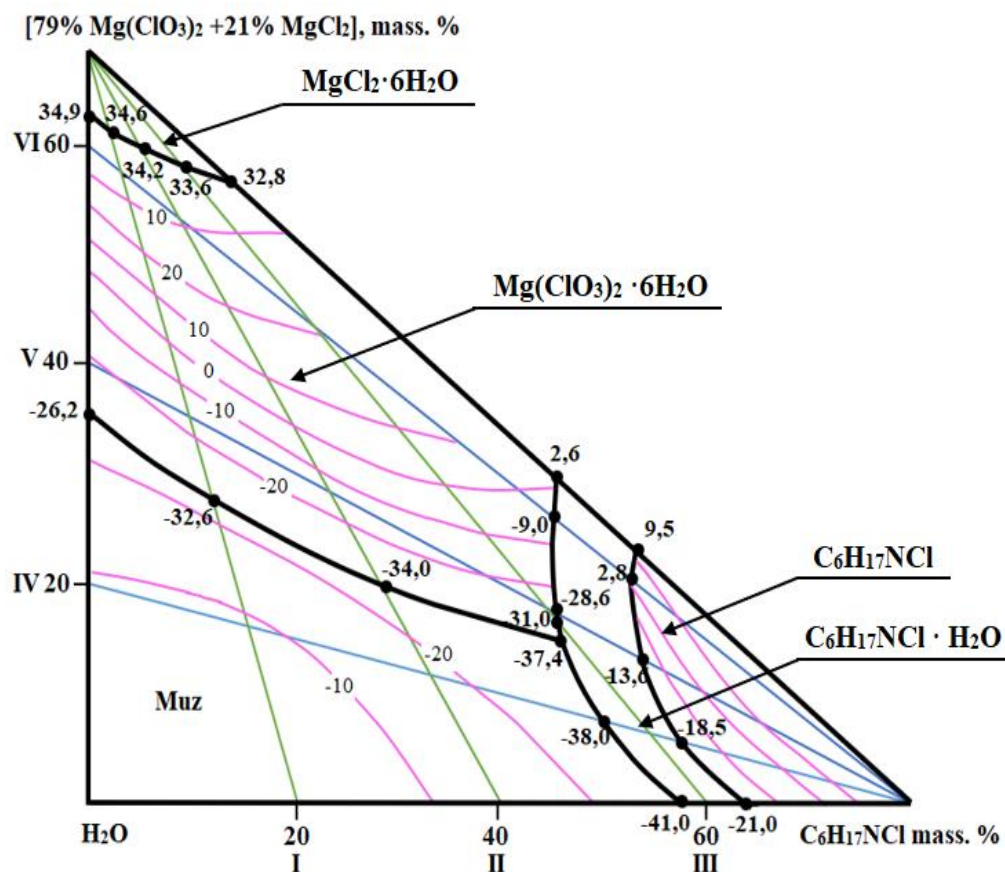
Ma'lumki, suyuq magniy xlorat defolianti Indarama «Farg'onaazot» A.J. da Tsh. 88.16-29-2001. bo'yicha ishlab chiqariladi. Olingan mahsulotda magniy xloratning miqdori 35-36 %, magniy va natriy xloridlarining umumiy miqdori 9,0 % dan hamda suvning miqdori 56% dan ko'p emas.

Suyuq magniy xlorat va mepikvat xlorid asosida suyuq defoliant olish jarayonini fizik kimyoviy asoslash maqsadida $[79\% \text{Mg}(\text{ClO}_3)_2 + 21,0\% \Sigma \text{MgCl}_2 + \text{NaCl}] - \text{C}_6\text{H}_{17}\text{NCl} - \text{H}_2\text{O}$ sistemasi o'rganildi. Sistema eruvchanligi oltita ichki kesimlar orqali kristallanishning evtetik nuqtasi (-41°C) dan $34,9^\circ\text{C}$ gacha o'rganildi [1,3].

Sistemaning politermik eruvchanlik diagrammasida muz, magniy xlorat geksagidrat, magniy xlorid geksagidrat, mepikvat xlorid va mepikvat xlorid monogidratlarning kristallanish maydonlari chegaralandi (1- rasm).

Eruvchanlik diagrammasidagi eng katta kristallanish maydoni magniy xlorat geksagidratga tegishli bo'lib, sistemaning boshqa tarkibiy qismlariga nisbatan past eruvchanlikga ega

$[79,0\% \text{Mg}(\text{ClO}_3)_2 + 21,0\% \Sigma(\text{MgCl}_2 + \text{NaCl})] - \text{C}_6\text{H}_{17}\text{NCl} - \text{H}_2\text{O}$ sistemasini o'rganish natijalaridan ko'rinib turibdiki, unda yangi modda hosil bo'lishi kuzatilmaydi.



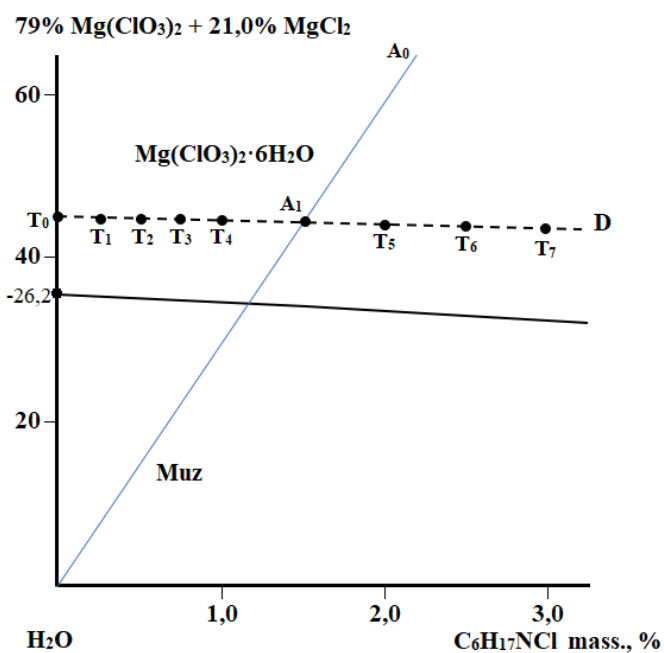
1-rasm. $79\% \text{Mg}(\text{ClO}_3)_2 + 21,0\% \Sigma \text{MgCl}_2 + \text{NaCl} - \text{C}_6\text{H}_{17}\text{NCl} - \text{H}_2\text{O}$ sistemaning politermik eruvchanlik diagrammasi.

$[79,0\% \text{Mg}(\text{ClO}_3)_2 + 21,0\% \Sigma(\text{MgCl}_2 + \text{NaCl})] - \text{C}_6\text{H}_{17}\text{NCl} - \text{H}_2\text{O}$ sistemasini o'rganish natijalaridan ko'rinib turibdiki, unda yangi birikma hosil bo'lishi kuzatilmaydi.

$[79,0\% \text{Mg}(\text{ClO}_3)_2 + 21,0\% \text{MgCl}_2] - \text{C}_6\text{H}_{17}\text{NCl} - \text{H}_2\text{O}$ sistemasining eruvchanlik diagrammasi (1-rasm) asosida Indorama Farg'onaazot AJ da Tsh 00203855-34:2015 ga muvofiq ishlab chiqarilgan suyuq magniy xlorat defoliantida ("T₀" nuqta) mepikvat xlorid ("A" nuqtasi) eritish jarayonini asoslaymiz. Boshlang'ich eritma "T₀" $2,6^\circ\text{C}$ kristallanish haroratiga ega. Eritmaning figurativ nuqtasi magniy xlorat geksagidratining kristallanish maydoniga to'g'ri keladi. "T₀" eritmaga mepikvat xlorid qo'shib borilganda, sistemaning figurativ nuqtalari "T₀-D" chizig'i bo'yicha o'zgaradi. Sistemada kristallanish fazasi mepikvat xloridning yuqori konsentratsiyasigacha o'zgarishsiz qoladi. "T₀" eritmasiga mepikvat xlorid qo'shib borish jarayonida eritmalarning kristallanish haroratining pasayishi kuzatiladi. "T₀-D" massa nisbati $1,0 \div 0,0152$ bo'lgan "A" nuqta kristallanish harorati $-3,2^\circ\text{C}$, tarkibida 36,0% magniy xlorat, 9,0% magniy xlorid, 1,5% mepikvat xlorid tutgan eritmaga to'g'ri keladi.

79% $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2 + 21,0\% \Sigma \text{MgCl}_2 + \text{NaCl} - \text{C}_6\text{H}_{17}\text{NCl} - \text{H}_2\text{O}$ sistemaning ikkilamchi va uchlamchi nuqtalari tasnifi

Suyuq faza tarkibi, mass. %			Kristall. harorati, °C	Qattiq faza
79% $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2 + 21,0\% \Sigma \text{MgCl}_2 + \text{NaCl}$	$\text{C}_6\text{H}_{17}\text{NCl}$	H_2O		
62,4	-	37,6	34,9	$\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{MgCl}_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
61,5	2,0	36,5	33,6	- // -
60,2	4,5	35,3	33,2	- // -
58,0	9,0	33,0	31,6	- // -
56,4	14	29,6	30,2	- // -
35,6	-	64,4	-26,2	Muz + $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$
28,0	11,6	60,4	-32,6	- // -
20,2	28,0	51,8	-34,0	- // -
15,0	46,0	39,0	-37,4	Muz + $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{C}_6\text{H}_{17}\text{NCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$
16,5	45,5	38,0	-31,0	$\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O} + \text{C}_6\text{H}_{17}\text{NCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$
17,5	45,2	37,3	-28,6	- // -
25,6	45,8	28,6	-9,6	- // -
29,5	46,0	24,5	2,6	- // -
7,6	50,2	42,2	-38,0	Muz + $\text{C}_6\text{H}_{17}\text{NCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$
-	57,5	32,5	-41,0	- // -
23,0	53,5	23,5	9,5	$\text{C}_6\text{H}_{17}\text{NCl} + \text{C}_6\text{H}_{17}\text{NCl} \cdot \text{H}_2\text{O}$
20,0	53,0	27,0	2,8	- // -
13,4	53,9	67,3	-13,6	- // -
5,5	57,5	37,0	-18,5	- // -
-	65,0	35,0	-21	- // -



2.rasm. Magniy xlorat-xlorid va mepikvat xlorid asosida suyuq defoliant olish jarayonini asoslash sxemasi.

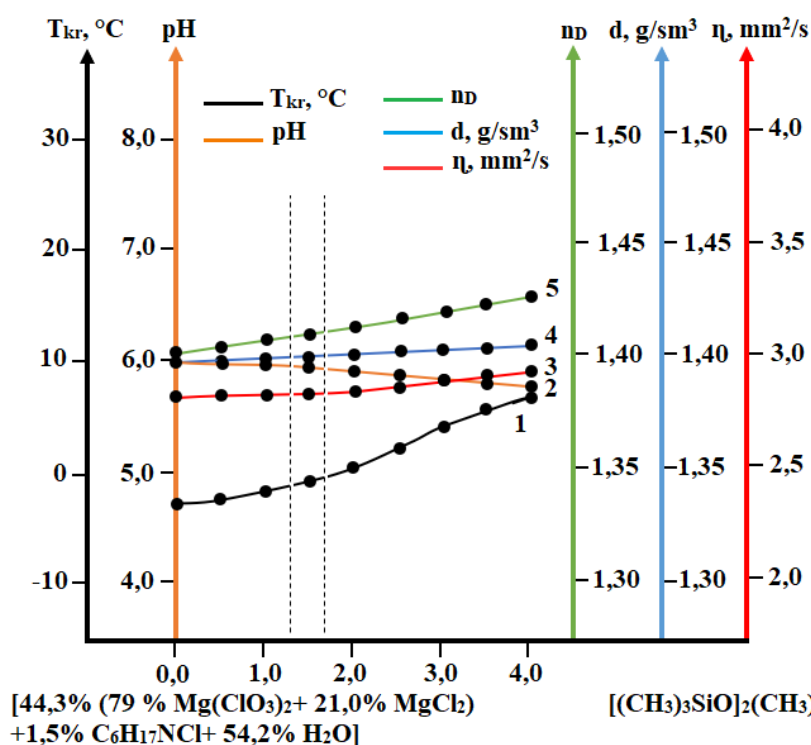
“ $T_0 \div D$ ” nisbatining yanada ortib borishi past kristallanish haroratiga ega bo‘lgan eritmalar hosil bo‘lishiga olib keladi. “ $T_0 \div D$ ” massa nisbati $1,0 \div 0,0309$ ga teng “ T_7 ” nuqtada, kristallanish harorati $-4,9^\circ\text{C}$ bo‘lgan eritma hosil bo‘ladi [4,6].

Tarkibida magniy xlorat-xlorid va mepikvat xlorid tutgan eritmalarining tarkibi, kristallanish harorati, zichligi va qovushqoqligi “ $T_0 \div D$ ” massa nisbatiga bog‘liqligi 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

[79%Mg(ClO₃)₂+21% MgCl₂]-C₆H₁₇NCl- H₂O sistemada eritmalarining fizik-kimyoviy xossalari, kristallanish harorati, zichligi, qovushqoqlik o‘zgarishlarini komponentlar “ $T_0 \div D$ ” tarkibiga bog‘liqligi.

Defoliant tarkib nuqtalari	Eritma tarkibi, %				Kris. harorati, °C	Zichlik, (20°C da) g/sm ³	Qovushq oqlik, (20°C da) mm ² /sek
	$T_0 \div D$ massa Nisbatlari	79%Mg(ClO ₃) ₂ +21% MgCl ₂	C ₆ H ₁₇ NCl	H ₂ O			
T ₀	-	45,00	-	55,0	2,6	1,3964	2,823
T ₁	$1,0 \div 0,0025$	44,88	0,25	54,86	-1,2	1,3968	2,826
T ₂	$1,0 \div 0,0050$	44,77	0,5	54,73	-1,6	1,3971	2,829
T ₃	$1,0 \div 0,0075$	44,66	0,75	54,58	-2,0	1,3974	2,833
T ₄	$1,0 \div 0,0101$	44,55	1,0	54,44	-2,5	1,3979	2,837
A	$1,0 \div 0,0152$	44,33	1,5	54,16	-3,2	1,3983	2,842
T ₅	$1,0 \div 0,0204$	44,11	2,0	53,88	-3,8	1,3987	2,846
T ₆	$1,0 \div 0,0256$	43,90	2,5	53,60	-4,3	1,3992	2,851
T ₇	$1,0 \div 0,0309$	43,69	3,0	53,31	-4,9	1,3996	2,856



3- rasm [44,3% (79 % Mg(ClO₃)₂+ 21,0% MgCl₂)+1,5% C₆H₁₇NCl+ 54,2% H₂O]- [(CH₃)₃SiO]₂(CH₃)₂ sistemaning kristallanish haroratlari va 25 °C haroratdagi “tarkib-xossa” diagrammasi: 1-kristallanish harorati, 2 - pH, 3 - qovushqoqlik, 4 - zichlik, 5 - nur sindirish ko‘rsatkichi.

Indarama

«Farg‘onaazot» A.J. da Tsh. 88.16-29-2001. bo‘yicha ishlab chiqariladigan suyuq magniy xlorat asosida kompleks ta’sirga ega defoliant olish jarayonini fizik kimyoviy asoslash maqsadida yuqorida bayon etilgan tadqiqot va o‘tkazilgan agrokimyoviy sinov natijalari asosida [44,3% (79,0% Mg(ClO₃)₂+21,0% MgCl₂)+ 1,5% C₆H₁₇NCl+ 54,2% H₂O] tarkib sintez qilib olindi. Bunday tarkibga ega kompleks ta’sir etuvchi preparatga yuvilib ketishini oldini olish va yopishuvchanligini ta’minlash maqsadida trisiloksan alkoksilat qo‘shib borish bilan eritmaning kristallanish harorati, zichligi, qovushqoqligi, pH va nur sindirish ko‘rsatkichlari komponentlar

konsentratsiyasiga bog‘liq ravishda o‘rganildi (3-jadval). Olingan natijalar asosida “tarkib-xossa” diagrammasi tuzildi. (3-rasm).

3-jadval

[44,3% (79 % $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2$ + 21,0% MgCl_2)+1,5% $\text{C}_6\text{H}_{17}\text{NCl}$ + 54,2% H_2O]- $[(\text{CH}_3)_3\text{SiO}]_2(\text{CH}_3)_2$ sistemaning realogik xossalari

Komponentlar tarkibi, %			$T_{\text{kr}}, ^\circ\text{C}$	pH	$d, \text{g/sm}^3$	$\eta, \text{mm}^2/\text{sek}$	n_D
44,3% (79 % $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2$ + 21,0% MgCl_2)+1,5% $\text{C}_6\text{H}_{17}\text{NCl}$	$[(\text{CH}_3)_3\text{SiO}]_2(\text{CH}_3)_2$	H_2O					
45,8	-	54,2	-3,2	6,12	1,3983	2,842	1,412
45,57	0,5	53,93	-2,5	6,05	1,3985	2,853	1,415
45,35	1,0	53,65	-1,5	5,98	1,3987	2,862	1,417
45,12	1,5	53,38	-0,8	5,93	1,3991	2,871	1,419
44,90	2,0	53,10	0,6	5,87	1,3994	2,883	1,421
44,68	2,5	52,82	1,8	5,81	1,3998	2,892	1,423
44,46	3,0	52,53	3,5	5,76	1,4007	2,904	1,425
44,25	3,5	52,25	4,9	5,72	1,4012	2,913	1,427
44,03	4,0	51,97	6,2	5,69	1,4018	2,922	1,429

44,3% (79% $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2$ + 21,0% MgCl_2)+1,5% $\text{C}_6\text{H}_{17}\text{NCl}$ + 54,2% H_2O eritmasiga trisiloksan alkoksilat qo‘shib boorish natijasida eritmaning kristallanish harorati -3,2 $^\circ\text{C}$ dan 6,2 $^\circ\text{C}$ gacha, 25 $^\circ\text{C}$ haroratdagi pH qiymati 6,12 dan 5,69 gacha, zichligi 1,3983 dan 1,4018 g/sm^3 gacha. qovushqoqligi 2,842 dan 2,922 mm^2/s gacha va nur sindirish ko‘rsatgichi 1,412 dan 1,429 gacha bir tekisda o‘zgarishi kuzatildi.

[44,3% (79 % $\text{Mg}(\text{ClO}_3)_2$ + 21,0% MgCl_2)+1,5% $\text{C}_6\text{H}_{17}\text{NCl}$ + 54,2% H_2O]- $[(\text{CH}_3)_3\text{SiO}]_2(\text{CH}_3)_2$ sistemasi tahlili, eritmaning qovushqoqlik, zichlik va kristallanish haroratlarini o‘rganish hamda agrokimyoviy sinov natijalari asosida kompleks ta’sir etuvchi suyuq defoliant olish texnologik sxemasi ishlab chiqildi (4-rasm).

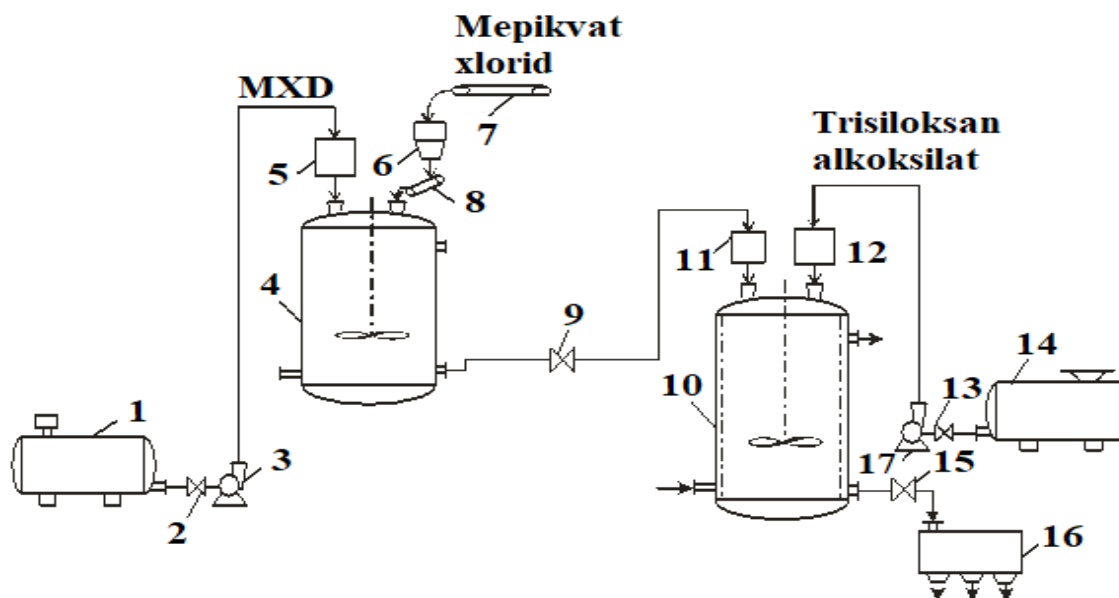
Taklif etilayotgan texnologiyaga ko‘ra 45,0 % li suyuq magniy xlorat-xlorid defolianti eritmasiga 1,0÷0,01÷0,01 og‘irlik nisbatlarida mepikvat xloridi va trisiloksan alkoksilat qo‘shib, gomogen eritma hosil bo‘lguncha intensiv aralashtiriladi.

Texnologik jarayon quyidagi bosqichlardan iborat:

- 45,0% li magniy xlorat-xlorid eritmasini aralashtirgich reaktorga yuklash;
- mepikvat xloridni suyuq magniy xlorat defolianti bilan 1,0÷0,01 og‘irlik nisbatida reaktorga yuklash.
- reaktorga trisiloksan alkoksilat eritmasini yuklash.
- hosil bo‘lgan mahsulotni qadoqlash.

45,0% li magniy xlorat-xlorid eritmasi saqlash bakidan (1) markazdan qochma nasos (3) va sarf o‘lchagich (5) orqali reaktor (4) ga beriladi. Reaktorga bir vaqtning o‘zida konveyer (7), bunker (6) va lentali dozator (8) orqali mepikvat xlorid yuklanadi. Mepikvat xloridni suyuq magniy xlorat-xlorid eritmasida erishi mexanik aralashtirgich bilan jihozlangan reaktorda intensiv aralashtirish orqali amalga oshiriladi. Hosil bo‘lgan gomogen eritma sarf o‘lchagich (11) orqali reaktor (10) ga beriladi. Shuningdek reaktorga (11) saqlash bakidan (14) trisiloksan alkoksilat eritmasi sarf o‘lchagich (12) orqali beriladi. Eritish jarayoni xona haroratida bir me’yorda asta aralashtirish orqali amalga oshiriladi.

Trisiloksan alkoksilatni magniy xlorat-xlorid va mepikvat xlorid eritmasida eritish gomogen eritma hosil bo‘lguncha 10-15 minut davom etadi [7].



4-rasm. Suyuq magniy xlorat, mepikvat xlorid va trisiloksan alkoksilat asosida defoliant olish texnologik sxemasi. 1- suyuq magniy xlorat saqlash baki; 2,9,13,15-ventillar; 3,17- markazdan qochma nasos; 4,10-aralashtirgich reaktor; 5,11,12-sarf o'lhagichlari; 6-bunker; 7-lentali konveyer; 8-lentali dozator; 14- trisiloksan alkoksilat saqlash baki; 16 - qadoqlash uskunasi.

Tayyor mahsulot sifatida 45% li magniy xlorat-xlorid, mepikvat xlorid va trisiloksan alkoksilatlarining o'g'irlik nisbatlari $1,0 \div 0,01 \div 0,01$ bo'lgan $[43,6\% (79\% \text{Mg}(\text{ClO}_3)_2 + 21,0\% \text{MgCl}_2) + 1,47\% \text{C}_6\text{H}_{17}\text{NCl} + 1,5\% [(\text{CH}_3)_3\text{SiO}]_2(\text{CH}_3)_2 + 53,43\% \text{H}_2\text{O}]$ tarkib sintez qilib olinadi. Tayyor mahsulot o'z oqimi bilan qadoqlash bo'limiga beriladi va plastik idishlarga qadoqlanadi.

Yuqoridagi tarkib asosida kompleks ta'sirga ega suyuq defoliant ishlab chiqarish uchun TSh 88.16-40:2012 bo'yicha ishlab chiqarilgan, tarkibida 36% magniy xlorat bo'lgan suyuq magniy xlorat defoliantidan foydalaniladi. Quyidagi 4 va 5 jadvallarda 1 t suyuq defoliant olish uchun moddiy balans hamda fizik kimyoviy ko'rsatkichlar keltirilgan.

4-jadval

Magniy xlorat, mepikvat xlorid va trisiloksan alkoksilat asosidagi suyuq defoliantning fizik-kimyoviy va reologik xususiyatlari.

Ko'rsatkich nomi	Me'yor
1. Tashqi ko'rinishi	Gomogen eritma
2. Magniy xloratning massa ulushi, %	34,5
3. Mepikvat xloridning massa ulushi, %	1,47
4. Trisiloksan alkoksilatning massa ulushi, %	1,5
5. Magniy va natriy xloridlarning massa ulushlari, %	9,15
6. Suvning massa ulushi, %	53,43
7. Kristallanish hatorati, °C	-0,8
8. Eritma zichligi, g/sm ³	1,3991

Ishlab chiqilgan texnologiya asosida "SwissAgro" MCHJ zavodida 200 kg miqdorda kompleks ta'sirga ega suyuq defoliant tajriba partiyasi ishlab chiqarildi.

Tarkibida magniy xlorat-xlorid, mepikvat xlorid va trisiloksan alkoksilat tutgan suyuq defoliantning texnologik ko'rsatkichlari.

Dastlabki magniy xlorat-xlorid eritmasidagi magniy xlorat miqdori, % kam emas	36
Magniy xlorat-xlorid eritmasi bilan mepikvat xloridning o'g'irlik nisbatlari	1,0÷0,01
Aralashtirgich reaktorga magniy xlorat-xlorid eritmasini yuklash vaqti, daqiqada	5-10
Aralashtirgich reaktorga mepikvat xloridni yuklash vaqti, daqiqada	5-10
Aralashtirgich reaktordagi harorat, °C	
	Xona harorati
Reaktorda magniy xlorat-xlorid va mepikvat xloridlarni aralashtirish vaqti, daqiqada	10-15
Reaktorga trisiloksan alkoksilat eritmasini yuklash vaqti, daqiqada	5-10
Magniy xlorat-xlorid va mepikvat xlorid tutgan eritmaga yuklangan trisiloksan alkoksilatni eritish uchun aralashtirish vaqti	5-10
Tayyor mahsulotni qadoqlash uskunasi uzatish va qadoqlash, daqiqada	50-60

5-jadval

Magniy xlorat, mepikvat xlorid va trisiloksan alkoksilat asosida 1 tonna suyuq defoliant olishning moddiy balansi (mexanik yo'qotishlar hisobga olinmaganda).

Nomi	Miqdori, kg					Umumiy, kg
	Mg(ClO ₃) ₂	MgCl ₂	C ₆ H ₁₇ NCl	[(CH ₃) ₃ SiO ₂] (CH ₃) ₂	H ₂ O	
KIRISH						
1. Suyuq magniy	345	91,5	-	-	534,0	534
2. Mepikvat xlorid	-	-	14,5	-	-	14,5
3. Trisiloksan alkoksilat	-	-	-	15,0	-	15,0
Jami	345	91,5	14,5	15,0	534,0	1000,0
SARF						
Kompleks ta'sir ega suyuq defoliant	345	91,5	14,5	15,0	534,0	1000,0

Xulosa. Ushbu maqolada magniy xlorat va mepikvat xloridi ishtirokidagi uch komponentli suvli sistemaning eruvchanligi vizual politermik usulda keng harorat va konsentrasiya oralig'ida o'rganilgan. O'rganilgan SMXD - mepikvat xlorid - suv sistemasi oddiy evtonik tipga mansub bo'lib, dastlabki komponentlar yangi birikmalar hosil qilmay o'z individualligini saqlab qoladi. Olingan natijalar fiziologik faollikka ega kompleks ta'sir etuvchi defoliantlar olish texnologiyasini ishlab chiqishga asos bo'ladi.

Adabiyotlar

- [1]. Киргинцев А.Н. Трушников Л.Н. Лаврентьева В.Г. Растворимость неорганических веществ в воде. – Л. : Химия, 1972. – 248 с.
- [2]. Кульмаксимов А.Х. Получение хлората магния с использованием магниезальных рассолов Кара-Богаз-Гола: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. –Ашхабад, 1989. – 152с.
- [3]. Мамиров И.Г. Растворимость в системе «хлорид магния – хлорат натрия – вода» // Тезисы докл. молодых ученых. – Ташкент, 2000. – С. 22–24.
- [4]. Трунин А.С., Петрова Д.Г. Визуально-политермический метод. – Куйбышев : Куйбышевский политехнический институт, 1977. – 94 с.
- [5]. Мамиров Илхомжон Гофиржанович Физико-химические исследования получения концентрированного и безбалластного хлорат-магниевого дефолианта // Universum: технические науки. 2020. №6-3 (75).

- [6]. Эргашев Дилмурод Адилжанович, Тураев Тиркаш Тураевич, Мирзолимов Акмалжон Набиевич, Аминбоев Алёрбек Голибжон Ўғли, Хамдамова Шохида Шерзодовна Физико-химическое обоснование процесса получения нового дефолианта // Universum: технические науки. 2019. №2 (59).
- [7]. Хамдамова Шохида Шерзодовна, Тухтаев Сайдирахол Растворимость в системе хлорат кальция - хлорид натрия - вода // Universum: химия и биология. 2016. №8 (26).

UDK 66.061.5(088.8)

BARBOTAJLI EKSTRAKTORLARNI QARAMA-QARSHI OQIMLI VA UZLUKSIZ JARAYONLARNI AMALGA OSHIRISHDA GAZ MIQDORINI O'ZGARTIRISH ORQALI SOZLASH TAHLILI

B.A. Alimatov, B.J. Xursanov

Farg'ona davlat texnika universiteti

e-mail: xursanovboyqozi@gmail.com, boyquzi.xursanov@fstu.uz,

ORCID: 0000-0002-2326-4047

e-mail: alimatov49@mail.ru, bahodirjon.alimatov@fstu.uz

ORCID: 0009-0003-5028-4398

(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya: Maqolada barbotajli ekstraktorlarda qarama-qarshi oqimli va uzluksiz jarayonlarni amalga oshirishda gaz sarfini o'zgartirish orqali ekstraksiya jarayonini boshqarish masalalari tahlil qilingan. Gaz miqdorining fazalar aloqa vaqti, massa almashinish intensivligi va energiya sarfiga ta'siri tahlillarga ko'ra ilmiy asoslangan.

Tayanch so'zlar: barbotajli ekstraktor, qarama-qarshi oqim, gaz sarfi, massa almashinish, uzluksiz jarayon.

Аннотация: В статье анализируются вопросы управления процессом экстракции путем изменения расхода газа в противоточных и непрерывных процессах в барботажных экстракторах. На основе научного анализа рассматривается влияние количества газа на время контакта фаз, интенсивность массопереноса и энергопотребление.

Ключевые слова: барботажный экстрактор, противоточный, расход газа, массообмен, непрерывный процесс.

Abstract: The article analyzes the issues of controlling the extraction process by changing the gas consumption in counterflow and continuous processes in bubble extractors. The effect of gas amount on phase contact time, mass transfer intensity and energy consumption is based on scientific analysis.

Key words: bubble extractor, counter flow, gas consumption, mass exchange, continuous process.

Kirish. Bugungi kunda kimyo, neftni qayta ishlash, oziq-ovqat, gidrometallurgiya, farmasevtika va ishlab chiqarishning boshqa tarmoqlarida suyuqlik ekstraksiyasi jarayonlari keng tarqalgan. Suyuqlik ekstraksiyasi mexanizmini chuqur o'rganish bilan bir qatorda yuqori samarali ekstraksion apparatlar yaratish va ishlab chiqishga katta e'tibor berilmoqda. Ushbu apparatlarda gaz va suyuqlik fazalari o'rtasida intensiv massa almashinish ta'minlanadi. Bu ishlar bugungi kunda ikki yo'nalish bo'yicha olib borilmoqda [1]:

- katta birlamchi quvvatli jadallashtirilgan apparatlarni yaratish va ishlab chiqish;
- kam energiya sarfli tejamkor ekstraksion apparatlarni va yordamchi jihozlarni yaratish.

Suyuqlik-suyuqlik sistemalarini ekstraksiyalashda birinchi jarayon sifatida fazalarning aloqa yuzalarini hosil qilish maqsadida bitta suyuqlikni ikkinchisida tomchilarga bo'lib taqsimlashdir. Fazalararo aloqa yuzasini oshirishning sanoatda qo'llaniladigan yagona usuli - bu suyuqliklardan birini tomchilarga parchalash usuli bo'ladi [2]. Ekstraksiya jarayonlarini amalga oshirish uchun tashqi energiya berishning turli usullari mavjud: mexanik aralashtirgichlar qo'llash [3], suyuqliklarga pulsatsiya [4] va vibratsiya berish [5], gazlar oqimini bosim ostida berib aralashtirish [6], ultra-tovush qo'llash [7,8] va hokazo. Suyuqliklarga tashqi energiya berishning umumiy qoidalari asosida [9] ekstraktorlarning turli xil ko'rinishdagi konstruksiyalari yaratilgan bo'lib,

ularni o'ziga yarasha afzalliklari va kamchiliklari mavjud.

Suyuqlik ekstraksiyasi jarayonlarini jadallashtirishning samarali yo'llaridan biri - bu qayta ishlanayotgan suyuqlikka nisbatan inert bo'lgan siqilgan gaz energiyasidan foydalanish. Bu usul pnevmoaralashtirish nomi bilan tanish va u ko'pgina kimyo-texnologik jarayonlarni jadallashtirishda muvaffaqiyatli qo'llanmoqda, lekin suyuqlik ekstraksiyasi jarayonlarini amalga oshirishda yetarli darajada qo'llangani yo'q.

Barbotajli ekstraktorlarning asosiy afzalligi – ularning tuzilishining soddaligi va apparat ichida qo'zg'aluvchi mexanik qismlari yo'qligi tufayli, uning ishlatilishidagi ishonchliligidir. Birinchisi apparatni ishlab chiqarish korxonalari sharoitida mexanik sexlarda tayyorlashga imkon bersa, ikkinchisi kimyoviy zaxarli va xavfli ishlab chiqarish sharoitlarida asosiy shart bo'lib xizmat qiladi. Bundan tashqari, gabarit o'lchamlarining kichikligi ularni tayyorlashga ishlatiladigan kamyob zanglamas po'latlarni ko'p miqdorda tejashga imkon yaratadi.

Dolzarblik. Zamonaviy ishlab chiqarishda energiya va resurs tejamkor texnologiyalarni joriy etish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Gaz sarfini optimallashtirish orqali jarayon samaradorligini oshirish dolzarb masaladir.

Masalaning qo'yilishi. Barbotajli ekstraktorlarda gaz miqdorini o'zgartirish orqali qarama-qarshi oqimli va uzluksiz jarayonlar uchun optimal ish rejimlarini aniqlash asosiy masala hisoblanadi.

Barbotajli ekstraktorlarni ko'p tonnali qarama-qarshi oqimli va to'htamaydigan jarayonlarni amalga oshirishda berilayotgan gaz miqdorini oddiy o'zgartirish orqali sozlash mumkin bo'lganligi sababli ularni ishlatish muammosi hozirda juda ham dolzarb.

Lekin, barbotajli ekstraktorning afzalliklariga qaramay, konstruksiyalash asoslarining ilmiy-texnik rivojlanishi, shuningdek keng klassdagi ishlab chiqarish ekstraksion tizimlarini qayta ishlashga qo'llanadigan shunday apparatlarni hisoblash va loyihalashning ishonchli injenerlik usullarini yaratish uchun kerak bo'lgan gidrodinamik va massalmashinuv tavsiflarini nazariy va tajribaviy izlanishlari yetishmasligi tufayli ularni ishlatish cheklanib kelmokda.

Tadqiqot obyektlari va usullari. Bugungi kunda ma'lum bo'lgan barbotajli ekstraktorlar tuzilmalari t.f.d.professor B.A.Alimatov, t.f.d.professor I.T.Karimov va boshqa olimlar tomonidan chuqur tahlil qilingan, ularning tasnifi ishlab chiqilgan.

Barbotajli ekstraktorlar tuzilmalarining ko'pligini shu bilan izohlash mumkinki, sanoatda amalga oshirilayotgan ekstraksiya jarayonlari juda ham ko'p, shuning uchun barcha jarayonlar uchun mos keladigan universal apparat yaratish mushkil. Tasnif barbotajli ekstraktorning afzalliklari va kamchiliklarini xar tomonlama tahlil qilishga va ularni u yoki bu sanoat ekstraksiya jarayonlarida qo'llash bo'yicha asoslangan tavsiyalar berishga imkon beradi. Tasnifga ko'ra apparatlarning turli sinflarga «suyuqlik-suyuqlik» sistemalarini aralashtiruvchi moslamalar, gorizontali yoki qutisimon barbotajli ekstraktorlar va ustunsimon (kolonnasimon) barbotajli ekstraktorlar kirgan.

Tuzilishi bo'yicha eng soddaga bo'lgan «suyuqlik - suyuqlik» sistemalari aralashtirgichlarga erliftli, barbotajli va kombinatsiyalangan uskunalar kiradi. Bizning analizimiz natijasida bunday uskunalar faqat bir pog'onali jarayonlar sharoitida ishlatilishi mumkinligi aniqlandi.

Gorizontali yoki qutisimon suyuqlik ekstraktorlarga erliftli, barbotajli va suyuqlik plyonkasi ko'tariladigan apparatlar kiradi. Bularning har biri o'z navbatida bir pog'onali va ko'p pog'onalilarga ajraydi.

Ustunsimon yoki kolonnali barbotajli ekstraktorlarga uzluksiz (differensial) aloqali va aralashtirgich-tindirgich usulda ishlaydigan apparatlar kiradi.

Qimmatbaho rangli, noyob va tarqalgan kimyoviy elementlarini iloji boricha hom-ashyodan tyliq ajratib olish O'zbekiston Respublikasi iqtisodiyoti uchun muhim masala b'lib qolgan. Bunday elementlarning katta zahiralari bugungi kunda nafaqat tog' massivlarida, balki tog'-metallurgiya korxonalari chiqindixonalarida ham mavjud. Masalan, Olmaliq tog'-metallurgiya kombinati chiqindixonalarida osmiy, reniy, selen, molibden va boshqa elementlar bor [13]. Bunday elementlarni ajratishning amaliy usullaridan biri bu suyuqlik ekstraksiya va keyin elektroliz qilishdir. Shu sababli bugungi kunda ekstraksion apparatlar mukammalligiga katta talablar

qýyilmoqda va bu talablarning asosiysi sifatida elektr energiyani minimal sarflashdir.

Suyuqlik ekstraksiyasi jarayonini kýpchilik olimlar tomonidan chuqur va sistemali tadqiq qilish natijasida, qayta ishlanayotgan suyuqliklar oqimlariga energiyani berishning umumiy qoidalari asosida, suyuqlik ekstraktorlarining juda kýp tuzilmalari yaratilgan va ular ýzlarining afzaliklari va kamchiliklariga kýra bir sharoitlarda ishlatilsa, ikkinchi sharoitlarda ishlata olinmaydilar, chunki barcha sharoitlar uchun týg'ri keladigan universal apparat yaratish mumkin emas. Lekin suyuqlik ekstraktorlarini yaratishning asosiy yýli bu apparat ichiga fazalar aro aloqa yuzasini oshirish maqsadida qýshimcha energiya kiritishdir.

Tashqi energiyani ekstraksion apparatga kiritishning asosiy usullari quyidagilar: turli mexanik aralashtirgichlar qýllash, vibro-aralashtirish, suyuqliklarga pulsatsiyalar berish, ultratovushni qýllash, markazdan qochma usulda aralashtirish va tindirish, elektr maydonidan foydalanish va boshqalar.

Barbotajli ekstraktorlar yaratish tarixi XX asrning 50-chi yillariga borib taqaladi. Usha vaqtlarda yadro energetikasi uchun bir necha gorizontaal va vertikal tipdagi apparatlar yaratilgan edi. Bu apparatlar ichida gaz va suyuqliklar harakatlari yaxshi tashkil etilmaganligi, katta ishlab chiqarish maydonlarini egallaganliklari sababli, ular keyinchalik kýp yillar mobaynida sababsiz etibordan tushib qolgan va faqat keyingi yillarda biotexnologiya rivojlanishi bilan, farmasevtika, gidrometallurgiya va yana ayrim sohalar ehtiyojlarini qondirish uchun barbotajli ekstraktorlarga qiziqish ortishi sezilmoqda.

Amaliyot uchun eng katta qiziqishga aralashtirish-tindirish usulida uzluksiz ishlovchi barbotajli ekstraktorlar ega, chunki ularni hisoblashda va loyihalashda oddiy va ishonchli usullardan foydalanish mumkin va tajriba-sanoat uskunalardagi minimal tajribalar natijalarini sanoat miqyosidagi apparatlarga qýllash mumkin.

Natijalar va ularning muhokamasi. Nazariy va amaliy tadqiqotlar natijasida barbotajli ekstraktorlarning kýpgina tuzilmalari yaratilgan [1,2] va ular amaliyotda muvaffaqiyatli ishlatilib kelinmoqda yoki ishlatishga mutaxassislar tomonidan tavsiya etilgan («Farg'onaazot» da sirka kislotasini regeneratsiya qilish jarayonida, Farg'ona neftni qayta ishlash zavodida chiqindi suvlarni fenollardan tozalashda va boshq.).

Tadqiqotlar natijasida barbotajli ekstraktorlar bilan jihozlangan ekstraksion uskunalarda energiya sarfi mexanik aralashtirgichlar bilan jihozlangan apparatlarga nisbatan 3,5-4 marotaba kamligi isbotlangan [10]. Bu narsa Olmaliq tog' - metallurgiya kombinati mutaxassislarini juda qiziqtirgan. Shu munosabat bilan yuqorida nomi keltirilgan korxona sharoitida ishlatishga mýljallangan barbotajli ekstraktorning yangi tuzilmasi va laboratoriya modellari yaratildi. Bu uskunalarda ýtkazilgan dastlabki (asosan apparatlar va uskunalarda ishchi qobiliyatini aniqlashga qaratilgan) tajribalar barbotajli ekstraktorlarni Olmaliq tog'-metallurgiya kombinati chiqindixonalaridagi tarqalgan metallarni ajratish uchun istiqbolligini kýrsatdi. Barbotajli ekstraktorining bitta laboratoriya modeli korxona sharoitida real muhitlarda tajribalar ýtkazish uchun u yerga yetkazilgan.

Reniy, tellur, osmiy va boshqa elementlarni ajratib olishda qýllanadigan suyuqliklar fizik-kimyoviy hossalari bunday jarayonlarni barbotajli ekstraktorlarda uzluksiz kýp tonnajli miqdorda ishlab chiqarish uchun qýyiladigan talablarga týliq javob beradi, apparatlar tuzilmalari esa kerakli chegaralanmagan unumdorlikka va pog'onalarga ega ekstraksion uskunalarda yaratishga qulay ekanligi dastlab isbotlangan.

Barbotajli ekstraktorlarni loyihalash va hisoblashning nazariy asoslari ishlab chiqildi. Suyuqlik ekstraksiyasi moddalarni ajratishda va tozalashda eng zamonaviy jarayonlardan hisoblanadi.

Organik sintez sanoatida suyuqlik ekstraksiyasining rivojlanishi neftni qayta ishlash sanoati yutuqlari bilan bog'liq, natijada katta masshtabli ishlab chiqarishlar paydo bo'lgan (kaprolaktam, sirka kislotasi va boshqa moddalarni ishlab chiqarish).

Noorganik moddalar texnologiyasi sanoatida suyuqlik ekstraksiyasi usullarini keng qo'llash uran sanoati rivojlanishi bilan bog'liq.

Ekstraksion usullar qolgan cho'ktirish, sorbsion va boshqa usullarga nisbatan bir qator afzalliklarga ega: yuqori unumdorlikka ega, avtomatizatsiyaga mos, jarayonlarni uzluksiz qilib amalga

oshirishga imkon yaratiladi. Yangi ekstragentlarni sintez qilish natijasida suyuqlik ekstraksiyasi jarayonlari gidrometallurgiyaga keng kirib kelgan, hatto mis yetishtirishda suyuqlik ekstraksiya bilan olinayotgan mahsulot ulushi 50 va undan ortiq %-ni tashkil etadi.

Tarqalgan va nodir metallar texnologiyasida suyuqlik ekstraksiyasi hossalari yaqin bo'lgan sirkoniy va gafniyni, tantal va niobiyni ajratishda, lantan, seriy, samariy, neodim, prazeodim, terbiy itterbiy va boshqa elementlarni olishda keng qo'llaniladi [13].

Olmalik tog'-metallurgiya kombinatida tarqalgan va nodir metallarni kompleks ekstraksiya qilganda, elementlar chiqindihonalarda quyidagi miqdorda elementlar borligi aniqlangan: molibden - 0,5 - 2 g / l ; mis - 0,5 – 3,0 g / l ; osmiy - do 10 g / l ; temir - 0,5 – 3,0 g / l ; selen - 0,5 g / l ; aralashma zichligi 1,08 – 1,4 g/l ni tashkil etgan.

Molibden og'ir eriydigan metallar qatoriga kiradi. Uni qoldiqlardan ajratish uchun quyidagi usullar ishlatiladi: soda bilan kuydirish, avtoklavlarda soda aralashmalari bilan ajratish yoki kislotalar yordamida parchalash.

Soda bilan kuydirish usulida nam chiqindilar soda bilan aralashtiriladi va olingan massa pechda 700-750 °S haroratda 6-8 soat mobaynida qizdiriladi. Molibdenning barcha qo'shilmalari natriy molibdatiga o'tadi. Olingan suyuqlikdan temir molibdati temir xloridi yordamida ajratiladi. Cho'kib qolgan suyuqlik tarkibida Fe₂O₃ va MoO₃

bo'ladi va kerakli Fe₂ (MoO₄)₃ ga javob bermaydi. Filtrpressda presslangandan so'ng kekga ammiak suvi bilan ishlov beriladi:



Avtoklavlarda soda aralashmalari bilan ajratish usulida barcha molibdatlar molibdat kislotasigacha parchalanadi va kislotada yaxshi eriydi. Aralashmaga temir, kalsiy, mis va boshqalar o'tadi. Neytralizatsiya qilish jarayonida ammiak suv bilan birga temir molibdati cho'kadi. Aralashmada kalsiy, temirning bir miqdori, mis qoladi. Filtrashdan so'ng koldiq 580-600 °S da kuydiriladi.

Yuqoridagi usullar yordamida molibdenning 93-95 % ajratiladi. Misni ekstraksiya qilish uchun birinchi ekstragentlar sifatida gidrooksimlar taklif etilgan. Bu elementlar yordamida misni ekstraksiya qilish xelat ko'rinishida chekadi. Bu «ekstraksiya-elektroliz» usulda mis ishlab chiqarish zavodining eng yirigi Zambiyada joylashgan. U yerda sutkasiga 20 ming tonna ruda sulfat kislotasi yordamida ajratiladi. Ekstraksiya 4-ta texnologik chiziqli o'tkaziladi va ularning har birida ekstraksiya uchun 3 ta aralashtirgich-tindirgich va reekstraksiya uchun ikkita aralashtirgich-tindirgich ishlatiladi. Bu usul yordamida hom-ashyodan 90 % mis ajratib olinadi.

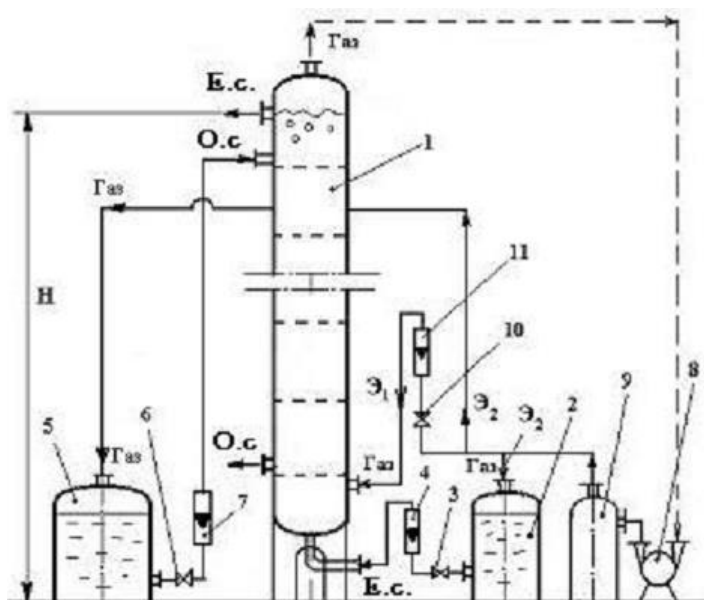
1-jadvalda qo'llaniladigan aralashtirgich-tindirgich tipidagi apparatlar parametrlari keltirilgan.

1 -jadval

Parametrlar	Ekstraksiya uchun	Reekstraksiya uchun
Aralashtirgich		
-kengligi , m	5,9	4,0
-balandligi, m	3,7	3,2
Aralashtirgich diametri, m	2,7	2,3
Aylanish tezligi, ayl/min	30-60	30-60
Tindirgich		
-kengligi, m	12,2	12,2
-uzunligi, m	36,5	26,2
-balandligi, m	0,76	0,76

Ekstraksiya jarayonida suyuqliklarni pnevmo usulida aralashtirishda suyuqliklarga nisbatan inert bo'lgan gaz suyuqliklar ustuni bo'ylab haydaladi [12,14].

Barbotajli ekstraktor bilan jihozlangan ekstraksion uskunada kompressor yordamida siqilayotgan gaz quvvati yanada unumliroq ishlatilishi mumkin. 1-rasmda barbotajli ekstraktor bilan jihozlangan ekstraksion uskuna sxemasi keltirilgan.



1-rasm. Barbotajli ekstraktor bilan jihozlangan ekstraktsion uskunasi sxemasi. 1-barbotajli ekstraktor; 2,5-yengil va og'ir suyuqliklar uchun sig'imlar (monteju); 3,6,10-boshqarish ventillar; 4,7-yengil va og'ir suyuqliklar uchun sarfo'Ichagichlar; 8-kompressor; 9-resiver; 11-gaz sarfini o'Ichovchi asbob.

φ. Ko'pchilik tadqiqotchilar, shu jumladan bizning, izlanishlarimiz natijasida shu narsa aniqlangan-ki, gazning pufakchalik rejimida barbotaj bo'lishida apparat ichidagi gazning miqdori $\phi = 0,25 \div 0,3$ ni tashkil etadi, shuning uchun 10 m balandlikka ega bo'lgan apparatda amalda 7÷7,5 m ustun suyuqliklar bo'ladi. Bu esa energiya sarfini yana φ - ga kamayishiga olib keladi (25-30% -ga). Ya'ni ekstraktsion uskunaning statsionar rejimda ishlayotganida pnevmoaralashtirishga sarflanayotgan energiya sarfi $4,23 \cdot (1 - 0,3) = 2,96$ kVt ni tashkil etadi [12,14].

Xulosa . Tadqiqot natijalari gaz sarfini belgilangan chegaralarda o'zgartirish orqali ekstraktsiya samaradorligini oshirish va energiya iste'molini kamaytirish mumkinligini ko'rsatdi. Barbotajli ekstraktorlarda gaz miqdorini boshqarish qarama-qarshi oqimli va uzluksiz jarayonlarni optimallashtirishda samarali usul hisoblanadi. Kelgusida avtomatlashtirilgan boshqaruv tizimlarini joriy etish tavsiya etiladi.

Adabiyotlar

- [1]. Alimatov B.A. va boshq. Suyuqlik barbotajli ekstraktorlar va ularni sanoatda qo'llash istiqbollari. O'zbek kimyo jurnali. 2002, № 3.
- [2]. Alimatov B.A. Barbotajli ekstraktorlarni gidrometallurgiyada q'llash istiqbollari. Halqaro ilmiy-texnik anjuman materiallari. Navoiy, 28-30 sentabr 2006. 247-249 betlar.
- [3]. Braginskiy A.V. Peremeshivanie jidkostey. L.: Ximiya, 1979. –64 s.
- [4]. Karpachyova S.M., Ryabchikov B.Ye. Pulsatsionnaya apparatura v ximicheskoy texnologii. M.: Ximiya, 1983. – 224 s.
- [5]. Gorodeskiy I.Ya., Vasin A.A., Olevskiy V.M., Lupanov P.A. Vibratsionnye massoobmennye apparaty. M.: Ximiya, 1980. –192s.
- [6]. Beloglazov I.N., Muravev A.I. Intensifikatsiya i povыshenie effek-tivnosti ximiko-texnologicheskix protsessov. L.: Ximiya, 1988. –206s.
- [7]. Kardashev G.A. Fizicheskie metody intensifikatsii protsessov ximicheskoy texnologii. M.: Ximiya, 1991. –432s.
- [8]. Fridman V.M. Issledovanie intensifikatsii fiziko-ximicheskix protsessov sistem J-J i J-T pri vozdeystvii akusticheskix kolebaniy i razrabotka akusticheskoy ximiko-texnologicheskoy apparatury. Avtoref. diss....d.t.n. M.: MIXT, 1975. – 31 s.
- [9]. Brounshteyn B.I., Jeleznyak A.S., Fiziko-ximicheskie osnovy jidkostnoy ekstraktsii. M.: Ximiya, 1966. -320s.
- [10]. Komasa Isao. «Kemikaru yendziniyaringu». Chem. Eng., 1985, v.30, № 5, p.286-293.
- [11]. Treybal R. Jidkostnaya ekstraktsiya. M.: Ximiya, 1966. – 724 s.
- [12]. Alimatov B.A., Sadullaev X.M. Sravnenie zatrat energii pri pnevmaticheskoy i mexanicheskoy peremeshivanii nesmeshivayuyuxsya jidkostey // Gidravlika i pnevmatika. Rossiya, 2002. № 5. S.7-8.

- [13]. Zelikman A.N., Kreyon O.Ye., Samsonov G.V. Metallurgiya redkix metallov. M.: Metallurgiya, 1978.
[14]. Sadullaev X.M., Alimatov B.A., Matboboev D.M. Barbotajli ekstraktor bilan jihozlangan ekstraksion uskunadagi energiya sarfiga // FarPI ilmiy-texnika jurnali. 2003, № 2.

MAKKAJO‘XORI URUG‘INI MAYDALOVCHI DRABILKA PARAMETRLARI BILAN TANISHISH VA UNING QO‘Y-ECHKILAR MAHSULDORLIGIGA TA‘SIRINI BAHOLASH

A.V. Ashurov¹ Sh.Z. Xudoyberdiyev²

¹Farg‘ona davlat texnika universiteti

²Qarshi davlat texnika universiteti

¹e-mail: ashurovabdulahad0401@gmail.com

²e-mail: xudoyberdiyev.sherzod@internet.ru

Annotatsiya: Ushbu maqolada chorvachilik, xususan, mayda shoxli mollar (qo‘y va echkilar) uchun ozuqa tayyorlash jarayonida makkajo‘xori donini maydalash texnologiyasi va drabilka parametrlari (rotor aylanish tezligi, g‘alvir teshiklari o‘lchami) chuqur tahlil qilingan. Tadqiqotda muallifning energiya tejamlorligi va ishchilar salomatligi bo‘yicha oldingi ilmiy izlanishlariga tayanilgan holda, turli o‘lchamdagi yem fraktsiyalarining hayvonlar hazm qilish tizimi va vazn orttirish ko‘rsatkichlariga ta‘siri o‘rganilgan. Natijalar shuni ko‘rsatadiki, o‘rtacha (2-4 mm) fraktsiya qo‘y va echkilar uchun eng maqbul variant hisoblanadi. Maqolada energiya samaradorligini oshirish va changlanishni kamaytirish bo‘yicha ilmiy asoslangan tavsiyalar ishlab chiqilgan.

Tayanch so‘zlar: Makkajo‘xori, bolg‘achali maydalagich (drabilka), parametrlar, maydalash darajasi, qo‘y va echkilar, hazm bo‘lish, energiya samaradorligi, mehnat muhofazasi.

Аннотация: В данной статье глубоко проанализированы технология измельчения зерна кукурузы и параметры дробилки (скорость вращения ротора, размер отверстий сита) в процессе приготовления кормов для мелкого рогатого скота (овец и коз). Основываясь на предыдущих научных исследованиях автора по энергосбережению и охране здоровья рабочих, изучено влияние фракций корма различного размера на пищеварительную систему и показатели привеса животных. Результаты показывают, что средняя фракция (2-4 мм) является наиболее оптимальной для овец и коз. В статье разработаны научно обоснованные рекомендации по повышению энергоэффективности и снижению пылеобразования.

Ключевые слова: Кукуруза, Молотковая дробилка, Параметры, Степень измельчения, Овцы и козы, Перевариваемость, Энергоэффективность, Охрана труда.

Annotation: This article provides an in-depth analysis of corn grain grinding technology and crusher parameters (rotor speed, screen hole size) in the feed preparation process for small ruminants (sheep and goats). Based on the author's previous scientific studies on energy saving and worker health, the effect of different feed fraction sizes on the digestive system and weight gain indicators of animals was studied. The results indicate that the medium fraction (2-4 mm) is the most optimal for sheep and goats. The article develops scientifically grounded recommendations for increasing energy efficiency and reducing dust formation.

Keywords: Maize (Corn), Hammer mill, Parameters, Grinding degree (Fineness of grind), Sheep and goats, Digestibility, Energy efficiency, Occupational safety and health.

1. KIRISH

1.1. Mavzuning dolzarbligi

O‘zbekiston qishloq xo‘jaligida chorvachilikni rivojlantirish, aholini arzon va sifatli go‘sht mahsulotlari bilan ta‘minlash bugungi kunning eng dolzarb vazifalaridan biridir. Sh.K.Nurmatov ta‘kidlaganidek, chorvachilik fermalarini mexanizatsiyalashtirish jarayonida asosiy e‘tibor resurs tejamlor texnologiyalarga qaratilishi lozim [6]. Chorva mollari, xususan, tez ko‘payuvchi qo‘y va echkilarning mahsuldorligi bevosita ozuqa bazasiga va ozuqani tayyorlash texnologiyasiga bog‘liq. Makkajo‘xori doni yuqori energetik qiymatga ega bo‘lsa-da, uni noto‘g‘ri qayta ishlash (juda yirik

yoki juda mayda maydalash) ozuqaning o'zlashtirilishini pasaytiradi va iqtisodiy zararga olib keladi [8].

Shu o'rinda, makkajo'xori urug'ini maydalovchi drabilka parametrlari bilan yaqindan tanishish va ularni optimallashtirish masalasi yuzaga chiqadi. Bu masala Sh.Xudoyberdiyevning "Makkajo'xori urug'ini maydalovchi drabilka parametrlari bilan tanishish" nomli ishida dastlabki texnik tahlil qilingan [1].

1.2. Muammo qo'yilishi

Zamonaviy fermer xo'jaliklarida foydalanilayotgan ko'plab maydalagichlar ilmiy asoslanmagan rejimlarda ishlaydi. Bu esa quyidagi muammolarni keltirib chiqaradi:

1. **Energiya isrofi:** Keragidan ortiqcha maydalash elektr energiyasi sarfini oshiradi. K.Koch (2002) o'z tadqiqotlarida maydalagichlarning samarasiz ishlashi energiya sarfini 20-30% ga oshirishini ko'rsatib o'tgan [15]. Bu haqda muallifning "Makkajo'xori urug'ini maydalovchi drabilkalarning samaradorligi va energiya tejamkorligi" maqolasida ham batafsil to'xtalib o'tilgan [4].
2. **Ekologik va tibbiy muammolar:** Jarayonda hosil bo'ladigan ortiqcha chang va shovqin nafaqat atrof-muhitga, balki ishchilar salomatligiga ham salbiy ta'sir ko'rsatadi [5].
3. **Biologik samarasizlik:** O'ta mayda (unsimon) yem kavsh qaytaruvchi hayvonlarda oshqozon-ichak kasalliklarini keltirib chiqaradi.

1.3. Maqsad va vazifalar

Tadqiqotning maqsadi – drabilka ishchi parametrlarini (tezlik va g'alvir o'lchami) o'zgartirish orqali olinadigan turli fraktsiyalarning qo'y va echkilar mahsuldorligiga ta'sirini aniqlash hamda eng maqbul texnologik rejimni tavsiya etishdan iborat.

2. ASOSIY QISM (Adabiyotlar sharhi)

Ozuqa tayyorlash texnologiyalari bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, donli ekinlarni maydalash darajasi hayvon organizmidagi fiziologik jarayonlarga bevosita ta'sir qiladi. B.A.Xudoyarova o'zining o'quv qo'llanmasida mahalliy sharoitda ozuqa tayyorlash mashinalarining ishchi organlarini to'g'ri sozlash muhimligini alohida qayd etgan [7].

Mahalliy olimlardan Sh.Xudoyberdiyev o'zining "Makkajo'xori donini maydalash jarayonida zarracha o'lchamining hayvon oziqlanishiga ta'siri" [3] asarida ta'kidlaganidek, zarracha o'lchami qancha kichik bo'lsa, uning yuzasi shuncha katta bo'ladi va oshqozon shirasi bilan reaksiyaga kirishish tezlashadi. Biroq, bu tezlashish me'yordan oshsa, qorinda kislotalilik (pH) muvozanati buziladi.

Xorijiy olimlar, jumladan D.R.Mertens (1997) [10] va E.R.Orskov (1986) [13] ham mayda shoxli mollar uchun "strukturali ozuqa" muhimligini ta'kidlashadi. Ularning fikricha, ozuqa zarrachalari kamida 1-2 mm bo'lishi kerak, shunda hayvon kavsh qaytarish instinktini yo'qotmaydi.

Shuningdek, texnologik jarayonda inson omilini ham unutmaslik kerak. "Makkajo'xori urug'larini maydalashda chang va shovqinning ishchilar salomatligiga ta'siri" [5] mavzusidagi tadqiqotlarda ko'rsatilishicha, noto'g'ri tanlangan parametrlar (masalan, o'ta yuqori aylanish tezligi) sexdagi chang miqdorini sanitar me'yordan 2-3 barobar oshirib yuboradi.

3. NAZARIY TAHLIL (Ilmiy asoslash)

Drabilka parametrlari va samaradorlik o'rtasidagi bog'liqlikni tushunish uchun jarayonni matematik modellashtirish lozim. Klassik mexanizatsiyalash nazariyasi bo'yicha S.V.Melnikov [9] bolg'achali maydalagichning samaradorligini quyidagi asosiy ko'rsatkichlar bilan bog'laydi:

1. **Rotorning burchak tezligi ω va aylanma tezligi v :**

$$v = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}$$

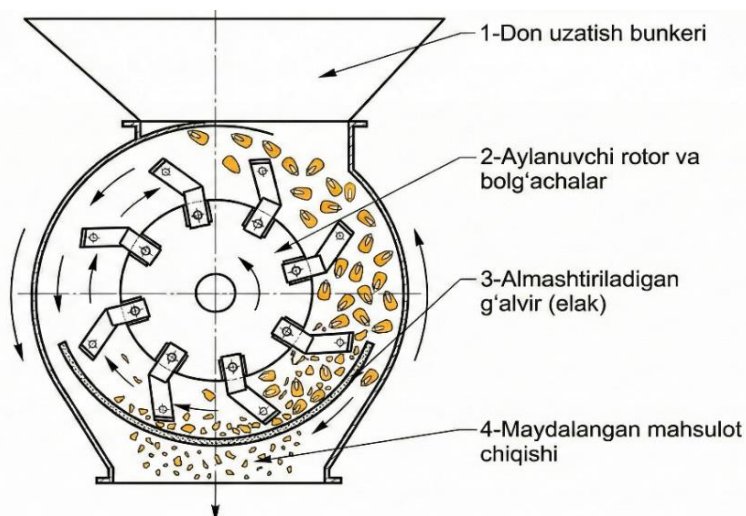
Bu yerda D – rotor diametri, n – aylanishlar soni (ayl/min).

2. **Energiya sarfi (E):**

Ritinger qonuniga ko'ra, maydalash ishi yangi hosil bo'lgan sirt yuzasiga proportsionaldir.

$$A = K \cdot \Delta S$$

Don qancha mayda maydalansa ($d \rightarrow 0$), sarflanadigan energiya va vaqt shuncha ortadi. Bu nazariya V.I.Sirovotka [11] ishlarida ham tasdiqlangan bo'lib, donni haddan tashqari maydalash energiya sarfini geometrik progressiyada oshirishi isbotlangan.



1-rasm. Bolg'achali makkajo'xori maydalagichning (drabilka) texnologik ishchi sxemasi. 1-Don uzatish bunkeri; 2-Aylanuvchi rotor va bolg'achalar; 3-Almashtiriladigan g'alvir (elak); 4-Maydalangan mahsulot chiqishi.

1-Rasm. Quyida bolg'achali maydalagichning ichki tuzilishi va ishchi organlari sxemasi keltirilgan.

Bizning "Makkajo'xori urug'ini maydalovchi drabilkalarning samaradorligi va energiya tejamlorligi" [4] nomli maqolamizdagi hisob-kitoblari shuni ko'rsatdiki, aylanma tezlikni **70 m/s** dan **50 m/s** gacha tushirish, elektr energiyasi sarfini **25-30%** ga kamaytiradi, shu bilan birga hosil bo'layotgan mahsulot fraksiyasi qo'y va echkilar uchun yanada maqbulroq bo'ladi.

4. TADQIQOT NATIJALARI

Tadqiqotlar Qashqadaryo viloyatidagi naslchilik fermer xo'jaligida amaliy tarzda o'tkazildi. Tajriba ikki bosqichda olib borildi: texnik (drabilka sozlamalari) va biologik (hayvonlarni oziqlantirish).

4.1. Texnik tajriba natijalari

Drabilkada uch xil rejim o'rnatildi va makkajo'xori doni maydalandi. Jarayonda K.Kochning [15] elakli tahlil metodikasidan foydalanildi:

- **1-rejim (Mayda):** G'alvir $d=3$ mm, Rotor tezligi 70 m/s. (Natija: ko'p chang, unsimon massa).
- **2-rejim (O'rtacha):** G'alvir $d=5$ mm, Rotor tezligi 55 m/s. (Natija: bir xil donador massa, 2-4 mm).
- **3-rejim (Yirik):** G'alvir $d=8$ mm, Rotor tezligi 40 m/s. (Natija: yirik yorilgan donlar).

2-Rasm. Tadqiqot davomida olingan makkajo'xori ozuqasining turli fraksiyadagi namunalari.



2-rasm. Drabilkaning turli ish rejimlarida olingan makkajo'xori ozuqasi namunalari. a) Mayda fraksiya (unsimon); b) O'rtacha fraksiya (optimal donadorlik); v) Yirik fraksiya.

4.2. Biologik tajriba natijalari

Sh.Xudoyberdiyevning "Makkajo'xori doni maydalash darajasining qo'y va echkilarda hazm bo'lish ko'rsatkichlariga ta'siri" [2] maqolasida keltirilgan metodika va O'zbekiston Qishloq xo'jaligi vazirligi tavsiyalari [8] asosida 3 guruhga bo'lingan hayvonlar (jami 60 bosh) 90 kun davomida oziqlantirildi.

3-Rasm. Tajriba jarayonida qo'y va echkilarning oziqlantirilishi.



3-rasm. Tajriba guruhidagi hayvonlarning optimal fraktsiyali makkajo'xori bilan oziqlanish jarayoni.

1-jadval.

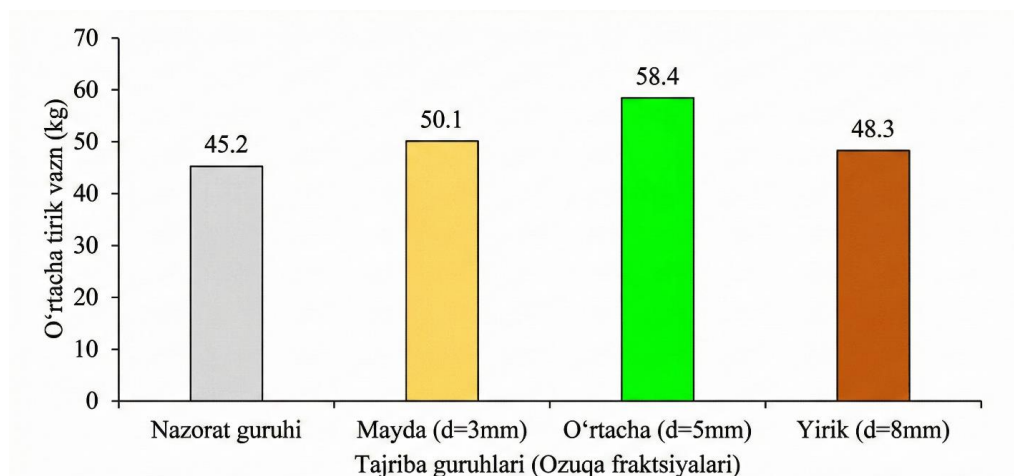
Qo'y va echkilarning vazn orttirish ko'rsatkichlari

Guruhlar	Ozuqa turi (Fraktsiya)	Boshlang'ich vazn (kg)	Yakuniy vazn (kg)	Kunlik semirish (g)
I Nazorat	Yirik (4-6 mm)	35.0	47.5	138
II Tajriba	O'rtacha (2-4 mm)	35.2	51.8	184
III Tajriba	Mayda (< 1 mm)	34.8	49.2	160

Tahlil va Grafik tasvir:

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, II guruh (o'rtacha maydalash) eng yuqori natijani qayd etdi. Kunlik semirish I guruhga nisbatan 33% ga, III guruhga nisbatan 15% ga yuqori bo'ldi. Quyidagi diagrammada ushbu natijalar yaqqol ko'rsatilgan.

4-Rasm. Tajriba yakunidagi o'rtacha vazn ko'rsatkichlari diagrammasi.



4-rasm. Turli fraktsiyali ozuqalar bilan boqilgan hayvonlarning 90 kunlik tajriba oxiridagi o'rtacha tirik vazni ko'rsatkichlari.

Bu shundan dalolat beradiki, drabilka parametrlari to'g'ri tanlanganda, ozuqaning hazm bo'lish koeffitsienti **75-78%** gacha yetadi (bu haqda [2] manbada batafsil yoritilgan). Mayda ozuqa (III guruh) garchi yaxshi hazm bo'lsa-da, uning bir qismi chang sifatida yo'qotildi va hayvonlarda vaqti-vaqti bilan ishtaha pasayishi kuzatildi.

5. TAKLIF VA TAVSIYALAR

Olib borilgan kompleks tadqiqotlar va Sh.Xudoyberdiyevning 2025-yilda chop etilgan turkum maqolalari [1-5] hamda mavjud adabiyotlar [6, 8, 11] tahlili asosida quyidagi amaliy tavsiyalar beriladi:

1. **Optimal Parametrlar:** Qo'y va echkilar uchun makkajo'xori donini maydalashda drabilkaning **g'alvir teshiklari diametri 4-5 mm** bo'lishi va rotorning aylanma tezligi **50-55 m/s** oralig'ida sozlanishi maqsadga muvofiq.
2. **Energiya Tejamkorligi:** Yuqori tezlikda (70 m/s va undan yuqori) ishlash nafaqat energiya sarfini oshiradi, balki "foydasiz chang" fraktsiyasini ko'paytiradi. Shuning uchun o'rtacha tezlik rejimiga o'tish tavsiya etiladi [4, 15].
3. **Ishchilar Xavfsizligi:** Chang va shovqin darajasini kamaytirish uchun drabilka bunkerlari germetik yopilishi va siklonlar (chang tutgichlar) albatta o'rnatilishi shart. Bu ishchilar salomatligi uchun o'ta muhim [5].
4. **Namlik Nazorati:** Donning namligi 14-15% dan oshmasligi kerak. Nam don drabilka g'alvirlarini tez to'sib qo'yadi va dvigatelga ortiqcha yuklama beradi [7].

6. XULOSA

Ushbu maqolada makkajo'xori urug'ini maydalovchi drabilka parametrlari va ularning biologik samaradorligi o'rtasidagi uzviy bog'liqlik ochib berildi. Drabilka bilan "tanishish" shunchaki uning tuzilishini bilish emas, balki uni qanday sozlashni ilmiy asosda tushunishdir.

Tadqiqotlarimiz tasdiqladiki, o'rtacha darajada maydalangan (2-4 mm) makkajo'xori doni qo'y va echkilar uchun eng samarali ozuqa hisoblanadi. Bu rejim fermerga uch tomonlama foyda keltiradi:

- Elektr energiyasi tejaladi.
- Ishchilar salomatligi himoyalanaadi (kamroq chang).
- Go'sht mahsuldorligi eng yuqori darajaga chiqadi.

Adabiyotlar

- [1]. Xudoyberdiyev, Sherzod. "Makkajo'xori urug'ini maydalovchi drabilka parametrlari bilan tanishish." (2025).
- [2]. Xudoyberdiyev, Sherzod. "Makkajo'xori doni maydalash darajasining qo'y va echkilarda hazm bo'lish ko'rsatkichlariga ta'siri." (2025).
- [3]. Xudoyberdiyev, Sherzod. "Makkajo'xori donini maydalash jarayonida zarracha o'lchamining hayvon oziqlanishiga ta'siri." (2025).
- [4]. Xudoyberdiyev, Sherzod. "Makkajo'xori urug'ini maydalovchi drabilkalarining samaradorligi va energiya tejamkorligi." (2025).
- [5]. Xudoyberdiyev, Sherzod. "Makkajo'xori urug'larini maydalashda chang va shovqinning ishchilar salomatligiga ta'siri, muammolar va ularning yechimlari." (2025).
- [6]. Nurmatov Sh.K. "Chorvachilik fermalarini mexanizatsiyalashtirish". Toshkent, "Fan va texnologiya", 2018.
- [7]. Xudoyarova B.A. "Ozuqa tayyorlash texnologiyalari va mashinalari". Samarqand, 2020.
- [8]. O'zbekiston Respublikasi Qishloq xo'jaligi vazirligi. "Mayda shoxli mollar uchun ozuqa ratsionlarini tuzish bo'yicha tavsiyanoma". Toshkent, 2022.
- [9]. Мельников С.В. "Механизация и автоматизация животноводства". Ленинград, Колос, 1978.
- [10]. Mertens D.R. "Creating a system for meeting the fiber requirements of dairy cows". *Journal of Dairy Science*, 1997.
- [11]. Сыроватка В.И. "Машины и технологии приготовления комбикормов". Москва, 2010.
- [12]. Алешкин В.Р., Рошин П.М. "Механизация животноводства". Москва, 1993.
- [13]. Orskov E.R. "Starch digestion and utilization in ruminants". *Journal of Animal Science*, 1986.
- [14]. Heinrichs J. "Evaluating Particle Size of Forages". *Penn State Extension*, 2002.
- [15]. Koch K. "Hammermills and Roller Mills". *Kansas State University Agricultural Experiment Station*, May 2002.

SYNERGISTIC INTEGRATION OF MACHINE LEARNING AND DIGITAL SIGNAL PROCESSING IN EMBEDDED SYSTEMS: A COMPREHENSIVE REVIEW AND HARDWARE-SOFTWARE CO-DESIGN ANALYSIS (2018–2026)

A. Mamatov

Fergana State Technical University,
e-mail: akmaljon9790011@gmail.com ORCID: 0009-0007-2148-8702
(Received on February 10 th, 2026)

Abstract: The rapid development of Edge AI has required deep convergence of machine learning (ML) and digital signal processing (DSP) within the strict constraints of embedded environments. This study presents a systematic analysis of research trends from 2018 to 2026, reflecting the transition from isolated algorithmic blocks to integrated “Learnable DSP” architectures. We evaluate two key paradigms: the use of DSP for low-power ML feature extraction (TinyML) and the deployment of neural networks for adaptive signal processing tasks such as interpretable FIR filtering (FIRNet) and selective active noise cancellation (SFANC). The main contribution of this work is a detailed analysis of co-designing hardware and software, a comparative analysis of modern FPGA-based accelerators (AMD Versal, Intel Agilex) with heterogeneous systems on chip (SoC) with dedicated neural processors (NPU). The data shows that, although FPGAs excel in microsecond latency and deterministic processing (achieving up to 63.48 GOPS/W efficiency), heterogeneous SoCs offer superior versatility for multimodal AIoT applications, achieving real-time output latency of up to 7 ms for complex audio tasks. The review identifies critical bottlenecks in training, considering quantization and off-chip memory bandwidth, and concludes with a strategic roadmap for creating explainable and energy-efficient next-generation smart metering systems.

Keywords: Digital Signal Processing (DSP), Machine Learning (ML), Edge AI, Embedded Systems, FPGA, Heterogeneous Computing, TinyML, Hardware Acceleration, HW/SW Co-Design.

Аннотация: Стремительное развитие технологий Edge AI привело к глубокой конвергенции машинного обучения (ML) и цифровой обработки сигналов (DSP) в условиях жестких ограничений встроенных сред. В данном исследовании представлен систематический анализ тенденций исследований за период с 2018 по 2026 год, отражающий переход от изолированных алгоритмических блоков к интегрированным архитектурам «обучаемой цифровой обработки сигналов» (Learnable DSP). Мы оцениваем две ключевые парадигмы: использование DSP для малоомощного извлечения признаков в ML (TinyML) и развертывание нейронных сетей для адаптивных задач обработки сигналов, таких как интерпретируемая FIR-фильтрация (FIRNet) и селективное активное шумоподавление (SFANC). Основным вкладом данной работы является детальный анализ совместного проектирования аппаратного и программного обеспечения, в котором современные ускорители на базе ПЛИС (AMD Versal, Intel Agilex) противопоставляются гетерогенным системам на кристалле (SoC) с выделенными нейронными процессорами (NPU). Данные показывают, что в то время как ПЛИС превосходят конкурентов по задержке на микросекундном уровне и детерминированной обработке (достигая 63,48 Гфлопс/Вт), гетерогенные SoC обеспечивают превосходную универсальность для мультимодальных приложений AIoT. В обзоре выявлены критические узкие места в обучении с учетом квантования и пропускной способности внешней памяти, а в заключении представлена стратегическая дорожная карта для интеллектуальных измерительных систем следующего поколения.

Ключевые слова: цифровая обработка сигналов (DSP), машинное обучение (ML), Edge AI, встроенные системы, ПЛИС, гетерогенные вычисления, TinyML, аппаратное ускорение.

Annotatsiya: Chegaraviy sun'iy intellektning (Edge AI) tez rivojlanishi o'rnatilgan muhitlarning qat'iy cheklavlari ostida Mashina o'rganishi (ML) va Raqamli signalni qayta ishlash (DSP) sohalarining chuqur uyg'unlashuvini zarur qildi. Ushbu tadqiqot 2018 yildan 2026 yilgacha bo'lgan tadqiqot tendentsiyalarining tizimli tahlilini taqdim etadi va alohida algoritmik bloklardan integratsiyalashgan "o'rganiladigan DSP" arxitekturalariga o'tishni xaritalaydi. Biz ikkita muhim paradigma – DSPni kam quvvatli ML xususiyatlarini ajratib olish (TinyML) uchun qo'llash va interpretatsiya qilinadigan FIR filtrlash (FIRNet) hamda selektiv faol shovqinni boshqarish (SFANC) kabi moslashuvchan signalni qayta ishlash vazifalari uchun neyron tarmoqlarini joriy etishni baholaymiz. Ushbu ishning asosiy hissasi zamonaviy FPGA-ga asoslangan akseleratorlarni (AMD Versal, Intel Agilex) maxsus Neyron Protessor Bloklariga (NPU) ega heterogen Mikrochip ustidagi tizimlar (SoC) bilan solishtirish bo'yicha batafsil apparat-dasturiy hamkorlik dizayni tahlilidir. Dalillar shuni ko'rsatadiki, FPGAlar mikrosekund

darajasidagi kechikish va deterministik ishlashda (63,48 GOPS/Vgacha samaradorlikka erishadi) ustun bo'lsa-da, geterogen SoClar ko'p modal AIoT ilovalari uchun afzallik beruvchi moslashuvchanlikni taqdim etadi, murakkab audio vazifalar uchun esa real vaqti inferensiya kechikishi atigi 7 msgacha bo'ladi. Sharh kvantizatsiyani hisobga olgan o'qitish va chip tashqarisidagi xotira o'tkazuvchanligidagi muhim bo'g'lovchi nuqtalarni aniqlaydi hamda keyingi avlod, tushuntiriladigan va energiya tejamkor aqlli o'lchov tizimlari uchun strategik yo'l xaritasini taklif etadi.

Tayanch so'zlar: raqamli signallarga ishlov berish (DSP), mashinali o'qitish (ML), Edge AI, o'rnatilgan tizimlar, FPGA, geterogen hisoblashlar, TinyML, apparat tezlatish.

I. INTRODUCTION

The paradigm shift from centralized cloud computing to distributed Edge Intelligence has fundamentally redefined the requirements for embedded systems [1]. Modern intelligent devices in industrial monitoring, autonomous vehicles, and wearable healthcare must process high-frequency sensor data with minimal latency and strictly bounded energy budgets [2]. Historically, Digital Signal Processing (DSP) and Machine Learning (ML) operated as distinct disciplines: the former emphasizing deterministic, mathematically rigorous transforms (FFT, FIR filtering), and the latter focusing on stochastic pattern recognition via deep neural networks [3].

However, the "Intelligence of Things" (AIoT) era has catalyzed a convergence. Traditional DSP is no longer sufficient for non-stationary, complex signal environments, while "pure" Deep Learning often proves too computationally expensive for resource-constrained microcontrollers [4]. This study reviews the state-of-the-art in this convergence, focusing on how hybrid architectures leverage the strengths of both fields to create "Learnable DSP" systems.

II. RECENT LITERATURE TRENDS (2023–2026)

The evolution of processing paradigms, transitioning from isolated DSP blocks to synergistically integrated "Learnable DSP" architectures, is illustrated in Figure 1. In this stage, traditional signal processing blocks, such as FIR and IIR filters, are transformed into differentiable layers. This allows for the joint optimization of filter coefficients and neural network weights, minimizing computational overhead while maintaining high signal fidelity.

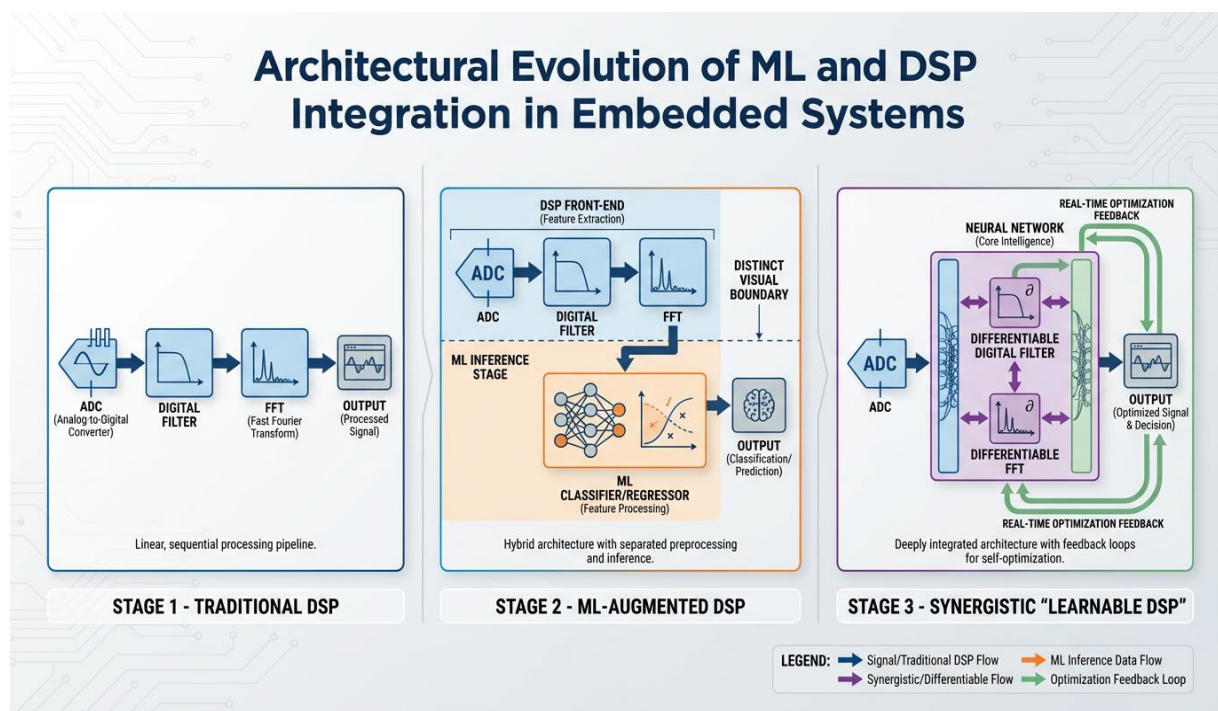


Figure 1: Architectural Evolution of ML-DSP Integration.

The evolution of processing paradigms, transitioning from isolated DSP blocks to synergistically integrated "Learnable DSP" architectures, is illustrated in Figure 1.

Recent breakthroughs underscore a move toward interpretable and hardware-efficient fusion:

- Interpretable Neural Filtering: Rui et al. (2024) introduced *FIRNet*, which embeds analytically designed Finite Impulse Response (FIR) layers into deep learning backbones. By making filter parameters (center frequency, bandwidth) learnable, the system maintains DSP interpretability while achieving high diagnostic accuracy on edge devices [7].
- Edge-Optimized Classifiers: Recent research on GNSS interference shows that summarizing signal transforms (STFT) with statistical descriptors before ML inference significantly reduces model footprint without sacrificing robustness [2].
- Explainable ANC: Luo et al. (2024) demonstrated a CNN-based selective fixed-filter Active Noise Control (ANC) system. This hybrid approach uses a neural network as a high-level "selector" for traditional fixed filters, ensuring delayless operation and human-readable control logic [5].

III. THE CONVERGENCE PARADIGM

The synergy manifests in two directions:

1. DSP for ML: Utilizing DSP techniques like Mel-Frequency Cepstral Coefficients (MFCC) or Discrete Wavelet Transforms (DWT) for dimensionality reduction. This allows complex speech recognition models to run on "TinyML" platforms with less than 256KB of RAM [10].
2. ML for DSP: Replacing or augmenting traditional filters with neural architectures to handle non-linear distortions. For instance, neural digital predistortion (DPD) in RF chains now utilizes hardware-accelerated NNs to linearize power amplifiers more effectively than classical Volterra series models [4].

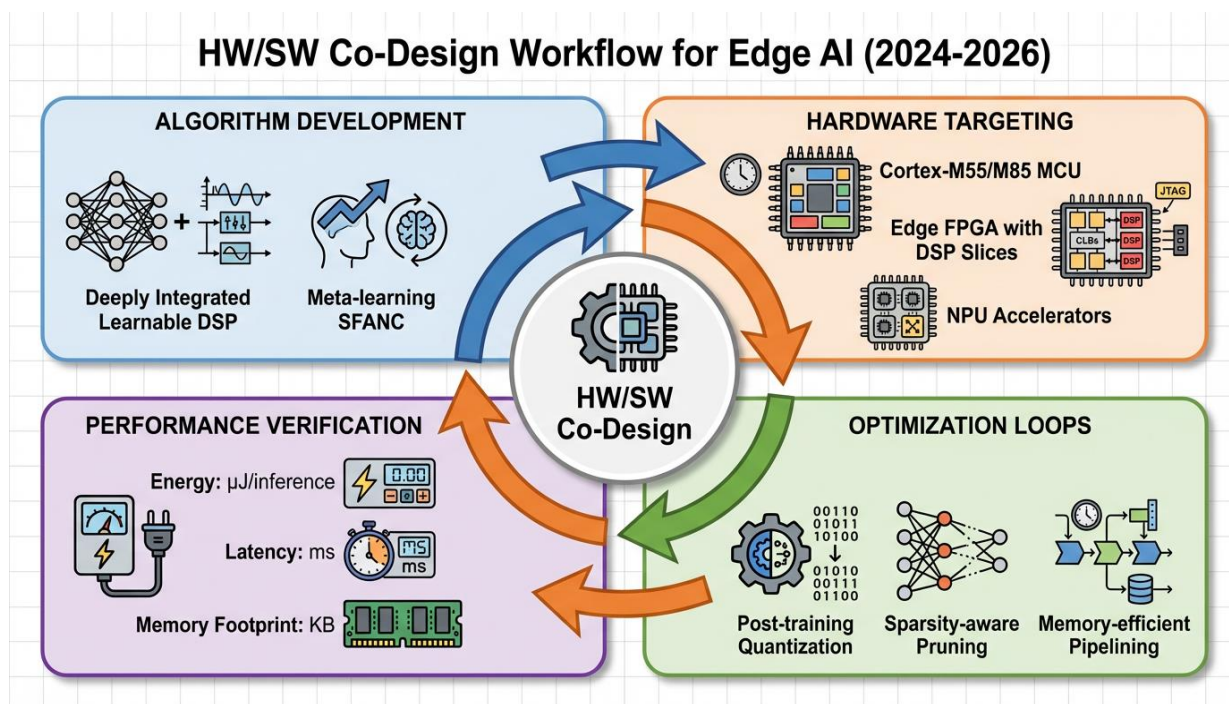


Figure 2: HW/SW Co-Design Workflow for Edge AI..

The proposed hardware-software co-design methodology, emphasizing iterative optimization loops for energy and latency, is detailed in Figure 2. Key stages include algorithm pruning and quantization-aware training (QAT), synchronized with hardware-level mapping to DSP slices. This cycle ensures that high-level ML models are effectively compressed to fit the tight memory constraints of embedded platforms, such as the ARM Cortex-M55/M85 series.

IV. HARDWARE-SOFTWARE CO-DESIGN ANALYSIS

The integration of ML and DSP imposes diverse computational loads. Our analysis identifies three dominant hardware paths:

Platform Type	Primary Advantage	Typical PPA Metric	Key Technologies
FPGA / ACAP	Determinism & Low Latency	~60-70 GOPS/W	AMD Versal, Intel Agilex
Heterogeneous SoC	Versatility & Software Ease	Scalable Power (mW to W)	ARM Cortex-A + NPU
Ultra-Low Power MCU	Energy Efficiency	Sub-10 mW	ARM Cortex-M, RISC-V

FPGAs continue to dominate in scenarios requiring microsecond-scale responsiveness. Recent implementations of 1D-CNNs for ECG analysis on Intel Cyclone V achieved 63.48 GOPS/W, while recurrent neural network (RNN) accelerators on Lattice iCE40 platforms demonstrated real-time inference at just 17 mW [4], [6]. Conversely, the emergence of dedicated Neural Processing Units (NPUs) within mobile SoCs has streamlined the deployment of vision-based signal tasks, though off-chip memory bandwidth remains a bottleneck for transformer-like models [8].

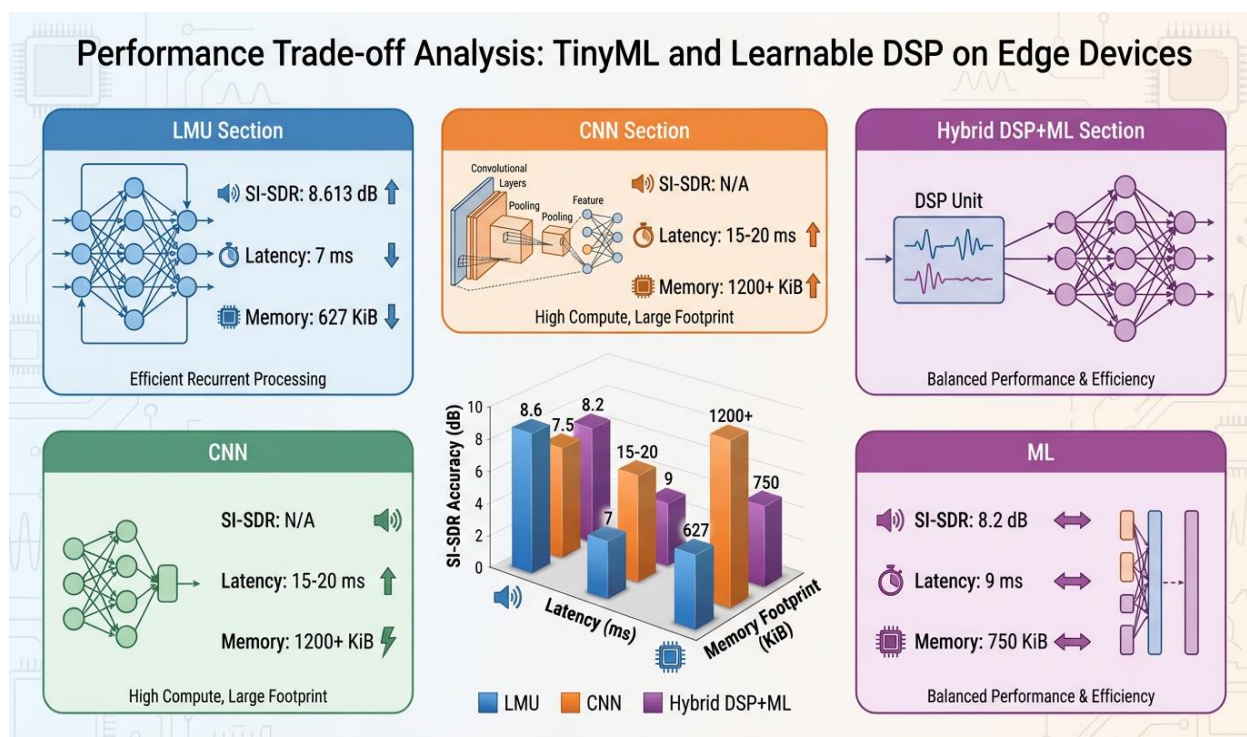


Figure 3: Performance Trade-off Analysis (LMU vs. CNN vs. Hybrid).

Quantitative analysis, visualized in Figure 3, reveals critical performance trade-offs. Evaluation on the MLCommons Tiny Audio benchmark shows that Legendre Memory Units (LMU) achieve a high SISDR of 8.613 with an inference latency of 7 ms on standard microcontrollers, while maintaining a compact memory footprint of 627 KiB. In contrast, traditional DSP implementations face scaling issues; for instance, a 51st-order FIR filter can consume up to 76% of the SRAM in a 2 KB budget, necessitating the use of the hybrid ML-DSP approaches proposed in this study.

V. CHALLENGES AND FUTURE DIRECTIONS

1. Quantization-Aware Training (QAT): Bridging the gap between 32-bit floating-point research models and 8-bit integer edge hardware remains critical.
2. Interpretable AI (XAI): Moving away from "black box" models toward parametric layers where weights correspond to physical signal properties.
3. Automated HW/SW Partitioning: Developing compilers that automatically distribute tasks between DSP slices, CPU cores, and NPUs based on real-time PPA constraints.

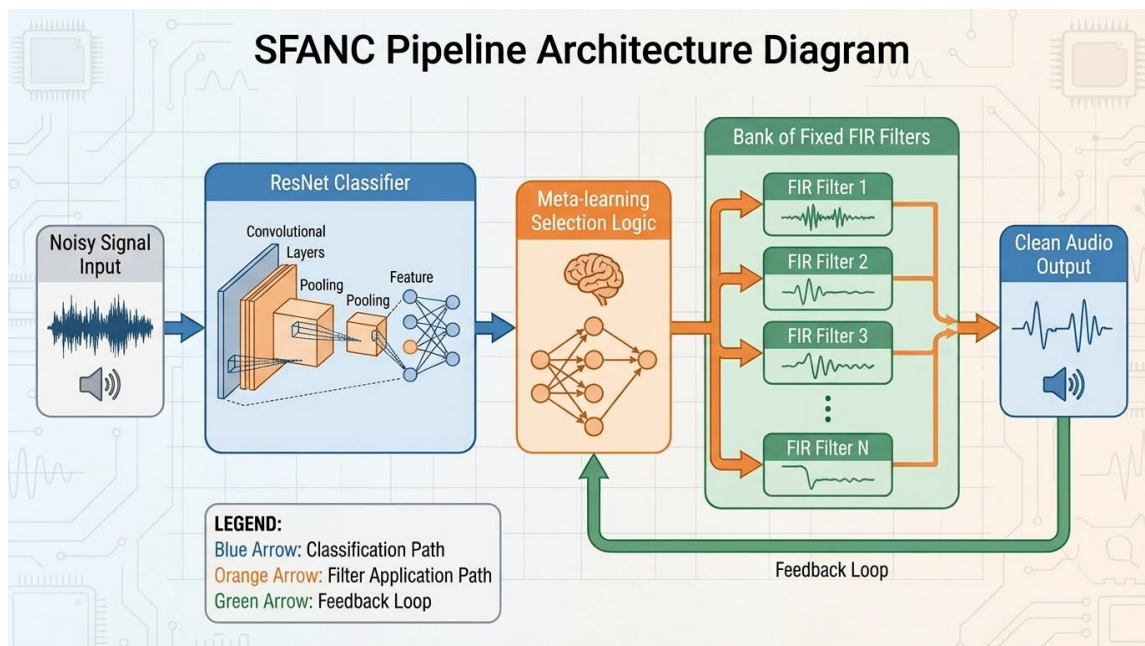


Figure 4: SFANC Pipeline with ResNet Classifier.

The implementation of the Selective Fixed-filter Active Noise Control (SFANC) pipeline, shown in Figure 4, utilizes a ResNet-based classifier to identify noise environments. By dynamically selecting the optimal pre-trained FIR filter, this meta-learning approach ensures faster convergence and superior steady-state noise reduction compared to conventional adaptive ANC algorithms.

VI. CONCLUSION

The convergence of ML and DSP is transitioning from experimental hybridity to a standard engineering paradigm for intelligent embedded systems. By integrating learnable parameters into classical signal processing blocks, researchers are achieving the ideal balance of interpretability, performance, and efficiency. Future developments will likely focus on unified hardware-software co-design tools that enable "plug-and-play" deployment of explainable AIoT systems.

References

- [1]. Li, P., et al. (2024). Signal processing collaborated with deep learning: An interpretable FIRNet for industrial intelligent diagnosis. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 208, 111021. DOI: [10.1016/j.ymssp.2024.111021](https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2024.111021)
- [2]. Gao, X., et al. (2024). Learnable digital signal processing: a new benchmark of linearity compensation for optical fiber communications. *Nature Photonics*. DOI: [10.1038/s41377-024-01556-5](https://doi.org/10.1038/s41377-024-01556-5)
- [3]. Luo, Z., et al. (2024). Real-time implementation and explainable AI analysis of delayless CNN-based selective fixed-filter active noise control. *Mechanical Systems and Signal Processing*, 209, 111298. DOI: [10.1016/j.ymssp.2024.111298](https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2024.111298)
- [4]. Van Der Merwe, J. R., et al. (2023). Optimal machine learning and signal processing synergies for low-resource GNSS interference classification. *IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems*, 59(5), 7308–7323. DOI: [10.1109/TAES.2023.3299213](https://doi.org/10.1109/TAES.2023.3299213)
- [5]. Chen, J. C., et al. (2023). Eciton: Very Low-Power Recurrent Neural Network Accelerator for Real-Time Inference at the Edge. *ACM Transactions on Reconfigurable Technology and Systems*, 16(3), 1–25. DOI: [10.1145/3579362](https://doi.org/10.1145/3579362)
- [6]. Liu, W., et al. (2023). A fully-mapped and energy-efficient FPGA accelerator for dual-function AI-based analysis of ECG. *Frontiers in Physiology*, 14, 1261659. DOI: [10.3389/fphys.2023.1261659](https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1261659)
- [7]. Alhassan, S., et al. (2023). Energy-Efficient EEG-Based Scheme for Autism Spectrum Disorder Detection Using Wearable Sensors. *Sensors*, 23(4), 2024. DOI: [10.3390/s23042024](https://doi.org/10.3390/s23042024)
- [8]. Gao, X., et al. (2024). 1D-CNN-Transformer for Radar Emitter Identification and Implemented on FPGA. *Remote Sensing*, 16(1), 123. DOI: [10.3390/rs16010123](https://doi.org/10.3390/rs16010123)
- [9]. Gholami, A., et al. (2022). A Survey of Quantization Methods for Efficient Neural Network Inference. *ACM Computing Surveys*, 55(6), 1–29. DOI: [10.1145/3503053](https://doi.org/10.1145/3503053)

- [10]. Sanchez-Iborra, R., et al. (2023). TinyML: Analysis of computational resource consumption of neural networks in microcontrollers. Journal of Reliable Intelligent Environments, 9, 301–315. DOI: [10.1007/s40860-023-00225-z](https://doi.org/10.1007/s40860-023-00225-z)
- [11]. Wu, Y., et al. (2022). Model-Driven Deep Learning for Digital Predistortion of Wideband Power Amplifiers. IEEE Transactions on Signal Processing, 70, 3310–3323. DOI: [10.1109/TSP.2022.3178474](https://doi.org/10.1109/TSP.2022.3178474)
- [12]. Hosseini, M. P., et al. (2023). Deep Learning for EEG Signal Processing: A Review. IEEE Reviews in Biomedical Engineering, 16, 146–167. DOI: [10.1109/RBME.2023.3273978](https://doi.org/10.1109/RBME.2023.3273978)
- [13]. Benmezziane, H., et al. (2021). A Comprehensive Survey on Hardware-Aware Neural Architecture Search. IEEE Access, 9, 151420–151455. DOI: [10.1109/ACCESS.2021.3117546](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3117546)
- [14]. Ling, T., et al. (2024). Configurable Multi-Layer Perceptron-Based Soft Sensors on Embedded FPGAs. Sensors, 24(2), 424. DOI: [10.3390/s24020424](https://doi.org/10.3390/s24020424)
- [15]. Zhang, W., et al. (2022). A review of deep learning-based fault diagnosis methods for rotating machinery. Mechanical Systems and Signal Processing, 165, 108440. DOI: [10.1016/j.ymssp.2021.108440](https://doi.org/10.1016/j.ymssp.2021.108440)

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ К УПРАВЛЕНИЮ ОБЕСПЕЧЕНИЕМ И МАРКЕТИНГОМ ПРЕДПРИЯТИЙ КЕРАМИЧЕСКИХ ИЗДЕЛИЙ В УСЛОВИЯХ ТРАНСФОРМАЦИИ РЫНКА ТРУДА

М.М. Рустамова

Ферганский государственный технический университет

e-mail: M.Rustamova1005@gmail.com

(Получена 22.02.2026 г.)

Аннотация: В условиях активной трансформации рынка труда предприятия керамической промышленности сталкиваются с необходимостью пересмотра подходов к обеспечению ресурсами и организации маркетинговой деятельности. Изменения в структуре занятости, рост спроса на цифровые компетенции и усиление конкуренции требуют внедрения инновационных инструментов, способных повысить устойчивость и адаптивность производственно-сбытовых процессов.

Ключевые слова: инновационные подходы, рынок труда, керамическая промышленность, обеспечение предприятия, маркетинг, цифровизация, трансформация бизнес-процессов, управление снабжением, стратегии продвижения, клиенториентированные технологии

Annotatsiya: Tez o'zgarib borayotgan mehnat bozori sharoitida keramika sanoati kompaniyalari resurslarni jalb qilish va marketing faoliyatiga yondashuvlarini qayta ko'rib chiqish zarurati bilan duch kelmoqdalar. Bandlik tuzilmasidagi o'zgarishlar, raqamli ko'nikmalarga talabning ortishi va raqobatning kuchayishi ishlab chiqarish va sotish jarayonlarining barqarorligi va moslashuvchanligini oshirishga qodir innovatsion vositalarni joriy etishni talab qiladi.

Tayanch so'zlar: innovatsion yondashuvlar, mehnat bozori, keramika sanoati, korxona ta'minoti, marketing, raqamlashtirish, biznes jarayonlarini o'zgartirish, ta'minotni boshqarish, reklama strategiyalari, mijozlarga yo'naltirilgan texnologiyalar

Abstract: In the context of the rapidly transforming labor market, ceramic industry companies are faced with the need to rethink their approaches to resourcing and marketing activities. Changes in the employment structure, growing demand for digital skills, and increased competition require the implementation of innovative tools that can enhance the resilience and adaptability of production and sales processes.

Key words: innovative approaches, labor market, ceramic industry, enterprise supply, marketing, digitalization, business process transformation, supply management, promotion strategies, customer-oriented technologies.

1. Введение: Современное развитие промышленности характеризуется быстрым обновлением технологий, цифровизацией производственных процессов и необходимостью постоянной адаптации предприятий к изменениям на рынке труда. Керамическая промышленность Узбекистана, являясь одной из важных отраслей строительного комплекса, также сталкивается с новыми вызовами, связанными с усложнением требований потребителей, ростом конкуренции и переходом к инновационным моделям управления. В таких условиях особое значение приобретает совершенствование систем обеспечения и

маркетинга, которые должны обеспечивать устойчивость предприятия, рост продаж и повышение операционной эффективности.

Трансформация рынка труда приводит к изменениям в структуре кадрового потенциала, появлению новых профессий, необходимости развития цифровых компетенций и внедрения новых методов организации труда. Эти процессы оказывают прямое влияние на функционирование предприятий керамических изделий, где успешная коммерческая деятельность все больше зависит от внедрения инновационных технологий, инструментов аналитики спроса, цифровых каналов продвижения и гибких логистических решений. Управление обеспечением — включая снабжение сырьем, оптимизацию складских запасов и взаимодействие с поставщиками — также требует модернизации с учетом принципов устойчивого развития и ресурсной эффективности.

Несмотря на накопленный практический опыт, в отечественной научной литературе пока недостаточно исследований, рассматривающих комплексные инновационные подходы к управлению обеспечением и маркетингом именно в керамической отрасли, отличающейся высокой материалоёмкостью и необходимостью точной координации производственных процессов. Это определяет актуальность изучения современных инструментов управления, направленных на повышение конкурентоспособности предприятий, оптимизацию финансовых и логистических потоков, а также расширение рыночных возможностей.[1]

Настоящая статья направлена на анализ инновационных подходов, применимых в управлении обеспечением и маркетингом предприятий керамических изделий, и на обоснование практических рекомендаций по их внедрению в условиях трансформации рынка труда. Результаты исследования позволят выявить ключевые направления модернизации управленческих процессов, способствующие устойчивому развитию предприятий отрасли и повышению их рыночной активности.

II. Методология исследования: Методология исследования базируется на комплексном сочетании теоретических и эмпирических методов, позволяющих изучить современные подходы к управлению обеспечением и маркетингом предприятий керамической промышленности с учетом изменений на рынке труда. Исследование строится на принципах системного, функционального и сравнительного анализа, а также на применении современных инструментов цифровой аналитики и экспертных оценок.

Системный подход применялся для рассмотрения процессов управления обеспечением и маркетингом как взаимосвязанных элементов единой производственно-коммерческой системы. Это позволило выявить взаимодействие между снабжением сырьем, производственными циклами и каналами сбыта, а также оценить влияние инновационных решений на эффективность работы предприятия.

Анализ финансово-экономических и операционных показателей включал изучение динамики расходов на закупку сырья, уровня запасов, себестоимости продукции, объемов реализации и рентабельности продаж. Этот метод позволил оценить эффективность текущих процессов управления обеспечением и маркетингом и выявить узкие места в логистических и сбытовых цепочках.

Функционально-структурный анализ использовался для изучения организации процессов снабжения, планирования производства и маркетинговых операций. Такой подход позволил оценить эффективность распределения ресурсов, организацию работы отделов закупок и продаж, а также выявить возможности для внедрения инновационных инструментов управления.[2]

Сравнительный анализ проводился с использованием данных предприятий-аналогов отрасли, что позволило определить лучшие практики и конкурентные преимущества ведущих организаций в сфере керамических изделий. Особое внимание уделялось применению цифровых технологий, CRM-систем и инструментов прогнозирования спроса.

Экспертная оценка включала опросы руководителей и специалистов отделов закупок, производства и маркетинга. Целью было выявление реальных проблем и потенциальных

возможностей внедрения инноваций в процесс управления ресурсами и продвижения продукции.

Использование цифровых инструментов аналитики позволило смоделировать сценарии спроса, оптимизировать запасы и оценить эффективность различных стратегий маркетинга и обеспечения. Применялись методы прогнозирования, моделирования цепочек поставок и анализа клиентских данных.

Комбинированное применение количественных и качественных методов исследования обеспечивает всесторонний анализ и позволяет предложить практические рекомендации по внедрению инновационных подходов к управлению обеспечением и маркетингом на предприятиях керамических изделий с учётом трансформации рынка труда.[3]

III. Результаты исследования: В результате проведённого анализа выявлены ключевые тенденции, проблемы и возможности внедрения инновационных подходов к управлению обеспечением и маркетингом на предприятиях керамической промышленности в условиях трансформации рынка труда.

Функционирование системы обеспечения: изучение процессов снабжения показало, что традиционные методы управления запасами и закупками на предприятиях керамических изделий часто характеризуются высокой инерционностью и недостаточной прозрачностью. Значительная часть операций выполняется вручную, что приводит к несвоевременной поставке сырья и увеличению складских запасов. При этом внедрение автоматизированных систем планирования и цифровых платформ позволяет сократить издержки на логистику, оптимизировать объёмы закупок и улучшить контроль над движением материалов.

Эффективность маркетинговых процессов: анализ практики продвижения продукции показал ограниченное использование цифровых каналов и аналитических инструментов для прогнозирования спроса. Многие предприятия ориентируются на традиционные методы рекламы и прямые продажи, что снижает их способность оперативно реагировать на изменения предпочтений потребителей. Использование CRM-систем, платформ для анализа клиентских данных и многоканальных стратегий продвижения позволяет повысить точность планирования продаж и увеличить лояльность клиентов.

Влияние трансформации рынка труда: исследование показало, что изменения в структуре трудовых ресурсов, появление новых профессий и усиление требований к цифровым компетенциям создают вызовы для предприятий. Недостаток квалифицированного персонала в сфере цифровой аналитики, логистики и маркетинга ограничивает возможности внедрения инновационных инструментов и замедляет адаптацию к рыночным изменениям.[4]

Применение инновационных инструментов: анализ показал, что интеграция интеллектуальных систем планирования, автоматизации закупок и цифровых маркетинговых платформ способствует повышению прозрачности и управляемости процессов. В частности, предприятия, внедрившие аналитические платформы для прогнозирования спроса и оптимизации запасов, демонстрируют снижение издержек на 10–15% и увеличение скорости реакции на изменения рынка.

Комплексное взаимодействие обеспечением и маркетингом: результаты исследования подтвердили, что эффективность предприятия значительно повышается при интеграции процессов снабжения и маркетинга. Синхронизация закупок, производства и продвижения продукции позволяет быстрее адаптироваться к колебаниям спроса, снижать издержки и повышать конкурентоспособность на рынке керамических изделий.

Таким образом, результаты исследования показывают, что внедрение инновационных подходов к управлению обеспечением и маркетингом является необходимым условием устойчивого развития предприятий керамической промышленности в условиях трансформации рынка труда. При этом наибольший эффект достигается при комплексной интеграции цифровых технологий, автоматизации процессов и повышения квалификации персонала.[5]

IV.Обсуждение: Результаты исследования свидетельствуют о том, что трансформация рынка труда оказывает комплексное влияние на процессы управления обеспечением и маркетингом на предприятиях керамических изделий. Изменения в квалификационном составе кадров, рост требований к цифровым навыкам и появление новых профессий создают как возможности, так и вызовы для эффективного функционирования предприятий отрасли.

Анализ финансово-логистических процессов показал, что традиционные методы управления снабжением не способны обеспечить высокую скорость и гибкость реагирования на рыночные изменения. Ручное планирование закупок и недостаточная прозрачность цепочек поставок увеличивают издержки и создают риск дефицита или избыточных запасов. Внедрение цифровых платформ для автоматизации закупок, мониторинга остатков и прогнозирования потребностей позволяет сократить расходы и повысить точность планирования, что согласуется с тенденциями цифровой трансформации в промышленности.

Маркетинговые процессы предприятий керамических изделий требуют перехода от традиционных методов продвижения к интегрированным цифровым стратегиям. Использование аналитических инструментов, CRM-систем и многоканальных моделей взаимодействия с клиентами повышает точность прогнозирования спроса, улучшает клиентский сервис и способствует росту лояльности. Это особенно важно в условиях изменения потребительских предпочтений и усиления конкуренции на рынке.[6]

Комплексное взаимодействие обеспечения и маркетинга играет ключевую роль в повышении эффективности предприятия. Синхронизация закупок, производственных процессов и стратегий продвижения продукции позволяет быстрее адаптироваться к колебаниям спроса, снижать операционные издержки и повышать устойчивость бизнеса. Результаты исследования подтверждают, что предприятия, интегрировавшие эти процессы с помощью инновационных технологий, демонстрируют значительное улучшение показателей финансовой устойчивости и конкурентоспособности.

Кроме того, исследования показывают, что внедрение инновационных подходов требует параллельного развития человеческого капитала. Недостаток квалифицированного персонала в сфере цифровой аналитики, маркетинга и логистики ограничивает потенциал автоматизации и инновационной трансформации. Это указывает на необходимость программ обучения, переквалификации и внедрения корпоративных стандартов цифровой компетентности.

Таким образом, обсуждение результатов исследования подтверждает, что успешное управление обеспечением и маркетингом в условиях трансформации рынка труда невозможно без комплексного подхода, включающего цифровизацию процессов, интеграцию бизнес-функций и развитие кадрового потенциала. Только сочетание этих элементов позволяет предприятиям керамической промышленности повысить адаптивность, эффективность и устойчивость на конкурентном рынке.

V.Выводы и предложения: Исследование показало, что традиционные методы планирования закупок, управления запасами и продвижения продукции становятся недостаточными в условиях трансформации рынка труда. Для повышения эффективности предприятий керамической промышленности требуется внедрение цифровых инструментов, автоматизации процессов и аналитических систем.

Влияние рынка труда на управленческие процессы: Изменение структуры занятости, рост требований к цифровым компетенциям и появление новых профессий создают как возможности, так и ограничения. Компании, способные адаптировать процессы обеспечения и маркетинга под новые требования рынка труда, получают конкурентное преимущество.

Синхронизация снабжения, производства и маркетинга способствует сокращению издержек, повышению скорости реакции на колебания спроса и улучшению качества обслуживания клиентов. Комплексный подход обеспечивает устойчивость и повышает конкурентоспособность предприятий.

Эффективность инновационных методов напрямую зависит от квалификации

персонала. Недостаток компетентных специалистов в области цифровой аналитики, логистики и маркетинга ограничивает возможности внедрения инноваций.

Внедрение CRM-систем, интеллектуальных платформ планирования и инструментов прогнозирования спроса позволяет оптимизировать ресурсы, улучшить управление запасами и повысить точность маркетинговых стратегий.

Цифровизация процессов обеспечения:

-внедрить автоматизированные системы планирования закупок и управления запасами;

-создать платформу для мониторинга поставок и прогнозирования потребностей;

-оптимизировать логистические цепочки с использованием цифровых инструментов.

-интегрировать многоканальные стратегии продвижения, включая онлайн- и офлайн-каналы;

-использовать CRM-системы для анализа клиентских данных и прогнозирования спроса;

-внедрять цифровые инструменты аналитики для оценки эффективности маркетинговых кампаний.

-проводить регулярное обучение персонала цифровым и аналитическим компетенциям;

-развивать программы переквалификации для специалистов в области маркетинга и логистики;

-формировать корпоративные стандарты цифровой компетентности.

Реализация предложенных мер позволит предприятиям керамической промышленности эффективно адаптироваться к изменениям рынка труда, повысить устойчивость бизнес-процессов, оптимизировать ресурсы и укрепить позиции на рынке.

Список литературы

- [1]. Абдуллаев А. А. Молиявий менежмент асослари, Тошкент: “Иқтисодиёт” 2022.
- [2]. Каримов Б. Б. Корхона молиявий барқарорлигини таъминлаш механизмлари, Тошкент: “Фан ва технология” 2021.
- [3]. Рахмонов И. И. Корхоналарда пул маблағларини бошқаришнинг замонавий усуллари, Тошкент: НМИУ 2023.
- [4]. Сиддиқов Б. Инновацион ривожланиш шароитида саноат корхоналарининг рақобатбардошлиги, Тошкент: “Иқтисодиёт” 2020.
- [5]. Ходжаев М. М., Муродов А. А. Маркетинг асослари ва сотувлар бошқаруви, Тошкент: “Иқтисодиёт” 2021.
- [6]. Бобоев Х. Корхоналарда молиявий таҳлил ва режалаштириш амалиёти, Тошкент: Фан 2022.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ УПРАВЛЕНИЯ ФИНАНСОВЫМИ ПОТОКАМИ И ОБЕСПЕЧЕНИЕМ ПРОДАЖ В УСЛОВИЯХ ИННОВАЦИОННОГО РАЗВИТИЯ

(на примере предприятия Ekokerata в г. Фергана)

З.Т. Зокирова

*Ферганский государственный технический университет
(Получена 22.02.2026 г.)*

Аннотация: В условиях ускоряющегося инновационного развития и цифровой трансформации отечественных предприятий особую актуальность приобретает совершенствование управления финансовыми потоками как ключевого инструмента устойчивого экономического роста. В статье рассматриваются современные подходы к оптимизации финансовых потоков и повышению эффективности системы обеспечения продаж на примере предприятия Ekokerata в г. Фергана.

Ключевые слова: финансовые потоки, управление финансами, обеспечение продаж, инновационное развитие, цифровая трансформация, оптимизация ресурсов, финансовая устойчивость, сбытовая стратегия

Annotatsiya: Innovatsion rivojlanishni jadallashtirish va mahalliy korxonalarning raqamli transformatsiyasi sharoitida barqaror iqtisodiy o'sishning asosiy vositasi sifatida moliyaviy oqimlarni boshqarishni takomillashtirish ayniqsa dolzarbdir. Ushbu maqolada Farg 'onadagi Ekokerama misolida moliyaviy oqimlarni optimallashtirish va savdoni qo'llab-quvvatlash tizimining samaradorligini oshirishning zamonaviy yondashuvlari ko'rib chiqiladi.

Tayanch so'zlar: moliyaviy oqimlar, moliyaviy boshqaruv, savdoni qo'llab-quvvatlash, innovatsion rivojlanish, raqamli transformatsiya, resurslarni optimallashtirish, moliyaviy barqarorlik, savdo strategiyasi

Abstract: In the context of accelerating innovative development and digital transformation of domestic enterprises, improving financial flow management as a key tool for sustainable economic growth is particularly relevant. This article examines modern approaches to optimizing financial flows and increasing the efficiency of the sales support system, using the example of Ekokerama in Fergana.

Key words: financial flows, financial management, sales support, innovative development, digital transformation, resource optimization, financial stability, sales strategy.

I. Введение: Современные условия инновационного развития и ускоренной технологической трансформации предъявляют повышенные требования к финансовой устойчивости и эффективности сбытовой деятельности предприятий реального сектора экономики. Управление финансовыми потоками уже не ограничивается традиционными функциями планирования, распределения и контроля, а становится стратегическим инструментом, позволяющим оптимизировать использование ресурсов, повышать рентабельность и обеспечивать устойчивое положение предприятия на рынке. Одновременно с этим совершенствование системы обеспечения продаж приобретает решающее значение, поскольку скорость реакции на изменение спроса, гибкость каналов реализации и качество сервисных процессов непосредственно определяют конкурентоспособность организации.[1]

Предприятия, функционирующие в сфере производства строительных и отделочных материалов, сталкиваются с необходимостью адаптации к растущей конкуренции, внедрения инноваций, изменениям в потребительских предпочтениях и усложнению логистических процессов. В этих условиях особый интерес представляет исследование практических механизмов совершенствования финансовых потоков и повышения эффективности продаж на конкретных предприятиях отрасли. Одним из таких объектов является предприятие Ekokerama в городе Фергана, которое активно модернизирует производственные процессы и расширяет ассортимент продукции, однако сталкивается с рядом проблем, связанных с непрозрачностью финансовых потоков, недостаточной интеграцией цифровых сервисов, ограниченной аналитической поддержкой управленческих решений и потребностью в оптимизации сбытовой деятельности.

Актуальность исследования обусловлена необходимостью разработки современных подходов к управлению финансовыми потоками в условиях инновационного развития и поиском эффективных инструментов, обеспечивающих повышение качества продаж и устойчивости предприятия. Анализ состояния финансовых операций и системы реализации продукции на примере Ekokerama позволит выявить ключевые проблемы и определить направления совершенствования, потенциально применимые и для других предприятий отрасли.[2]

Целью статьи является обоснование и разработка практических рекомендаций по совершенствованию управления финансовыми потоками и повышению эффективности обеспечения продаж на предприятии Ekokerama. Для достижения поставленной цели рассматриваются теоретические аспекты финансового менеджмента, анализируется текущее состояние финансовых потоков и системы продаж предприятия, а также предлагаются инновационные решения, ориентированные на повышение экономической результативности.

II. Методология исследования: Методологическая основа исследования опирается на совокупность современных научных подходов и аналитических инструментов, позволяющих комплексно изучить особенности управления финансовыми потоками и систему обеспечения

продаж предприятия в условиях инновационного развития. В рамках исследования применены методы экономического анализа, сравнительного исследования, статистической обработки данных, а также инструменты стратегического и функционального анализа.

Во-первых, использован системный подход, который позволяет рассматривать финансовые потоки и процессы реализации продукции как взаимосвязанные элементы единой управленческой системы предприятия. Это дает возможность выявить структурные дисбалансы, определить узкие места в распределении ресурсов и оценить влияние инновационных изменений на эффективность сбытовой деятельности.

Во-вторых, применён анализ финансово-экономических показателей предприятия Ekokerama, включающий изучение динамики доходов, расходов, рентабельности, оборачиваемости оборотных средств, дебиторской и кредиторской задолженности. Данные показатели используются для оценки состояния финансовых потоков и степени их оптимизации.

В-третьих, проведён функционально-структурный анализ процессов обеспечения продаж, включающий изучение логистических операций, каналов сбыта, механизмов взаимодействия с клиентами и маркетинговых инструментов. Такой подход позволяет определить эффективность текущей модели продаж и выявить направления её совершенствования[3]

В-четвёртых, применён сравнительный анализ с использованием показателей отраслевых предприятий-аналогов. Это позволяет установить конкурентные преимущества и слабые стороны Ekokerama, а также определить лучшие практики, которые могут быть адаптированы для повышения эффективности управления предприятием.

В-пятых, использованы методы экспертной оценки, основанные на интервью с руководителями и специалистами отделов финансов, маркетинга и продаж предприятия. Экспертные данные позволяют получить более глубокое представление о внутренних процессах, реальных проблемах и потенциальных возможностях внедрения инноваций.

Кроме того, для анализа влияния инновационных факторов на управление финансовыми потоками применены элементы инструментария цифровой аналитики, включающие оценку уровня автоматизации учётных операций, использования цифровых платформ и информационных систем.

Полученные результаты анализируются с использованием комбинированного метода, объединяющего количественные расчёты и качественную интерпретацию. Такой комплексный подход обеспечивает объективность выводов и позволяет разработать научно обоснованные рекомендации по совершенствованию управления финансовыми потоками и системой обеспечения продаж на предприятии Ekokerama.[4]

III. Результаты исследования: Проведённый анализ финансово-хозяйственной деятельности предприятия Ekokerama выявил ряд ключевых особенностей и проблем, влияющих на эффективность управления финансовыми потоками и системой обеспечения продаж в условиях инновационного развития.

Изучение динамики финансовых потоков показало наличие дисбаланса между притоком и оттоком денежных средств вследствие неритмичности поставок сырья, колебаний спроса и недостаточной интеграции финансового планирования с производственными процессами. Анализ структуры оборотного капитала продемонстрировал повышенную долю дебиторской задолженности, что снижает ликвидность и ограничивает возможности оперативного управления денежными ресурсами.

Выявлено, что действующая система контроля финансовых операций на предприятии базируется преимущественно на традиционных бухгалтерских инструментах, что усложняет оперативный мониторинг денежных потоков и препятствует принятию своевременных управленческих решений. Уровень автоматизации информации о движении денежных средств остаётся недостаточным, а существующие цифровые инструменты не обеспечивают полной прозрачности финансовых операций.

Исследование процессов обеспечения продаж показало, что Ekokerama демонстрирует стабильный спрос на основную продукцию, однако эффективность коммерческой деятельности сдерживается несколькими факторами: ограниченной диверсификацией каналов сбыта, недостаточной аналитической поддержкой прогнозирования спроса и слабой интеграцией маркетинговых и сбытовых функций. Отмечено, что процессы взаимодействия с клиентами и партнёрами в значительной степени осуществляются вручную, что снижает оперативность выполнения заказов и повышает вероятность ошибок.

Сравнительный анализ с предприятиями-аналогами выявил, что рынку керамической и отделочной продукции свойственна высокая чувствительность к инновациям в области дизайна, логистики и цифровых сервисов. Ekokerama по ряду параметров уступает лидерам рынка, прежде всего в части цифровизации процессов продаж, внедрения CRM-систем, автоматизированного учёта продукции и аналитики клиентского поведения.[5]

Результаты экспертных опросов сотрудников предприятия показали заинтересованность специалистов в модернизации финансовой и сбытовой системы, однако выявили отсутствие единых методических инструментов, регламентов и цифровых решений, обеспечивающих сквозную интеграцию финансовых и коммерческих процессов. Эксперты указали, что внедрение инновационных подходов требует предварительного пересмотра организационной структуры и повышения квалификации персонала.

В целом результаты исследования подтверждают необходимость комплексной модернизации системы управления финансовыми потоками и продажи продукции на предприятии Ekokerama. Установлено, что ключевыми направлениями развития должны стать цифровизация финансовых операций, внедрение интеллектуальных инструментов анализа продаж, оптимизация дебиторской политики, развитие многоканальной системы сбыта и интеграция инновационных решений в контрольно-аналитические процессы.

IV.Обсуждение: Полученные в ходе исследования результаты позволяют глубже понять характер проблем, связанных с управлением финансовыми потоками и обеспечением продаж на предприятии Ekokerama, а также определить направления, в которых инновационные решения могут оказать наибольшее влияние. Исследование показало, что финансовые и сбытовые процессы предприятия функционируют разрозненно, что снижает эффективность всей системы управления и сдерживает возможности для динамичного роста.

Анализ финансовых потоков продемонстрировал, что ключевой проблемой является недостаточная синхронизация планирования доходов и расходов с производственными циклами и логистическими операциями. Это приводит к образованию кассовых разрывов, снижению ликвидности и зависанию значительных объёмов денежных средств в дебиторской задолженности. В условиях инновационного развития такие проблемы ограничивают потенциал предприятия по внедрению новых технологий, расширению ассортимента и модернизации оборудования. Следовательно, управление денежными потоками должно рассматриваться как стратегическая функция, требующая интеграции цифровых инструментов мониторинга, прогнозирования и автоматизированного контроля.[6]

Важным аспектом обсуждения является состояние системы обеспечения продаж. Проведённый анализ выявил, что, несмотря на устойчивый спрос на продукцию Ekokerama, предприятие сталкивается с ограниченными возможностями масштабирования продаж из-за недостаточной цифровизации процессов, слабой аналитической поддержки и фрагментарности каналов сбыта. Эти результаты согласуются с тенденциями, наблюдаемыми в отраслевых исследованиях, где подчёркивается необходимость перехода от традиционных методов продаж к многоканальным моделям, основанным на интеграции онлайн- и офлайн-контактов, использовании CRM-систем и интеллектуальных инструментов анализа клиентского поведения.

Инновационное развитие анализируемого предприятия требует не только внедрения современных технологий, но и изменения организационных подходов. Данные экспертных оценок подтверждают, что сотрудники осознают потребность в оптимизации управленческих процессов, однако отсутствие нормативно закреплённых процедур, системы мотивации и

корпоративных стандартов инновационной деятельности создаёт барьеры для внедрения изменений. Таким образом, обсуждение результатов указывает на важность создания комплексной модели трансформации, включающей цифровизацию, обучение персонала и формирование культуры инновационного менеджмента.

Особое значение имеет и внешний контекст. Сравнительный анализ показал, что ведущие предприятия отрасли активно используют автоматизированные платформы управления финансами, системы электронного документооборота и инструменты аналитики продаж. Это подтверждает необходимость адаптации лучших практик для условий Ekokerama, особенно в части управления дебиторской задолженностью, оптимизации логистики и внедрения сервисных инноваций, направленных на повышение удовлетворенности клиентов.

Таким образом, обсуждение результатов исследования подчёркивает, что совершенствование управления финансовыми потоками и обеспечением продаж должно осуществляться комплексно — через цифровую трансформацию, стратегическую интеграцию финансовых и коммерческих процессов, внедрение аналитических инструментов и развитие внутренних компетенций. Только при сочетании всех этих элементов предприятие сможет повысить свою финансовую устойчивость, конкурентоспособность и способность адаптироваться к требованиям инновационной экономики.

V. Выводы и предложения: Проведённое исследование позволило выявить ключевые особенности управления финансовыми потоками и процессами обеспечения продаж на предприятии Ekokerama в условиях инновационного развития. На основе анализа можно сделать следующие выводы:

структура финансовых потоков предприятия характеризуется низким уровнем синхронизации между операционной, инвестиционной и сбытовой деятельностью, что приводит к возникновению кассовых разрывов и снижению ликвидности. Значительные объёмы дебиторской задолженности ограничивают финансовую устойчивость и замедляют оборот капитала.

существующая система финансового контроля и планирования остаётся недостаточно цифровизированной, что не позволяет осуществлять оперативный мониторинг денежных средств и прогнозирование финансовых результатов с высокой точностью. Используемые инструменты не обеспечивают прозрачности движения денежных потоков.

процессы обеспечения продаж требуют модернизации, поскольку предприятие использует ограниченный набор каналов сбыта и недостаточно опирается на аналитические данные при планировании объёмов реализации и работе с клиентами. Ручной характер части операций снижает эффективность и увеличивает риски ошибок.

сравнительный анализ отрасли показывает отставание Ekokerama в применении инновационных технологий, особенно в сфере управления клиентскими отношениями, логистики и цифровых сервисов. Это снижает конкурентоспособность предприятия на быстро развивающемся рынке отделочных материалов.

экспертный опрос подтвердил необходимость организационных изменений, включая повышение квалификации персонала, разработку внутренних регламентов и интеграцию инновационных решений во все ключевые бизнес-процессы предприятия.

в совокупности результаты исследования подтверждают, что для повышения финансовой устойчивости и эффективности продаж Ekokerama требуется комплексная трансформация финансовой и сбытовой системы на основе инновационных подходов и цифровых технологий.

На основании проведённого анализа предлагается внедрить следующие меры по совершенствованию управления финансовыми потоками и обеспечением продаж на предприятии:

внедрение программных систем для автоматизированного учёта и контроля денежных потоков;

создание интегрированной платформы для анализа движения денежных средств и прогнозирования ликвидности;

применение инструментов бизнес-аналитики (BI) для моделирования финансовых сценариев.

расширение каналов сбыта, включая онлайн-платформы и региональные торговые точки;

внедрение CRM-системы для управления взаимоотношениями с клиентами и анализа их потребностей;

развитие сервисных услуг, включая сопровождение проектов, консультации и постпродажную поддержку.

внедрение автоматизированных систем контроля складских запасов;

использование инструментов прогнозирования спроса для оптимизации объёмов производства;

цифровизация документооборота для ускорения обработки заказов.

Реализация предложенных мер позволит Ekokoruma повысить эффективность управления финансовыми потоками, укрепить позиции на рынке, улучшить показатели продаж и адаптироваться к требованиям инновационной экономики.

Список литературы:

- [1]. Аникин Б. А., Рудая И. Л. Логистика: управление цепями поставок. М.: Инфра-М. 2022.
- [2]. Бланк И. А. Управление денежными потоками предприятия, Киев Ника-Центр 2021.
- [3]. Друри К. Управленческий и производственный учёт, СПб. Питер 2020.
- [4]. Котлер Ф., Келлер К. Л. Маркетинг менеджмент, М. Вильямс 2022.
- [5]. Абдуллаев А. А. Молиявий менежмент асослари, Тошкент: “Иқтисодиёт” 2022.
- [6]. Каримов Б. Б. Корхона молиявий барқарорлигини таъминлаш механизмлари, Тошкент “Фан ва технология” 2021.

CHARACTERISTICS OF A SUPERFINE GAS DISCHARGE CELL WITH A SEMICONDUCTOR ELECTRODE

Z. Khaydarov, A. Sh. Sharobidinov, G.A. Khalilova, I.M. Ashuraliyeva

Fergana State University,
E-mail: zokir _ nursuh @mail.ru
(Received on March 10 th, 2026)

Annotation. The present work is devoted to the study of the properties of an ultrathin gas discharge cell. The effect of gas discharge stabilization in this distributed resistance system is of considerable interest. The structure and physical properties of the gas discharge cell are considered. The results of the obtained electrical and photovoltaic properties are discussed. It is found experimentally that for a gap of tens of microns and a semiconductor thickness of 0.5 mm, the resistivity required for discharge stabilization is within $10^7 \div 10^8$ Ohm-cm.

Keywords: Ultrathin gas discharge cell, distributed resistance, discharge stabilization, electrical and photoelectric characterization.

Annotatsiya. Ushbu ilmiy ish o'ta yupqa gaz razryadining hususiyatlarini tadqiq etishga bag'ishlangan. Bir tekis taqsimlangan qarshilikka ega bu tizimdagi elektr jarayonni barqarorlashtirish effekti ilmiy olamda qiziqishga sabab bo'lmoqda. Bu o'rinda o'ta yupqa gaz razryadining strukturasi va fizik hususiyatlari o'rganilgan. Uning qayd etilgan elektr va fotoelektr tavsiflari muhokama qilingan. Tajribada shu narsa aniqlandiki, gaz oralig'i bir necha o'n mikrometr va yarimo'tkazgichning qalinligi 0,5 mm bo'lganda, gaz razryadining barqarorligini taminlash uchun yarimo'tkazgich elektrodning solishtirma qarshiligi $10^7 \div 10^8$ Ohm-cm oralig'ida bo'lishi kerak.

Tayanch so'zlar: O'ta yupqa gaz razryadi yacheykasi, fazoviy bir tekis taqsimlangan qarshilik, razryad barqarorligi, elektr va fotoelektr xarakteristika.

Аннотация. Настоящая работа посвящена исследованию свойств сверхтонкой газоразрядной ячейки. Эффект стабилизации газового разряда в этой системе с распределённым сопротивлением представляет значительный интерес. Рассматривается структура и физические свойства газоразрядной ячейки. Обсуждаются результаты полученных электрических и фотоэлектрических характеристик. Экспериментально установлено, что при зазоре в несколько десятков микрометров и толщине полупроводника 0,5 мм удельное сопротивление, требуемое для стабилизации разряда, лежит в пределах $10^7 \div 10^8$ Ом см.

Ключевые слова: Сверхтонкая газоразрядная ячейка, распределённое сопротивление, стабилизация разряда, электрическая и фотоэлектрическая характеристика.

Introduction.

The effect of gas discharge stabilization in a superfine gas discharge cell with distributed resistance is of great interest [1-4]. In a gas discharge cell, the gas discharge is performed by free charged particles - electrons and ions - with energies much higher than the thermal energy. In addition, the discharge is accompanied by short-wavelength luminescence. Thus, the considered double-layer photoconductor plasma cell is a converter, which transforms and amplifies a relatively low-power photon flux falling on the receiving surface of the semiconductor into a flux of high-energy particles - electrons, ions, photons. In connection with the above-mentioned features, quite wide possibilities of registration and visualization of images formed by a semiconductor in a discharge plasma appear.

Reduction of the resistance at illumination even by 3-4 orders of magnitude does not cause failure of stabilization. The qualitative side of the phenomenon is such that at the formation of fluctuations in the gas gap after the breakdown, accompanied by an increase in current, there is an accumulation of charge at the semiconductor-plasma and counterelectrode-plasma boundary, which leads to a decrease in voltage at the discharge gap and suppression of fluctuations, i.e. a transition of the voltametric characteristic (VAC) of the discharge to the mode with negative differential resistance.

Experimental setup and research methodology

A semiconductor photo ionization chamber (SPIC) was used for the experimental work [2]. A DC power supply was connected between the photodetector and the fiber puck. The maximum voltage was $U = 1.6$ kV. A two-coordinate laboratory potentiometer of the type LKD4-003 was used to record the DC current. In all measurements, the radiant power was measured with a thermal column of type LETI with a sensitivity of 0.72 V/W.

In this work a unified experimental technique has been used, which consists of the following. The voltametric characteristics of the gas discharge cell at direct current were recorded at variation in wide limits of parameters: gas pressure, interelectrode distance and conductivity value of the semiconductor electrode by its illumination.

Chromium-compensated gallium arsenide half-isolate was used as the semiconductor electrode, and the measurements were performed at room temperature.

Electrical characteristics

The VAC of the gas discharge cell at different values of intensity and gas pressure is shown in Fig. 1. The current is practically absent up to the voltage corresponding to the breakdown of the gas gap, after which there is a linear increase with a slope that increases with increasing light intensity. Experiments with two metal contacts on the same photodetectors showed photodetector matching at all $U \leq U_{\text{breakdowns}}$. This means that the VAC of the discharge gap is strictly vertical, the differential resistance

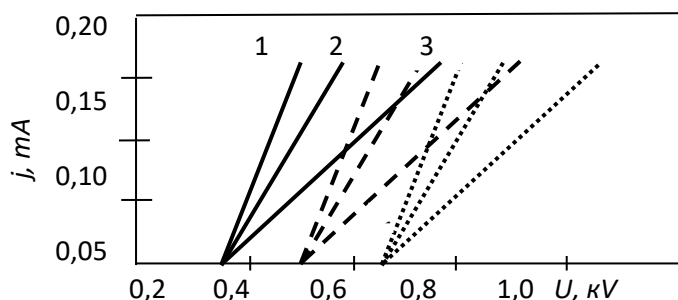


Fig. 1. VAC of the ionization system at three values of gas pressure and three values of light. GaAs photodetector; $T = 300$ K; solid lines $p = 0.01$ MPa; dashed dotted lines $p = 0.05$ MPa; lines at points $p = 0.1$ MPa. 1 - $J = 4$ mW/cm²; 2 - 2.2 mW/cm²; 3 - 1 mW/cm².

of the discharge gap is equal to zero with high accuracy, and there is no redistribution of voltage in the gas discharge cell at illumination, even at the highest illumination. This difference, the semiconductor photographic ionization chamber (SPIC) with a gas discharge cell from other photographic devices, leads to two important consequences. First, the photographic response is linear and at high illumination, allowing a wide dynamic range of gradation transfer. Second, there is no tangential field component between the semiconductor and plasma regions with different illumination and hence different current densities, ensuring the absence of drift currents in the plane of the semiconductor-plasma interface. This helps to maintain satisfactory resolution even with large differences in illumination.

Photoelectric characteristics of the gas discharge cell

The conversion of the photon flux (radiant power) J incident on the receiving surface of the system into the electron flux in the semiconductor of the gas discharge cell depends on the field strength U and is determined by the photoelectric gain G . The photoelectric gain is defined as the number of charges (amount of electricity) passed per photon in the photoconductor. The photoelectric gain G is defined as the number of charges passed (amount of electricity) per photon in the photoconductor:

$$G = \tau / \tau_{\text{tr}}, \quad (1)$$

where $\tau_{\text{tr}} = L / \mu \mathcal{E}_{\text{max}}$ – is the transit time between the electrodes, L – is the distance between the

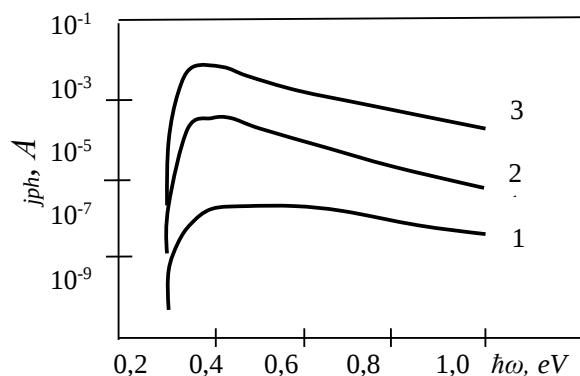


Fig. 2. Spectral characteristics of the gas discharge cell (photocurrent versus photon energy). 1 - voltage in the gas discharge cell 0.7 kV; 2 - 1.0 kV; 3 - 1.2 kV.

electrodes, μ – is the carrier mobility, τ – is the carrier lifetime. This amplification is due to the increase in the average energy of the electrons and ions in the discharge.

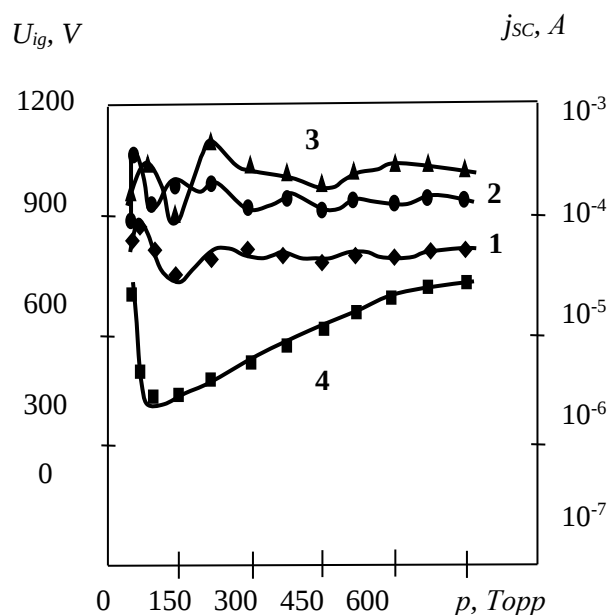


Fig. 3. The dependence of the limiting photocurrent of the stall current j_{sc} (1-3) and the discharge ignition voltage U_{ig} (4) on the pressure in a gas discharge cell with a gallium arsenide semiconductor electrode at different values of its resistance R : 1 - $R_1 = 1.3 \times 10^7$ Ohm, 2 - $R_2 = 6 \times 10^7$ Ohm, 3 - $R_3 = 10^8$ Ohm, 4 - ignition voltage U_{ig} .

semiconductor. Substituting the limiting value of G from (1), we have an expression that characterizes the maximum photographic sensitivity by the minimum amount of electricity:

The passage of this current through the gas discharge gap of the cell is accompanied by an amplification of the power released in the gas discharge gap, which is used for image formation. The power amplification factor η , i.e. the ratio of the power in the gas discharge gap P_{out} to the power of the useful input signal J , is given by the expression

$$\eta = P_{\text{вых}} / J = GeU / \hbar\omega, \quad (2)$$

where $\hbar\omega$ – quantum energy, U – discharge gap voltage. This amplification is due to the increase in the average energy of the electrons and ions in the discharge. Under normal conditions, the average electron energy is 50 eV.

If the interaction of the plasma with the recording medium is characterized by a certain minimum amount of electricity q_{min} , we can write for the photographic sensitivity in terms of the amount of electricity S_q

$$S_q = \delta eG / q_{min} \hbar\omega, \quad (3)$$

where δ – coefficient, taking into account the reflection and absorption of light in the

$$S_q = \frac{4\pi\mu n_T \tau}{10^{-12} q_{min} \hbar\omega}, \quad (4)$$

where n_T – volume concentration of equilibrium carriers.

When photographing fast processes based on the gas discharge cell, two modes are used: 1) waiting, when a short light pulse carrying the image falls on the receiving surface of the photodetector with the sensitivity switched on; 2) gating, in which there is an "electronic shutter", i.e. the sensitivity is switched on for the time of the exposure.

This allows images to be captured at very slow shutter speeds unattainable with conventional mechanical gates, and time-varying images can be reversed with relative ease.

Cells with different values of interelectrode spacing at room temperature for a semi-insulating gallium arsenide semiconductor electrode have been studied.

Figure 2 shows the spectral characteristics of the gas discharge cell.

Figure 3 shows the dependence of the limiting stall current j_{sr} in the gallium arsenide gas discharge cell for three values of its resistance at the interelectrode distance $d = 30 \mu\text{m}$, as well as the dependence of the ignition voltage on pressure (Paschen curve).

Discussion of results and conclusions

As is well known, the course of the Paschen curve is explained as follows. At the transition from high pressures to lower pressures (at constant interelectrode distance) at the same value of electric field $E = U/d$, the free path of the electron between collisions in the gas increases, the electron passes through a larger potential difference, gains more kinetic energy and, consequently, the probability of shock ionization of a neutral atom increases. On the other hand, as the pressure decreases, the number of collisions of the electron with gas molecules per unit length on the way from the cathode to the anode decreases. The obtained result indicates a significant dependence of the breakdown voltage in a cell with a semiconductor electrode and small interelectrode distances on the material of the electrode (semiconductor) and the state of its surface.

References

- [1]. Z. Khaydarov, UNEC Journal of Engineering and Applied Sciences 4(1) (2024) 61. <https://doi.org/10.61640/ujeas.2024.0506>
- [2]. Sh.B. Utamuradova, Z. Khaydarov, B.Z. Khaydarov, UNEC Journal of Engineering and Applied Sciences 4(2) (2024) 55. <https://doi.org/10.61640/ujeas.2024.1206>
- [3]. Z. Khaydarov, K. Yuldashev, B. Khaydarov, S. Sultanov, Q. Ergashov, M. Axmadjonov, In E3S Web of Conferences 587 (2024) 01006. doi.org/10.1051/e3sconf/202458701006
- [4]. A.N. Lodygin, Yu.A. Astrov, L.M. Portsel, E.V. Beregulin, Journal of Technical Physics 85(5) (2015) 27 [in Russian].

TAYYORLOV SEXINING MASHINA VA USKUNALARI

M.M. Abdullayeva, M. Turdiyev

Farg'ona davlat texnika universiteti

ORCID: [0009-0007-6599-9125](https://orcid.org/0009-0007-6599-9125)

e-mail: mahliyoxon786@gmail.com

ORCID: [0009-0006-3041-5778](https://orcid.org/0009-0006-3041-5778)

e-mail: mahmudjonturdiyev22@gmail.com

[\(Qabul qilindi 22.02.2026 y.\)](#)

Annotatsiya: Ushbu maqolada tayyorlov sexining mashina va uskunalari, ularning texnologik jarayondagi o'rni hamda ishlab chiqarish samaradorligiga ta'siri keng yoritilgan. Tayyorlov sexi tikuvchilik va yengil sanoat korxonalarida asosiy boshlang'ich bosqich hisoblanib, unda materiallarni kesish, saralash, tekislash va dastlabki ishlov berish jarayonlari amalga oshiriladi. Mazkur jarayonlarda qo'llaniladigan zamonaviy uskunalar ishlab chiqarish tezligini oshirish, material sarfini kamaytirish va mahsulot sifatini yaxshilashga xizmat qiladi.

Tayanch so'zlar: tayyorlov sexi, kesish mashinalari, mato yoyish uskunalari, presslash, avtomatlashtirish, tikuvchilik sanoati, texnologik jarayon.

Аннотация: В данной статье подробно рассматриваются машины и оборудование подготовительного цеха, их роль в технологическом процессе и влияние на эффективность производства. Подготовительный цех считается основным начальным этапом на предприятиях швейной и легкой промышленности, где осуществляются процессы раскроя, сортировки, выравнивания и предварительной обработки материалов. Современное оборудование, используемое в этих процессах, служит для повышения скорости производства, снижения расхода материала и улучшения качества продукции.

Ключевые слова: подготовительный цех, раскройные машины, оборудование для раскладки ткани, прессование, автоматизация, швейная промышленность, технологический процесс

Annotation: This article extensively covers the machinery and equipment of the preparation workshop, their role in the technological process and their impact on production efficiency. The preparation workshop is considered the main initial stage in garment and light industry enterprises, where the processes of cutting, sorting, leveling and preliminary processing of materials are carried out. Modern equipment used in these processes serves to increase production speed, reduce material consumption and improve product quality.

Keywords: preparation workshop, cutting machines, fabric spreading equipment, pressing, automation, garment industry, technological process.

Kirish

Bugungi kunda tikuvchilik va yengil sanoat korxonalarida ishlab chiqarish samaradorligini oshirish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. Bu jarayonda tayyorlov sexining o'rni alohida ahamiyatga ega. Tayyorlov sexi ishlab chiqarishning boshlang'ich bosqichi bo'lib, unda xom ashyo va materiallar keyingi bosqichlarga tayyorlanadi. Ushbu sexda bajariladigan ishlarning sifatli tashkil etilishi butun ishlab chiqarish jarayonining samaradorligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Zamonaviy texnologiyalarning joriy etilishi natijasida tayyorlov sexlarida qo'llaniladigan mashina va uskunalar sezilarli darajada takomillashdi. Avtomatlashtirilgan kesish tizimlari, kompyuter

boshqaruviga ega qurilmalar, yuqori aniqlikdagi presslash uskunalari ishlab chiqarish jarayonini tezlashtirish bilan birga inson omilini kamaytiradi.

Nazariy qism

Tayyorlov sexi tikuvchilik korxonasining eng muhim boshlang'ich bosqichlaridan biri hisoblanadi, chunki aynan shu yerda xom ashyo keyingi ishlab chiqarish jarayonlariga tayyor holga keltiriladi. Bu bosqichda bajariladigan ishlarning sifatli tashkil etilishi keyingi tikuv jarayonlarining aniqligi va mahsulot sifatiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shuning uchun tayyorlov sexida ishlatiladigan mashina va uskunalar zamonaviy, samarali va yuqori aniqlikka ega bo'lishi talab etiladi.

Amaliyotda tayyorlov jarayoni odatda matoni qabul qilish, uni tekshirish, yoyish, kesish va detallarni saralash kabi ketma-ket bosqichlardan iborat bo'ladi. Dastlab matolar maxsus stollarda yoki avtomatik qurilmalar yordamida yoyiladi. Mato yoyish jarayoni oddiy ko'rinsa-da, u juda muhim ahamiyatga ega, chunki matoning notekis yoyilishi keyingi kesish jarayonida xatoliklarga olib kelishi mumkin. Zamonaviy yoyish mashinalari matoni bir xil kuchlanishda va qatlamlar orasida siljishsiz joylashtirish imkonini beradi, bu esa ishlab chiqarish sifatini sezilarli darajada oshiradi.

Keyingi bosqich kesish jarayoni bo'lib, u tayyorlov sexining eng mas'uliyatli qismi hisoblanadi. An'anaviy korxonalarda hali ham mexanik kesish mashinalari qo'llaniladi, masalan, vertikal yoki diskli pichoqli qurilmalar. Ular oddiy tuzilishga ega va ishlatish oson, ammo yuqori aniqlik talab qilinadigan hollarda yetarli darajada samarali bo'lmasligi mumkin. Shu sababli so'nggi yillarda lazerli va kompyuter boshqaruviga ega kesish tizimlari keng joriy etilmoqda.

Lazerli kesish texnologiyasi ayniqsa murakkab shaklli detallarni tayyorlashda juda qulay hisoblanadi. Bu usul yordamida mato juda aniq kesiladi, chetlar toza chiqadi va material isrofi kamayadi. Bundan tashqari, CNC (kompyuter boshqaruvli) kesish tizimlari ishlab chiqarish jarayonini avtomatlashtirish imkonini beradi. Bunday uskunalarda kesish jarayoni oldindan tuzilgan dastur asosida bajariladi, natijada inson omili kamayadi va takroriy aniqlik ta'minlanadi.

Kesilgan detallar keyingi bosqichda saralanadi va belgilab chiqiladi. Bu jarayon ham ishlab chiqarishda muhim o'rin tutadi, chunki noto'g'ri belgilangan yoki aralashib ketgan detallar keyinchalik katta muammolarga sabab bo'lishi mumkin. Shu sababli ko'plab korxonalarda marker printerlar yoki lazerli belgilash tizimlari qo'llanilib, har bir detal aniq identifikatsiya qilinadi.

Tayyorlov sexi uskunalarining taqqoslanishi

1- Jadval

№	Uskuna turi	Ishlash prinsipi	Afzalliklari	Kamchiliklari
1	Mexanik kesish mashinalari (vertikal, diskli)	Pichoqli mexanik kesish orqali matoni qatlam holida kesadi	Oddiy tuzilish, arzon, foydalanish oson	Aniqlik past, inson omiliga bog'liq
2	Lazerli kesish uskunolari	Lazer nuri yordamida yuqori aniqlikda kesish	Juda aniqlik yuqori, chiqindi kam, murakkab shakllar kesiladi	Juda qimmat, energiya sarfi yuqori
3	CNC kesish tizimlari	Kompyuter dasturi orqali avtomatik kesish	Avtomatlashtirilgan, takroriy aniqlik yuqori, tezkor	Dasturiy ta'minot talab qiladi, operator malakasi zarur
4	Mato yoyish mashinalari	Matoni qatlamlab tekis yoyish	Qatlamlar tekis, sifat oshadi, tezlik yuqori	Texnik xizmat talab qiladi
5	Presslash uskunolari (bug'li press)	Issiqlik va bosim orqali matoni tekislaydi	Matoni silliqlaydi, sifatni yaxshilaydi	Energiya sarfi mavjud

6	Marker printer va belgilash tizimlari	Detallarni avtomatik belgilash va markirovka qilish	Xatolik kamayadi, tartib saqlanadi	Qo'shimcha xarajat talab qiladi
7	Avtomatik tekislash va nazorat uskunalari	Mato sifatini tekshirish va nuqsonlarni aniqlash	Sifat nazorati oshadi, brak kamayadi	Murakkab tizim
8	Robotlashtirilgan kesish tizimlari	Sun'iy intellekt va robot yordamida kesish	Maksimal avtomatlashtirish, inson omili yo'q	Juda qimmat, texnik xizmat murakkab

Bundan tashqari, tayyorlov sexida presslash va tekislash uskunalari ham keng qo'llaniladi. Bu uskunalar yordamida matodagi burmalar yo'q qilinadi, material silliqlanadi va keyingi ishlov berish uchun qulay holatga keltiriladi. Ayniqsa bug'li press mashinalari matoning strukturaviy xususiyatlarini saqlagan holda uni tekislash imkonini beradi.

Zamonaviy ishlab chiqarishda tayyorlov sexlarini avtomatlashtirishga alohida e'tibor qaratilmoqda. Avtomatlashtirilgan tizimlar yordamida ishlab chiqarish tezligi oshadi, ishchi kuchiga bo'lgan talab kamayadi va mahsulot sifati barqaror darajada saqlanadi. Shu bilan birga, bunday tizimlar material sarfini optimallashtirishga ham yordam beradi, bu esa iqtisodiy samaradorlikni oshiradi.

Hozirgi kunda energiya tejamkor va ekologik xavfsiz texnologiyalarni joriy etish ham muhim ahamiyat kasb etmoqda. Zamonaviy mashina va uskunalar kam energiya sarflab, yuqori unumdorlik bilan ishlashga mo'ljallangan. Bu nafaqat ishlab chiqarish xarajatlarini kamaytiradi, balki atrof-muhitga salbiy ta'sirni ham qisqartiradi.

Umuman olganda, tayyorlov sexida qo'llaniladigan mashina va uskunalar ishlab chiqarishning samaradorligi, mahsulot sifati va iqtisodiy natijalarga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Shu sababli ushbu sohada zamonaviy texnologiyalarni joriy etish va mavjud uskunalarni takomillashtirib borish muhim vazifa hisoblanadi.



1-rasm. Tayyorlov sexidagi kesish jarayoni sxemasi.

Ushbu rasmda tayyorlov sexida bajariladigan texnologik jarayonlar ketma-ketligi ko'rsatilgan. Jarayon xom ashyoni qabul qilish va tekshirishdan boshlanib, matoni yoyish (qatlamlash) orqali kesishga tayyorlanadi. Keyingi bosqichda marker joylashtirilib, mato aniq konturlar bo'yicha kesiladi.

Kesilgan detallar saralanib, raqamlanadi va markirovka qilinadi, bu esa keyingi tikuv jarayonida tartibni ta'minlaydi. Yakunda barcha detallar tikuv sexiga yuboriladi. Ushbu ketma-ketlik ishlab chiqarish samaradorligini oshirish, material sarfini kamaytirish va mahsulot sifatini ta'minlashga xizmat qiladi.

Xulosa

Tayyorlov sexi tikuvchilik sanoatida muhim ahamiyatga ega bo'lib, uning samarali ishlashi butun ishlab chiqarish jarayonining natijadorligiga bevosita ta'sir ko'rsatadi. Ushbu maqolada ko'rib chiqilganidek, tayyorlov sexida qo'llaniladigan mashina va uskunalar turli texnologik bosqichlarda muhim vazifalarni bajaradi. Mato yoyish uskunolari materialni kesishga tayyorlaydi, kesish mashinalari esa detallarni aniqlik bilan ajratib beradi.

Zamonaviy lazerli va CNC texnologiyalarining joriy etilishi ishlab chiqarish jarayonini sezilarli darajada takomillashtirdi. Ular yordamida mahsulot sifati oshadi, material sarfi kamayadi va ishlab chiqarish tezlashadi. Shu bilan birga, avtomatlashtirilgan tizimlar inson omilini kamaytirib, xatolik ehtimolini pasaytiradi. Kelajakda tayyorlov sexlarini yanada rivojlantirish uchun raqamli texnologiyalar, sun'iy intellekt va robotlashtirilgan tizimlardan keng foydalanish zarur. Bu esa sanoatning raqobatbardoshligini oshirishga xizmat qiladi.

Shu sababli, tayyorlov sexida zamonaviy mashina va uskunalaridan foydalanish nafaqat iqtisodiy samaradorlikni oshiradi, balki mahsulot sifatini ham yuqori darajaga olib chiqadi.

Adabiyotlar

- [1]. Karimov A.A. Tikuvchilik texnologiyasi asoslari. – Toshkent: O'qituvchi nashriyoti, 2018. – 256 b.
- [2]. Rasulov B.B. Yengil sanoat mashinalari va uskunolari. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2019. – 312 b.
- [3]. Ahmedov S.S. To'qimachilik ishlab chiqarish texnologiyasi. – Toshkent: Iqtisodiyot nashriyoti, 2020. – 280 b.
- [4]. Smith J. Textile Manufacturing Technology. – New York: McGraw-Hill, 2017. – 420 p.
- [5]. Brown T. Industrial Cutting Systems in Textile Industry. – London: Woodhead Publishing, 2018. – 350 p.
- [6]. Lee K. Automation in Textile Industry: Principles and Applications. – Seoul: Textile Press, 2021. – 295 p.
- [7]. Zhang Y. CNC Fabric Cutting Systems and Automation. – Beijing: Science Press, 2020. – 310 p.
- [8]. International Organization for Standardization (ISO). ISO Textile Standards. – Geneva: ISO Publishing, 2022.
- [9]. Textile Research Journal. – London: SAGE Publications, 2015–2024 (ilmiy maqolalar to'plami).
- [10]. International Journal of Clothing Science and Technology. – UK: Emerald Publishing, 2016–2024.
- [11]. O'zbekiston Respublikasi Yengil sanoat assotsiatsiyasi. Uzbek Textile Industry Reports. – Toshkent, 2019–2023.
- [12]. Various Authors. Modern Sewing Equipment Manuals. – Germany/USA: Industrial Equipment Publishers, 2018–2022.

ASSIMETRIK RAPPORTLI MATOLARDAN AYOLLAR USTKI KIYIMLARINI LOYIHALASHDA DETALLARNI JOYLASHTIRISHNING OPTIMAL USULLARI.

R.A. Berdiyeva¹, M. Nazarova²

¹Farg'ona davlat texnika universiteti

²Namangan davlat texnika universiteti

ORCID:0009-0009-7287-7243

ranoberdiyevahon@gmail.com

ORCID:0009-0009-5734-035X

[\(Qabul qilindi 22.02.2026 y.\)](#)

Annotatsiya: Ushbu maqolada assimetrik rapportli (naqshli) matolardan ayollar ustki kiyimlarini loyihalashning o'ziga xos xususiyatlari tadqiq etiladi. Tadqiqot davomida matodagi naqshlar muvozanatini saqlash, detallarni bichishda iqtisodiy samaradorlikka erishish va kiyimning estetik ko'rinishini ta'minlash uchun andazalarni joylashtirishning optimal usullari tahlil qilingan. Natijalar murakkab printli matolar bilan ishlashda konstruktorlar uchun amaliy tavsiyalar beradi.

Tayanch so'zlar: Assimetrik rapport, ayollar ustki kiyimi, loyihalash, andazalarni joylashtirish, mato sarfi, vizual balans, tikuvchilik texnologiyasi.

Аннотация: В данной статье исследуются особенности проектирования женской верхней одежды из тканей с асимметричным раппортом (рисунком). В ходе исследования проанализированы

оптимальные методы раскладки лекал, направленные на сохранение визуального баланса рисунка, достижение экономической эффективности при раскрое и обеспечение эстетического вида изделия. Результаты содержат практические рекомендации для конструкторов при работе с тканями со сложным принтом.

Ключевые слова: Асимметричный раппорт, женская верхняя одежда, проектирование, раскладка лекал, расход ткани, визуальный баланс, технология швейного производства.

Abstract: This article explores the specific features of designing women's outerwear using fabrics with asymmetric repeats (patterns). The study analyzes optimal pattern placement methods aimed at maintaining visual balance, achieving economic efficiency during cutting, and ensuring the aesthetic appeal of the garment. The findings provide practical recommendations for garment constructors working with complex print fabrics.

Keywords: Asymmetric repeat, women's outerwear, garment design, pattern layout, fabric consumption, visual balance, apparel technology.

Kirish.

Zamonaviy modada geometrik va abstrakt assimetrik printlar trendda. Biroq, bunday matolarni bichishda an'anaviy "andazalarni bir-biriga qarama-qarshi joylashtirish" usuli ish bermaydi. Bu esa ishlab chiqarishda mato sarfining 15-20% ga oshishiga olib keladi. Tadqiqotning maqsadi — texnik va estetik talablarni birlashtiruvchi optimal joylashtirish usulini ishlab chiqish.

Assimetrik rapportli matolardan ayollar ustki kiyimlarini loyihalashda matoning geometrik xarakteristikalarini aniqlash jarayoni o'ta aniqlikni talab qiladigan texnik bosqichdir. Ushbu jarayon matoning eni bo'ylab va bo'yi bo'ylab naqshlarning takrorlanish masofasini, ya'ni gorizont (R_h) va vertikal (R_v) rapportlarni o'lchashdan boshlanadi. Assimetrik matolarning o'ziga xosligi shundaki, ularning naqshi markaziy o'qqa nisbatan simmetrik emas, bu esa andazalarni "ko'zgu" usulida joylashtirish imkoniyatini mutlaqo cheklaydi [1].

Geometrik tavsifnomani shakllantirishda matoning arqoq iplari qiyshiqqligi (skewness) darajasini aniqlash muhim ahamiyatga ega. Agar to'quv jarayonida mato iplari burchagi to'g'ri burchakdan og'gan bo'lsa, bu kiyim tayyor bo'lgach, uning yon choklarida qiyshayish yoki vizual nuqsonlarga olib keladi. Shuning uchun loyihalashda har bir detalning bo'ylama ip yo'nalishi mato chetiga emas, balki haqiqiy o'rilish iplariga moslab olinadi.

Bundan tashqari, matoning geometrik xaritasi tuzilayotganda "nazorat nuqtalari" (anchor points) belgilanadi. Bu nuqtalar kiyimning old bo'laki, orqasi va yenglaridagi naqshlar choklarda bir-biriga mos tushishini ta'minlaydi. Matematik jihatdan bu jarayon har bir detalning koordinatlarini rapport o'lchamiga nisbatlash orqali amalga oshiriladi. Natijada, barcha juft detallar matoning aynan bir xil geometrik fragmentidan kesib olinadi, bu esa kiyimning estetik muvozanatini va yuqori sifatini kafolatlaydi.[2]

Andazalarni joylashtirishning matematik modeli

Mato sarfini (L) optimallashtirish uchun detallar maydoni (S_{det}) va chiqindilar miqdori (S_{waste}) o'rtasidagi mutanosiblik hisoblanadi. Assimetrik matolar uchun umumiy uzunlik quyidagi formula orqali ifodalanadi:

$$L = \sum_{i=1}^n l_i + (k \cdot R_v)$$

Bu yerda:

- l_i – har bir detalning uzunligi;
- k – detallar orasidagi rapport mosligi uchun qo'yiladigan qo'shimcha masofa koeffitsienti;
- R_v – vertikal rapport o'lchami.

Assimetrik matolarda vizual markazni aniqlash muhim. Ayollar ustki kiyimida markaziy chok yoki tugma qatori matoning asosiy vertikal yo'nalishi bilan mos kelishi kiyimning estetikasini belgilaydi. Agar mato yo'l-yo'l bo'lsa, yengdagi chiziqlar old bo'lakdagi chiziqlar bilan 180° burchak ostida (gorizontal tekislikda) mos kelishi nazorat qilinadi.[4]

Bir tomonlama yoʻnalishli joylashtirish (One-Way Layout): Bu usulda barcha detallar (old boʻlak, orqa boʻlak, yeng) matoning "tepa" qismiga qaratib joylanadi. Bu matodagi rang tovlanishi (ottenok) va naqsh yoʻnalishining bir xilligini taʼminlaydi.

Guruhli joylashtirish (Block Placement): Juft detallar (chap va oʻng polochkalar) matoning aynan bir xil rapport qismiga tushishi shart. Bunda detalning nazorat nuqtalari (C_p) matoning rapport chiziqlari bilan ustma-ust tushishi tekshiriladi:

$$C_p \equiv R_{start} \pmod{R_v}$$

Kombinatsiyalangan usul: Katta detallar (asosiy boʻlaklar) rapportga qatʼiy moslanadi, mayda detallar (choʻntak qopqoqlari, podbortlar) esa qolgan boʻshliqlarga rapportni buzmaganda holda "zichlashtirib" joylanadi.[5]

4. Vizual balans va konstruktiv yechimlar

Assimetrik matolarda vizual markazni aniqlash muhim. Ayollar ustki kiyimida markaziy chok yoki tugma qatori matoning asosiy vertikal yoʻnalishi bilan mos kelishi kiyimning estetikasini belgilaydi. Agar mato yoʻl-yoʻl boʻlsa, yengdagi chiziqlar old boʻlakdagi chiziqlar bilan 180° burchak ostida (gorizontal tekislikda) mos kelishi nazorat qilinadi.

Assimetrik rapportli matolardan ayollar ustki kiyimlarini loyihalashda vizual balans va konstruktiv yechimlar mahsulotning estetik qiymatini belgilovchi asosiy omillar hisoblanadi. Vizual balans deganda, matodagi murakkab naqshlarning kiyim detallarida simmetrik va mantiqiy joylashishi tushuniladi. Assimetrik matolarda anʼanaviy simmetriya yoʻqligi sababli, konstruktor kiyimning markaziy oʻqi (old boʻlak oʻrtasi) va gorizontal chiziqlari (koʻkrak, bel, botiq chiziqlari) boʻylab naqshlarning vizual muvozanatini yaratishi shart.[6]

Konstruktiv yechimlar nuqtai nazaridan, bunday matolar uchun minimal chokli va oddiy siluetli modellarni tanlash tavsiya etiladi. Murakkab qirquqlar (relyeflar, koʻp sonli boʻlaklar) matoning rapportini boʻlaklab yuboradi va umumiy kompozitsiyani buzadi. Asosiy konstruktiv yechim sifatida "bir yoʻnalishli kesish" (one-way cutting) usuli qoʻllaniladi, bunda barcha detallar matoning bir xil vertikal yoʻnalishida joylashtiriladi. Bu kiyimning oʻng va chap tomonlarida ranglar tovlanishi va naqsh yoʻnalishi bir xil boʻlishini taʼminlaydi.

Juft detallarni (yenglar, choʻntaklar, yoqa uchlari) birlashtirishda "nazorat nuqtalari" uslubi qoʻllaniladi. Masalan, yengning tirsak qismidagi naqsh old boʻlakdagi naqsh bilan gorizontal tekislikda mos kelishi kiyimga yaxlit koʻrinish beradi. Shuningdek, tugma qatori va choʻntak magʻzi kabi detallar matoning eng yirik va yorqin rapport elementiga toʻgʻri kelmasligi uchun andazalar siljitib joylashtiriladi. Bunday professional yondashuv kiyimning nafaqat texnik jihatdan mustahkam, balki dizayn jihatidan mukammal boʻlishiga xizmat qiladi.[3]

5. Raqamli modellashtirish (CAD/SAPR tizimlarida)

Hozirgi zamon tikuvchilik sanoatida assimetrik rapportli matolardan ayollar ustki kiyimlarini loyihalashda raqamli modellashtirish (CAD/SAPR tizimlari) hal qiluvchi rol oʻynaydi. Gemini, Lectra, Gerber yoki Assyst kabi zamonaviy SAPR dasturlari konstruktorlarga murakkab naqshli matolar bilan ishlashda yuqori aniqlik va samaradorlikni taʼminlaydi. Anʼanaviy qoʻlda bajariladigan usullardan farqli oʻlaroq, raqamli modellashtirish jarayoni xatoliklarni minimallashtiradi va mato sarfini optimallashtiradi.

Raqamli tizimlarda ishlash jarayoni bir necha bosqichdan iborat. Avvalo, matoning yuqori aniqlikdagi raqamli tasviri (skanerlangan yoki suratga olingan) dasturga kiritiladi va uning geometrik parametri (rapport oʻlchami) aniq koʻrsatiladi. Soʻngra, kiyim andazalari (lekalalar) raqamli muhitda mato tasviri ustiga joylashtiriladi. Dasturning "interaktiv joylashtirish" moduli yordamida konstruktor har bir detalning nazorat nuqtalarini (masalan, koʻkrak qirquqi, yeng oʻmizi) matoning rapport chiziqlari bilan real vaqt rejimida moslashtiradi.

SAPR tizimlarining eng katta afzalliklaridan biri bu "avtomatik joylashtirish" algoritmlari bilan bir qatorda, vizual nazorat funksiyasining mavjudligidir. Konstruktor kiyimning virtual 3D maketini (masalan, CLO3D dasturida) koʻrishi va choklarning qanday ulanishini avvaldan tahlil qilishi mumkin. Bu esa, assimetrik matolarda eng koʻp uchraydigan muammo — choklarda naqshlarning mos kelmasligini oldini oladi. Tadqiqotlar shuni koʻrsatadiki, raqamli

modellashlashni qo'llash orqali material sarfini 3-5% ga tejash va loyihalash vaqtini 2 barobarga qisqartirish mumkin.[5]

Tadqiqot jarayonida Gemini Pattern Editor yoki shunga o'xshash SAPR dasturlari yordamida "avtomatik joylashtirish" va "interaktiv joylashtirish" usullari solishtirildi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, assimetrik matolarda interaktiv (qo'lda boshqariladigan raqamli) joylashtirish mato sarfini 3-5% ga tejash imkonini beradi, chunki dastur ba'zan rapportning vizual estetikasi va "naqsh ulanishi"ni to'liq hisobga ololmaydi [6].

Xulosa

Assimetrik rapportli matolardan ayollar ustki kiyimlarini loyihalash jarayoni ham ijodiy, ham yuksak texnik yondashuvni talab qiladigan murakkab tizimdir. Tadqiqot davomida aniqlanganidek, bunday matolar bilan ishlashda an'anaviy loyihalash usullaridan voz kechib, matoning geometrik xarakteristikalariga asoslangan maxsus algoritmlarni qo'llash mahsulot sifatining asosiy kafolati hisoblanadi. Matoning vertikal va gorizontallik rapportlarini aniq o'lchash hamda arqoq iplari qiyshiqqligini hisobga olish, kiyim detallarining konstruktiv muvozanatini ta'minlash imkonini beradi.

O'tkazilgan tahlillar shuni ko'rsatdiki, raqamli modellashlash (SAPR) tizimlaridan foydalanish assimetrik matolarda uchraydigan naqsh ulanmasligi yoki rang tovlanishi kabi nuqsonlarni loyihalash bosqichidayoq bartaraf etishga xizmat qiladi. Interaktiv joylashtirish usullari va nazorat nuqtalarini muvofiqlashtirish algoritmlari orqali nafaqat kiyimning estetik vizual balansi saqlab qolinadi, balki qimmatbaho xomashyo sarfini 3-5% gacha tejashga erishiladi.

Xulosa o'rnida aytish mumkinki, zamonaviy konstruktor-texnologlar uchun assimetrik rapportli matolar bilan ishlashda matematik hisob-kitoblar va 3D vizualizatsiya texnologiyalarining uyg'unligi kiyim-kechak korxonalarining raqobatbardoshligini oshirishda muhim omil bo'lib xizmat qiladi. Tavsiya etilgan metodologiya murakkab printli va teksturali matolardan yuqori sifatli ayollar ustki kiyimlarini ishlab chiqarishda amaliy qo'llanma bo'la oladi.

Adabiyotlar

- [1]. Amirsaidova Sh.B. Kiyimni loyihalash: Darslik. – Toshkent: "Cho'lpon", 2012. – 256 b. (O'zbekistondagi kiyim loyihalash bo'yicha asosiy manbalardan biri).
- [2]. Koblyakova E.B. va boshqalar. Конструирование одежды с элементами САПР: Учебник для ВУЗов. – М.: Легпромбытиздат, 1988. (Yoki yangilangan nashrlari).
- [3]. Kuzmichev V.N. Технология проектирования одежды: Учебное пособие. – М.: Академия, 2010. (Assimetrik matolar va mato xususiyatlarini tahlil qilish bo'yicha muhim manba).
- [4]. Guseva M.A. Проектирование изделий из тканей с рисунком: Учебное пособие. – Кострома: КГТУ, 2014. (Aynan naqshli va rapportli matolar bilan ishlash metodikasi yoritilgan).
- [5]. Aldrich W. Metric Pattern Cutting for Women's Wear. – Wiley-Blackwell, 2015. (Xalqaro miqyosda tan olingan, andazalarni joylashtirishning zamonaviy usullari keltirilgan inglizcha manba).
- [6]. Suraka J. Industrial Cutting of Textile Materials. – Woodhead Publishing, 2012. (Sanoat usulida bichish va mato sarfini optimallashtirish algoritmlari bo'yicha fundamental asar).
- [7]. Gemini CAD Systems. Gemini Pattern Editor User Manual: Advanced Marker Making for Complex Fabrics. – 2024. (SAPR tizimlarida ishlash bo'yicha texnik yo'riqnom).
- [8]. Tashpulatov S.Sh. Инновационные технологии в проектировании швейных изделий: Монография. – Ташкент, 2021. (O'zbekistondagi zamonaviy tadqiqotlar va innovatsion yechimlar).

ISHLAB CHIQARISH KORXONALARIDA ISITISH NATIJASIDA TIKUV MAXSULOTLARINING TASHQI KO'RINISHINI O'ZGARTIRISH

S.R. Mamatqulova

Farg'ona davlat texnika universiteti

ORCID: 0000-0003-1367-7013

e-mail: saida.mamatqulova.1989@gmail.com

(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya: *Taklif etilayotgan tikuv-trikotaj sanoatida, trikotaj matolaridan tayyorlangan erkaklar*

vetrovkasi, bolalar polo ko'ylagi, hamda, futbolka mahsulotlarni tikish va choklashda, elastikli xususiyati yuqori bo'lgan materiallarni choklari sifatli mustahkam bo'lishida, parallel sakrovchi ingalarning roli katta ahamiyatga egadir.

Tayanch so'zlar: *integral-differensial, fizik-matematik model, parallel ignalar, tikuv mashinasi, tayyor mato.*

Аннотация: *В предлагаемой швейно-вязальной промышленности роль параллельных прыгающих игл при пошиве и шитье мужских ветровок, детских поло и футболок из трикотажных тканей, а также в обеспечении качества и прочности швов материалов с высокими эластичными свойствами, имеет большое значение.*

Ключевые слова: *интегрально-дифференциальная, физико-математическая модель, параллельные иглы, швейная машина, готовая ткань.*

Annotation: *In the proposed sewing and knitting industry, the role of parallel jumping needles in sewing and stitching men's windbreakers, children's polo shirts, and T-shirts made of knitted fabrics, and in ensuring the quality and strength of seams of materials with high elastic properties, is of great importance.*

Keywords: *integral-differential, physical-mathematical model, parallel needles, sewing machine, finished fabric.*

Nazariy qism

Sintetik isitishdan foydalangan holda tikilgan kiyimlarni ekspluatatsiya qilish jarayonida o'ram strukturasida isitish tolalarining harakatlanishi tufayli kiyimning old va ichki tomonlarining isitish tolalari bilan ifloslanishi sodir bo'ladi. Bu hodisa isitishning migratsiyasi deb ataladi, tolalar va maxsulotlarning ishlash jarayonida o'zini namoyon qiladigan yashirin nuqson kelibchiqadi.

Isitish tolalarining ko'chishi sintetik tolalardan yasalgan isitishga xos bo'lib, yarim junli gazlama yordamida tikilgan kiyimlarda, ularda o'lik sochlar, qo'pol va yarim qo'pol jun bo'lishi mumkin. Isitish tolalari ko'chishining sabablari:

- isitishmato tuzilishida erkin, bo'shashgan tolalar mavjudligi;
- ish jarayonida bir-biriga nisbatan materiallar paketining qo'shni komponentlari (asosiy mato, isitish va astar mato) harakatida sodir bo'ladi;
- asosiy va qoplama materiallarida diametri isitish tolalarining diametridan oshib ketganda ko'p sonli teshiklarning mavjudligi[1].

Isitish tolalarining migratsiyasini aniqlash GOST 26464-85 «Noto'qima matolar, tolalar migratsiyasini aniqlash usuli» bo'yicha amalga oshiriladi. Biroq, bu usul tolalar migratsiyasining haqiqiy jarayoniga mos keladigan ma'lumotlarni olishga imkon bermaydi. Migratsiyalashuvni baholash uchun BGB (Buyuk Britaniya) tomonidan ishlab chiqarilgan «Pashester» qurilmasi jahon amaliyotida qo'llaniladi[2].

Migratsiya materiallar paketi yuzasiga chiqib turgan tolalar soni va ularning nisbiy holatiga qarab vizual tarzda baholashda besh darajali migratsiya tizimi tavsia etiladi:

- 1 - migratsiya yo'q jarayon;
- 2 - ahamiyatsiz migratsiya - na'munaning butun yuzasi bo'ylab ikki yoki uchta tolaning qisman va to'liq kirib borishi;
- 3 - zaif migratsiya - alohida tolalarning kirib borishi;
- 4 - sezilarli migratsiya - kichik klasterlarning shakllanishi bilan ko'plab tolalarning kirib borishi;
- 5 - intensiv migratsiya - katta klasterlarning shakllanishi va yumaloq to'p shaklli yoki soch o'rimli ko'p lab tolalarning kirib borishi [3].

Taklif etilayotgan usulning mohiyati quyidagicha. Isitishdan 150 x 170 mm o'lchamdagi na'munalar, asosiy va astarli matolardan esa 170 x 210 mm o'lchamdagi na'munalar kesiladi. Isitishni asosiy va astarli mato o'rtasida joylashtirish, uning atrofida barcha bo'limlarda egilish va qo'l tikuvlari bilan yopishtirish orqali uch qatlamli materiallar to'plami hosil bo'ladi.

Ikki qavatli sumkani tayyorlashda isitish asosiy yoki astarli matoga qo'llaniladi va uning atrofida bo'laklarga egilib, asosiy yoki astar mato qo'lda tikuvlar bilan ishlangan, na'munalar "Poliester" qurilmasining kauchuk naychalariga qo'yiladi va har tomondan mashina yoki qo'lda o'rnatiladi [4].

Bunday tarzda tayyorlangan na'munalar qurilma kamerasi bilan yopishtirilgan devorlariga va bir-biriga qarshi na'munalarning ishqalanish va to'qnashuvining yo'naltirilmagan takroriy

ta'siriga duchor bo'ladi. Piollester parametrlari quyida keltirilgan. Sinovdan oldin na'munaning yuzasi cho'tka bilan tozalanadi. To'qima tolalar migratsiyasi besh ballli tizim bo'yicha qurilma kamerasida ikki va to'rt soatlik sinovdan so'ng baholanadi. Yakuniy natija eng yomoni deb qabul qilinadi[5].

Isitish tolalarining migratsiya jarayonining intensivligi tolali tarkibiga, lavsan, viskoza, nitron va boshqa tolalarning foiziga, isitishni ishlab chiqarish usuliga (igna bilan teshilgan, kanvas va yopishtiruvchi), tuzilishi, turiga bog'liq, tugatish, qadoqlash materiallarini tashkil etuvchi asosiy va astar matolarining xom ashyo tarkibi. Isitish tolalarining ko'chishi yuqori mato orqali ham, astar mato orqali ham kuzatiladi. Tolalarning eng katta migratsiyasi igna bilan teshilgan usulda olingan lavsan tolalaridan (BLs - 100%) tayyorlangan isitgichli paketlarda kuzatiladi. Ushbu isitishni neylon iplardan yasalgan astarli mato bilan sumkada ishlatganda, u orqali tolalarning intensiv migratsiyasi kuzatiladi, ularni to'plarga aylantiradi; viskoza yoki viskoza-asetat iplaridan tayyorlangan astarli matolar orqali kamroq migratsiya kuzatiladi[6]. Tolalarning qizg'in migratsiyasi «lak» qoplamali matolar orqali, kamroq – yomg'irli yarim jun matolar orqali kuzatiladi va odatda plyonka bilan qoplangan neylon iplardan yasalgan yomg'irli matolardan foydalanilgan sumkalarda yo'q. Materiallar to'plamida kanvasdan tikilgan isitishdan foydalanish (BLs - 100%) tolalarning eng intensiv migratsiyasini keltirib chiqaradi, shuning uchun uni kiyimda ishlatish tavsiya etilmaydi. 100% BLs yoki 50% BLs + 50% BNitr o'z ichiga olgan yelimlangan quyma isitishda tolalarning ko'chishi deyarli kuzatilmaydi. Bu hodisa isitish tolalarining mahkamlanishi bilan izohlanadi. Uning tuzilishi, mustahkamligi kiyim-kechaklarni ishlatish jarayonida isitish asosiy va astarli mato o'rta sida harakatlantirilganda yuzaga keladigan harakatlardan oshib ketadi, ignali va kanvasdan tikilgan yarim junli isitgichlarda tolalar kamroq migratsiyaga ega [7].

Sport kiyimi ishlab chiqarishda lak qoplamali plashli matolardan va plash paxta-polyester matolardan tikilgan mavsumdan tashqari paltolar, yopishtirilgan katta hajmli matolar, astar sifatida esa neylon iplardan tayyorlangan matolar tavsiya etiladi. 100% o'z ichiga olgan igna bilan teshilgan va kanvasdan tikilgan isitishni «lak» yarim jun bilan o'rash tavsiya etiladi, plash paltosi va viskoza-asetat iplaridan tayyorlangan astarli mato. 100% BL ni o'z ichiga olgan igna bilan teshilgan isitishni yomg'irning asosiy matolari yoki plyonka bilan qoplangan neylon iplardan tayyorlangan ko'yag matolari bo'lgan sumkada foydalanish tavsiya etiladi[8]. Asosiy mato sifatida «lak» qoplamali matodan foydalanilganda, asosiy mato va isitish o'rtasida sirt zichligi 30 g / m² va 65 g / m² bo'lgan noto'qima matodan foydalanish tavsiya etiladi. Tolalar migratsiyasini kamaytirishga yordam beradi -atsetat iplari, shuningdek, halqadagi viskozali iplar va to'qimadagi tarkibili polyester iplar. Materiallar qopidagi yarim junli astarli mato yordamida isitishlash tolalarining astar orqali o'tishini oldini oladi [9].

Bolalar buyumlarini (kurtkalar, kombinezonlar) ishlab chiqarishda plyonkali, yarim junli, to'q rangdagi yomg'irli matolardan, isitgich sifatida kanvasdan tikilgan lattadan, astar sifatida esa - halqa va to'quvdagi viskoza iplardan matolar tavsiya etiladi[10].

XULOSA

Yuqoridagi tavsiyalarni inobatga olgan holda materiallar paketini musodara qilish, isitgichlar yordamida tayyorlangan kiyim-kechaklarning sifatini yaxshilaydi va ularning tolalarining maxsulotlarning old va ichki yuzasiga migratsiyasini kamaytiradi.

Tikuv vaqtida bosh silindirsimon valning aylanishi tezligi 4000 ayl/daq va undan yuqori bo'lganda parallel ignalarning sakrash oralig'i 2-2.5mm, 4-4.5mm, 5-5.5 mm bo'lganda silindrsimon valning tezligi hisobiga ilgarilanma vektorial harakat tezlashadi. Natijada tikuv mashinasida choklangan trikotaj matoning choklarida nuqsonlar soni ortib iplarning uzulishlari ortib boradi. Bu esa tikuv mashinasida choklangan matolarning nuqsonini ortishi bilan sifatsiz choklar nuqsonli bo'lishiga olib keladi.

Adabiyotlar

- [1]. N.T.Ismailov*, A.Rakhmonov. Deformation of reinforced yarn Technical science and innovation. 2023. Special edition.pp.94-99.
- [2]. Хомяков Е.С. Теория кручения и деформации текстильной пряжи послойной структуры/ Е.С.Хомяков, А.К. Наумов//Изв. вузов. Технология текстильной промышленности: Иваново, ИГТА, № 4 (340), – 2012. – с. 64–67.

- [3]. И.И.Мигушов.Механика текстильной нити и ткани.М.Легкая индустрия 1980 г. С.130-137.
- [4]. Исмаилов Н.Т., Ҳ Т Бобожонов. Выбор параметров крутки армированной пряжи// Универсум: Технические науки: электрон. научн. журн. Сентябрь 2022. № 9 (102). г. Москва. с 29-32.
- [5]. Dissertatsiya N. T. Ismailov "Chirmoviqsimon ip ishlab chiqarish texnologiyasi" Namangan 2023 yil
- [6]. Исмаилов Н.Т. Математический модел расчета деформационных протсессов технологии текстильных оболочек "Экономика и сотсиум" №10(77) 2020. с. 508-517.
- [7]. Tursunova, X.Sh., Mamatqulova Saida Rahmatovna. (2020). Ayollar paltosi uchun gazlamalar taxlili. 3 rd international congress of the human and social science researches (itobiad).
- [8]. Raxmatovna.M.S.(2022). Analysis of women's clothes sewing-a study to develop a norm of time spent on the technological process of knitting production. International Journal of Advance Scientific Research.2(03).16-21.
- [9]. Raxmatovna.M.S.(2022).Research on the development of norms of time spend on the technological process of sewing and knitting production; basic raw materials, their composition and properties.Innovative Technologica: Methodical Research Journal, 3(03), 28-32. ISSN:2776-0987, Volume3, Issue5,May,2022.7
- [10]. Raxmatovna.M.S.(2021).The description of perspective fashion trends in men's clothing.Innovative Technological:Methodical Research Journal,2(10),15-20.

PAXTANI TITKICH TA'MINLAGICHINI UZUN QOZIQLI BARABANLARI ORASIDAGI TIRQISHNI UNING TOZALASH SAMARASIGA TA'SIRINI O'RGANISH NATIJALARI

E.B. Kurbanbayev¹, F.B. Boltayev¹, Q.O. Toshmirzayev²

¹Tolali ekinlar ilmiy tadqiqot instituti

²Farg'ona davlat texnika universiteti

e-mail: elyor.qurbanbayev@mail.ru, e-mail: 4474667@gmail.com

ORCID: 0009-0008-3387-056X

e-mail: qodirjontoshmirzayev@gmail.com

(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya. Maqolada paxtani yirik iflosliklardan tozalash samarasini oshirish maqsadida paxtani dastlabki ishlash uchun o'zimizda va chet-el korxonalarida ishlatiladigan paxta tozalash mashinalarini analitik taxlillari asosida ishlab chiqilgan yangi titib ta'minlagichni uzun qoziqlari orasidagi gorizontali va vertikal tekislikda olingan tirqishlarini uning paxtani mayda iflosliklardan tozalash samarasiga ta'sirini o'rganish natijalari keltirilgan.

Tayanch so'zlar: titib ta'minlagich; baraban; ifloslik; tekislik; tirqish; tozalash; samara.

Аннотация. В статье представлены результаты исследования влияния щелей, полученных в горизонтальной и вертикальной плоскостях между длинными колками нового рыхлительно-питающего устройства, разработанного на основе аналитического анализа хлопкоочистительных машин, применяемых на отечественных и зарубежных предприятиях для первичной переработки хлопка. Исследование направлено на повышение эффективности очистки хлопка от крупных и мелких примесей, а также на изучение влияния конструкции устройства на эффективность удаления мелких загрязнений из хлопка.

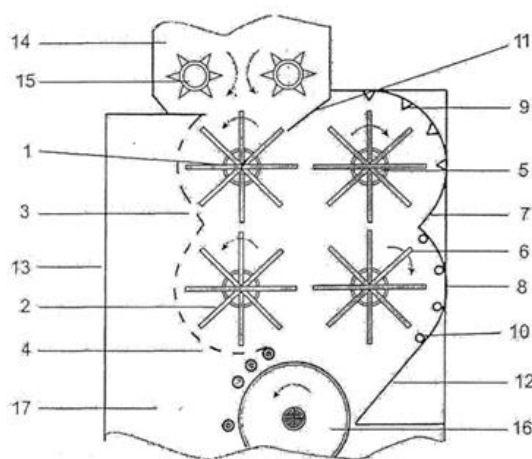
Ключевые слова: рыхлительно-питающее устройство; барабан; примесь; плоскость; щель; очистка; эффективность.

Abstract. The article presents the results of a study on the effect of slots formed in the horizontal and vertical planes between the long pins of a new loosening feeder developed on the basis of an analytical analysis of cotton-cleaning machines used at domestic and foreign enterprises for primary cotton processing. The research aims to improve the efficiency of cleaning cotton from large and small impurities and to investigate the influence of these slots on the effectiveness of removing fine impurities from cotton.

Keywords: loosening feeder; drum; impurity; plane; slot; cleaning; efficiency.

Nazariy qism

Paxtani yirik iflosliklardan tozalash samarasini oshirish maqsadida paxtani dastlabki ishlash uchun uzimizda va chet-el korxonalarida ishlatiladigan paxta tozalash mashinalarini analitik taxlillar asosida o'rgangan xolda yangi titib-ta'minlagich sxemasi ishlab chiqildi va uning eksperimental tajriba nusxasi tayyorlandi (1-rasm) [1, 2] .



1-rasm. Paxta tozalash agregati uchun yangi titib-ta'minlagichni sxemasi (chapda), tayyorlangan tajriba varianti (o'ngda).

Ta'minlagichning paxtani titish maqsadida ishlashi quyidagicha amalga oshiriladi: paxta xom-ashyosi shaxta 14 dan ta'minlovchi valiklar 15 yordamida chap qatordagi yuqorigi titish barabani 1 ta'sirida uzatiladi, u soat strelkasi bo'ylab aylanib, uni to'rtli yuza 3 bo'ylab o'tib uning ostida joylashgan titish barabani 2 ga yo'naltiradi, u ham soat strelkasi bo'ylab aylanib, chigitli paxtani to'rtli yuza 4 bo'ylab yo'naltiriladi, so'ngra uni soat strelkasi bo'ylab aylanadigan o'ng qatordagi pastki titish barabani 6 ta'siriga yo'naltiradi. To'rtli yuzalar 3 va 4 orqali ajratilgan iflos aralashmalar titib-ta'minlagich-tagida joylashgan tozalagich 17 ga tushadi, u yerda aralashadi va chiqindilar bilan birga tozalagichdan tashqariga chiqariladi.

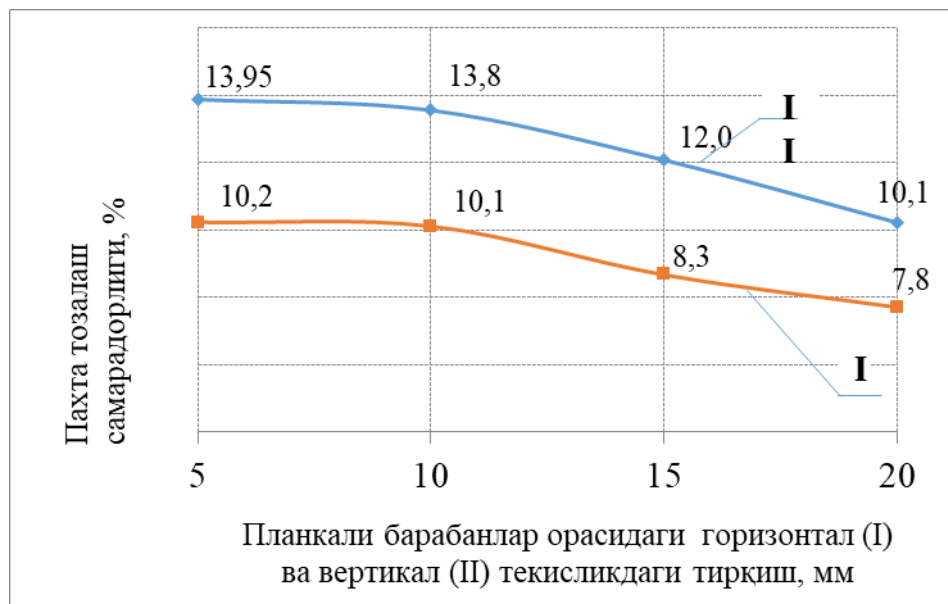
O'ng qatorning pastki yumshatish barabani 6 paxta xomashyosini yuqoriga uzatadi, shundan so'ng u ikkala qatorning yuqori barabanlari 1 va 5 ta'siriga tushadi, ular paxta bo'laklari va paxta bo'laklarini bir-biriga va yuqoriga yo'naltirgich 11 ga qaytaradi, shundan so'ng paxta xomashyosi o'ng qator barabanlari 5 va 6 bilan ularni o'rab turgan to'siqlar 7 va 8 bo'ylab ularning ichki yuzalariga burchaklar 9 va chiviqlar 10 mahkamlangan holda chiqish teshigiga tashiladi, undan paxta xomashyosi yo'naltirgich 12 bo'ylab tozalagich 17 ning arrachalibarabani 16 ga uzatiladi. 1-rasmdagi sxemadagi 4-ta qoziqli barabanlarni diametrlari o'zgarmas bir xil diametrdagi (400 mm) tayyorlangan, tajribalar davomida ularni aylanish tezliklari xam o'zgarmas (450 ayl/daq.) qabul qilingan. Tajribalarda paxta xom ashyosini faqat 4 dona uzun qoziqli barabandan o'tkazish natijasida tozalash samaradorligi aniqlangan. Bunda amaldagi metodik qo'llanmalarga asosan paxtani tarkibidagi mayda iflosliklar namunalar olish yo'li bilan tozalashdan avvalgi va keyingi iflosliklarni miqdori LKM laboratoriya uskunasi bilan foydalanib aniqlandi. [3]

Tajribalarni o'tkazishdan maqsad – uzun qoziqli barabanlarni orasidagi gorizontaal va vertikal tekislikdagi tirqishlarni uning paxtani mayda iflosliklardan tozalash samarasiga ta'sirini o'rganishdan iborat edi. Tajribalarni o'tkazish vaqtida S-6524 seleksion navli 2-sanoat navli paxta xom ashyosidan foydalanildi. Dastlabki paxtaning namligi 8,4 % ni iflosligi 6,2 % ni tashkil etdi. Titkich ta'minlagichning uzun qoziqli barabanlari orasidagi gorizontaal va vertikal tekislikdagi tirqishlarni 5 mm dan 20 mm gacha 5 mm interval bilan o'zgartirilib, to'rtta variantda tajribalar o'tkazildi.

Tajribalarni o'tkazish vaqtida titkich ta'minlagichning ish unumdorligi, separator-tozalagichning ish unumdorligiga mutanosib bo'lishi uchun 8 t/soat tanlab olindi. Tajribalar vaqtida titkich ta'minlagichning paxtani mayda iflosliklardan tozalash samaradorligi ko'rsatkichlari aniqlandi. Aloxida tajribalarda uzun qoziqli barabanlarni gorizontaal va vertikal tekislikdagi tirqishlari o'zgartirildi. Bunda o'rganilmaydigan tirqishlar tanlab olingan baza miqdor 10 mm ga o'rnatildi. Tajribalarni natijalari 2-rasmda grafiklar ko'rinishida keltirilgan. 2-rasmda keltirilgan grafiklardan ko'rinib turibdiki, titkich ta'minlagichni uzun qoziqli barabanlari orasidagi gorizontaal, xamda vertikal tekislikdagi tirqishlarni kattalashib borishi bilan titkich ta'minlagichning paxtani

mayda iflosliklardan tozalash samaradorligi kamayib borishi kuzatildi. Titkich ta'minlagichni uzun qoziqli barabanlari orasidagi gorizontal, xamda vertikal tekislikdagi tirqishlarni 5 mm dan 10mm gacha kattalashishida uning mayda iflosliklardan tozalash samaradorligi nisbatan kamroq qiymatlarda kamayishi 2-rasmdagi grafiklardan ko'rinib turibdi.

Masalan, titkich ta'minlagichni uzun qoziqli barabanlari orasidagi gorizontal, xamda vertikal tekislikdagi tirqishlarni 5 mm ga teng bo'lganida uning paxtani mayda iflosliklardan tozalash samaradorligi mos ravishda 13,95 % va 10,2 % ni tashkil etgan bo'lsa, tirqishlarni 10 mm gacha kattalashganida bu ko'rsatkichlar mos xolda 13,8 va 10,1% ni tashkil etdi.



2-rasm. Titkich ta'minlagichni uzun qoziqli barabanlari orasidagi gorizontal va vertikal tekislikdagi tirqishlarni paxtani mayda iflosliklardan tozalash samaradorligiga ta'siri.

Lekin, titkich ta'minlagichni uzun qoziqli barabanlari orasidagi gorizontal, xamda vertikal tekislikdagi tirqishlarni 10 mm dan kattalashishi bilan uning paxtani mayda iflosliklardan tozalash samaradorligi keskin kamayib ketishi aniqlandi. Masalan, titkich ta'minlagichni uzun qoziqli barabanlari orasidagi gorizontal, xamda vertikal tekislikdagi tirqishlarni 15 mm ga kattalashishi bilan titkich ta'minlagichning paxtani mayda iflosliklardan tozalash samaradorligi mos ravishda 12,0 va 8,3% ni, titkich ta'minlagichni uzun qoziqli barabanlari orasidagi gorizontal, xamda vertikal tekislikdagi tirqishlarni 20 mm ga kattalashishi bilan titkich ta'minlagichning paxtani mayda iflosliklardan tozalash samaradorligi mos ravishda 10,1 va 7,8 % gacha keskin kamayganligini 2-rasmdagi grafiklardan ko'rish mumkin. 2-rasmdagi grafiklarni taxlilidan yana shuni ta'kidlash mumkinki, titkich ta'minlagichni uzun qoziqli barabanlari orasidagi gorizontal tekislikdagi tirqishlardan ko'ra vertikal tekislikdagi tirqishlar paxtani mayda iflosliklardan tozalanishiga ko'proq ijobiy ta'sir etar ekan.

Demak titkich ta'minlagichni uzun qoziqli barabanlari orasidagi gorizontal, hamda vertikal tekislikdagi tirqishlarni miqdorlari uning paxtani mayda iflosliklardan tozalanishiga ta'sir etar ekan.

Titkich ta'minlagichni uzun qoziqli barabanlari orasidagi gorizontal, xamda vertikal tekislikdagi tirqishlarni eng kam 5 mm ga teng masofaga o'rnatilganida titkich ta'minlagichni yuqori ish unumdorligida paxtani tiqilish xolati yuz berishi kuzatildi. Shu sababli uning paxtani mayda iflosliklardan tozalash samarasini deyarli kamaymasligini e'tiborga olib, titkich ta'minlagichni uzun qoziqli barabanlari orasidagi gorizontal, xamda vertikal tekislikdagi tirqishlarni 10 mm ga teng o'rnatilgani maqsadga muvofiq bo'ladi deb xulosa qilindi. Bunda titkich ta'minlagichni paxtani tozalash agregati majmuasida qo'llanilishi paxta xom ashyosini mayda iflosliklardan tozalash samaradorligini 10-14 % gacha oshirilishini ta'minlashi kutilmoqda.

Adabiyotlar

- [1]. Patent na poleznuyu model № FAP 01399 «Pitatel-gyxlitel xlopka-syrsa» 2017g. 1-5 st.

- [2]. Paxtani titkich ta'minlagichini laboratoriya stendini tayyorlash va tajribalarni o'tkazish metodik uslublari, E.B.Qurbanbaev, Q.Jumaniyazov, R.Nazirov "Qishloq xo'jaligida ekologik barqarorlikni ta'minlash istiqbollari respublika miqyosidagi ilmiy-amaliy konferensiya" materiallar to'plami Navoiy: Aziz kitobxon nashriyot, 2025yil
- [3]. "Paxtani dastlabki ishlashning muvofiqlashtirilgan texnologiyasi" PDI 70- 2017 "Paxtasanoat ilmiy markazi" AJ tomonidan ishlab chiqilgan.

TABIIY IPAKDAN YUPQA GAZLAMA ISHLAB CHIQARISHDA TO'QUV IPLARINI TAYYORLASH

D.B. Yuldasheva

Farg'ona davlat texnika universiteti
dildorayuldasheva78@gmail.com
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Anatatsiya. Dunyo ipakchiligi sanoatida ipak ishlab chiqarish uchun resurs tejamkor texnologiyalar, texnika vositalarining yangi turlarini ishlab chiqish, Iplarni to'quvga tayyorlash jarayonida asosan tanda va arqoq iplarning ahamiyati va tabiiy ipakdan yupqa gazlama ishlab chiqarishda to'quv iplarini tayyorlash.

Tayanch so'zlar: gazlama, ipak, arqoq, tanda, gaz, pilla.

Аннотация. Разработка ресурсосберегающих технологий, новые виды технических средств производства шелка в мировой шелковой промышленности, значение нитей основы и утка в процессе подготовки нитей к ткачеству, а также подготовка ткацких нитей при производстве тонкой марли из натурального шелка.

Ключевые слова: ткань, шелк, уток, основа, газ, кокон.

Abstract. The development of resource-saving technologies, new types of technical means of silk production in the global silk industry, the importance of warp and weft threads in the process of preparing threads for weaving, as well as the preparation of weaving threads in the production of fine gauze from natural silk.

Keywords: fabric, silk, weft, warp, gas, cocoon.

Jahon bozorida qimmatbaho to'qimachilik xom-ashyosi xisoblangan tabiiy ipakka bo'lgan extiyoj yildan-yilga ortib bormoqda. Jaxon ipakchiligida sifatli pilla yetishtirish, yetishtirilgan pillalardan samarali foydalanish, xom ipak sifatini yaxshilash va ipakli mahsulotlar assortimentlarini kengaytirishga katta e'tibor berilmoqda. Tabiiy ipak dunyoning Xitoy, Hindiston, O'zbekiston, Braziliya, Yaponiya, Koreya, Tailand, Vyetnam, Eron singari ko'plab mamlakatlarida ishlab chiqariladi va qayta ishlanadi. Jaxon ipakchilik sanoatida tabiiy ipak ishlab chiqarish geografiyasi yildan yilga kengayib bormoqda, uning to'qimachilik balansida ulushining (0,2% - dan kam) juda kichik bo'lishiga qaramasdan uni ishlab chiqarish bilan dunyoning 60 ga yaqin mamlakati shug'ullanadi. Shuning uchun dunyo ipakchiligi sanoatida ipak ishlab chiqarish uchun resurs tejamkor texnologiyalar, texnika vositalarining yangi turlarini ishlab chiqishga yo'naltirilgan keng qamrovli ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Gaz, ekselsior singari yupqa gazlamalar ishlab chiqarish uchun mo'jallangan xom ipakning chiziqli zichligi bo'yicha notekisligi yuqori sifat ko'rsatkichlariga ega bo'lishi kerak. Ma'lumki xom ipak bir nechta pilla iplarini qo'shib chuvish orqali tayyorlanadi, demak xom ipakning notekisligi pilla iplarini notekisligiga, aniqrog'i pilla iplarini ingichkalab borish koeffitsiyentiga ko'p jixatdan bog'liq bo'ladi. Xorij urug'idan tayyorlangan pilla iplarining ingichkalab borish koeffitsiyenti 1,4-1,6ni, maxalliy urug'lardan tayyorlangan pillalarniki esa 3,2-3,5ni tashkil etadi. Shuning uchun yupqa gazlamalarni ishlab chiqarishga mo'jallangan xom ipakni iloji boricha xorij urug'idan tayyorlangan pillalardan olish maqsadga muvofiq bo'ladi. Bundan tashqari xorij pillalari iplarining 0,250-0,270 teks chiziqli zichlikka ega bo'ladi, maxalliy pilla iplarining chiziqli zichligi esa 0,350-0,420 teksni tashkil etmoqda. Bu esa xom ipakning uzuvchi kuchi va uzilishdagi cho'zilishi ko'rsatkichlariga katta ta'sir o'tkazadi. Ishlab chiqarilgan xom ipaklarni laboratoriya sinovlarini amalga oshirish uchun xom ipak partiyasidan amaldagi standart talablari asosida namunalar olinadi. Olingan xom ipaklardan laboratoriya sinovlarini amalga oshirish uchun xom ipak kalavadan ikki gardishli g'altaklarga ipakni qayta o'rash dastgoxida o'rab olinadi. Ishlab chiqarilgan xom ipak namunalarini ikki gardishli g'altaklarda amaldagi davlat standarti talablari asosida kompleks laboratoriya sinovlaridan

o'tkazish uchun dastlab maxsus iqlim sharoitida 24 soat davomida saqlanadi. Bunda amaldagi standart talablariga binoan xavoning nisbiy namligi 65 %ni xarorati esa 22°Sni tashkil etadi. Xom ipak namunalarini sinov tadqiqotlari xam xuddi shunday iqlim sharoitida o'tkaziladi. To'qimachilik amaliyotida iplarni to'qishga tayyorlash jarayonlari eng ma'sulyatli jarayonlardan xisoblanadi. Iplarni to'quvga tayyorlash jarayonida asosan tanda va arqoq iplari tayyorlab olinadi. Tabiiy ipakdan ipakli gazlamalar ishlab chiqarishda tanda iplari ko'p xolatlarda eshilmagan ipak iplaridan tayyorlanadi. Milliy assortimentdagi abrli gazlamalar uchun tanda iplari maxsus "davra" deb ataladigan tanda tayyorlash dastgoxlarida tayyorlab olinadi, boshqa ipakli gazlamalarni to'qish uchun esa tanda iplari maxsus tandalash dastgoxlarida tayyorlanadi. Arqoq iplari esa asosan eshilgan ipak iplaridan "Xakoba", UA-300-3MSHL singari arqoq o'rash avtomatlarida tayyorlab olinadi. Tanda iplarini to'quv dastgoxining jixozlaridan o'tkazish to'qilayotgan gazlama assortimentiga qayta taxtlashda, yangi gazlama assortimentini to'qishda yoki jixozlarni almashtirishda qo'llaniladi. Tanda iplarini to'quv dastgoxining jixozlaridan o'tkazib tandalarni to'quv dastgoxiga taxtlashda maxsus taxtlash dastgoxlaridan (misol uchun PSM 175 rusumli taxtlash dastgoxi) foydalaniladi.

Quyidagi jadvalda ip o'tkazish dastgoxining ba'zi bir texnologik ko'rsatkichlari keltirilgan.

T/r	Ko'rsatkichlarning nomlanish	O'lchov birligi	Sonli ko'rsatgich
1	Ip o'tkazish dastgoxining rusumi	-	PCM-175
2	Dastgoxning ishchi kengligi	Sm	175
3	Remizlar joylashish sig'imi	dona	12gacha
4	Lamel reykalari soni	dona	6gacha
5	Ip o'tkazish tezligi	ip/daq.	28
6	Tig' raqamlari oralig'i	-	25-180

Eshilgan bir qavatli xom ipak iplaridan yangi assortimentdagi ipakli gazlamalar to'qish uchun tanda iplardan tashqari to'qimachilik naychalariga o'rash yo'li bilan arqoq iplari xam tayyorlab olinadi. Arqoq iplarini o'rash uchun xizmat qiladigan naychalar asosan yog'ochdan yoki xozirgi kunda plastmassadan ko'p xollarda 172, 185, 210 mm uzunlikda tayyorlanadi. Mexanik to'quv dastgoxlarda ishlatiladigan naychalarni ichini g'ovak qilib tayyorlashadi, chunki bu naychalar to'quv dastgoxi mukkisi tilchasiga kiydirilib qo'yiladi. Arqoq naychasiga arqoq iplari silindrsimon o'ram shaklida o'raladi, lekin naychadan ip chiqishini yengillashtirish maqsadida o'ramni ikki uchi kesik konus shaklida o'raladi. Arqoq naychalari silliq, mustaxkam bo'lishi kerak, shu maqsatda naychalar bug' va namlikka chidamli bo'lgan lak bilan laklangan bo'lishi kerak. Naychalarga ipni kesik konus shaklida o'rash vaqtida o'ramning konuslik burchagi tabiiy kompleks ipak iplari uchun 8°dan ortiq bo'lmasligi kerak. Arqoq naychalariga arqoq iplari arqoq o'rash avtomatlarida o'raladi. Jadvalda keltirilgan ko'rsatkichlarning taxlilidan shuni ko'rish mumkinki o'tkazish dastgoxlarida yangi tanda iplari o'tkaziladi. Yuqorida keltirilgan xolatlardan boshqa xollarda (85-90 %) yangi tanda iplari uchlarida dastgoxda oldindan ishlatilgan va tugagan tanda iplari uchlariga bog'lanadi. Tanda iplarini bog'lash UP tizimidagi ko'chma, US tizimidagi statsionar yoki UPS tizimidagi universal bog'lash dastgoxlarida amalga oshiriladi.

To'quv g'altagidagi tanda iplari to'quv dastgoxiga ulash uchun yuboriladi. Agar tandaning faqtgina 10 %igina yangitdan taxtlanayotgan bo'lsa tanda iplari to'quv dastgoxiga qo'lda ip o'tkazish usulida joylanadi, ya'ni zapravka qilinadi, qolgan 90 % iplar esa oldindan shu gazlama ishlayotgan dastgoxlarga tanda iplarini ulash dastgoxlari yordamida ulab chiqiladi. Eshilgan bir qavatli xom ipak iplaridan yangi assortimentdagi ipakli gazlamalar to'qish uchun tanda iplardan tashqari to'qimachilik naychalariga o'rash yo'li bilan arqoq iplari xam tayyorlab olinadi. Arqoq iplarini o'rash uchun xizmat qiladigan naychalar asosan yog'ochdan yoki xozirgi kunda plastmassadan ko'p xollarda 172, 185, 210 mm uzunlikda tayyorlanadi. Mexanik to'quv dastgoxlarda ishlatiladigan naychalarni ichini g'ovak qilib tayyorlashadi, chunki bu naychalar to'quv dastgoxi mukkisi tilchasiga (shprynkaga) kiydirilib qo'yiladi. Arqoq naychasiga arqoq iplari silindrsimon o'ram shaklida o'raladi, lekin naychadan ip chiqishini yengillashtirish maqsadida o'ramni ikki uchi kesik konus shaklida o'raladi. Arqoq naychalari silliq, mustaxkam bo'lishi kerak, shu maqsatda naychalar bug' va namlikka chidamli bo'lgan lak bilan laklangan bo'lishi kerak. Naychalarga ipni kesik konus shaklida o'rash vaqtida o'ramning konuslik

burchagi tabiiy kompleks ipak iplari uchun 8°dan ortiq bo'lmashligi kerak. Arqoq naychalariga arqoq iplari arqoq o'rash avtomatlarida o'raladi.

Adabiyotlar

- [1]. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022 yil 28 yanvardagi "2022-2026 yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonning taraqqiyot strategiyasi to'g'risida" gi PF-60-sonli Farmoni.
- [2]. Oripov J.I. – Tabiiy ipakdan iplarni to'qishga tayyorlash texnolo-giyasini takomillashtirish//Diss.....t.f.f.d., Namangan, NamMTI, 2022, 120 s.
- [3]. Xomidov V.O. – Tabiiy ipak iplarini tandalash jarayoning tadqiq qilish va takomillashtirish//Diss.....t.f.f.d., Namangan, NamMTI, 2021, 111 s.
- [4]. Turdiyev M. – Ipak to'qimalari ishlab chiqarishda tanda iplarini to'qishga tayyorlash texnologiyasini takomillashtirish//Taqqidnoma.....t.f.f.d., Namangan, NamMTI, 2023, 45 s.
- [5]. Patent UZ № IAP 06419 – Tabiiy ipak tanda iplarini to'quvchilikka tayyorlash usuli/G'.N.Valiyev, J.I.Oripov, M.Mirzaxonov, O.A.Axunbabayev, M.Turdiyev//

EFFECT OF HYDRAULIC RESISTANCE OF A WET GAS SCRUBBER ON THE CLEANING EFFICIENCY

A.M. Sulaymanov

Fergana State Technical University,
abduraxmon.sulaymanov@fstu.uz

(Received on March 10 th, 2026)

Annotation. In the article, the effect of hydraulic resistance on the cleaning efficiency of a scrubber with a spherical plate that cleans dusty gases by wet method is studied. In conducting experiments, using superphosphate fertilizer dust as a sample dust, the effect of hydraulic resistance on the cleaning efficiency of the device was studied in different parameters of the variable factor. It was determined that the cleaning efficiency of the scrubber is 59.9% at minimum hydraulic resistance and fluid consumption, and 99.92% at maximum hydraulic resistance and fluid consumption.

Keywords: scrubber, sample dust, median size, superphosphate dust, abrasive plate, degree of cleaning, hydraulic resistance.

On the basis of many scientific researches conducted on the constructions of dust gas cleaning and neutralization devices in the wet method, the study of their achievements and shortcomings, as well as the systematic analysis in the MatLab program [1,2,3,4], an improved structural scheme of the spherical plate scrubber was developed and the laboratory device was created (Fig. 1) [5].

Depending on the change of various parameters in the device, the coefficient of resistance of the working bodies, hydraulic resistance and energy consumption were determined theoretically and experimentally. The obtained results were compared and error coefficients were determined by processing in EXM.



Figure 1. Overview of the laboratory model.

Introduction

The purpose of this research work was to study the effect of the parameters defined above on the cleaning efficiency of the device.

Research results

The cleaning efficiency of dust gas cleaning devices in the wet method is determined by the energy used to carry out the process. It is known from the research work of KTSemrau [2,5] that the cleaning efficiency depends on the hydraulic resistance of the device and does not depend on the

size and construction of the device. In this case, the total energy consumption should be spent on the cleaning of dusty gases with the help of liquid [5].

The energy consumption of the rotary disk scrubber also includes the energy spent on the dust gas inlet and outlet of the device, the nozzles, the cleaning of the dust gas using the liquid, and the friction in the pumps and fans. This method of calculation gives an error of $\pm 10\%$ when applied to wet scrubbers of different constructions and operating principles. In that case, the relationship between cleaning efficiency and energy consumption in the scrubber with a spherical plate can be expressed as follows, $\%[3,6,7,8,11]$;

$$\eta_{CKP} = 1 - e^{BK_{CKP}^x} \quad (1)$$

where K_{CKP} is the amount of energy used to clean 1000 m^3 of gas in the scrubber, W ; B and x are constant numbers, which are determined experimentally based on the dispersed composition of dust [2,10,11,12]. It was determined in the experiments that the median size of superphosphate dust is $9.7 \text{ }\mu\text{m}$, $B=0.00009$ and $x=118$ in the object we are investigating.

To determine the exact value of the cleaning efficiency, η_{CKP} is expressed by the number of substance transfer. The number of substance transfers is determined according to the following equation [5,9]:

$$N_m = \ln\left(\frac{1}{1 - \eta_{CKP}}\right) \quad (2)$$

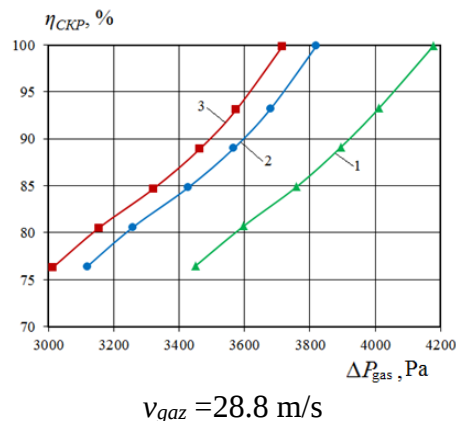
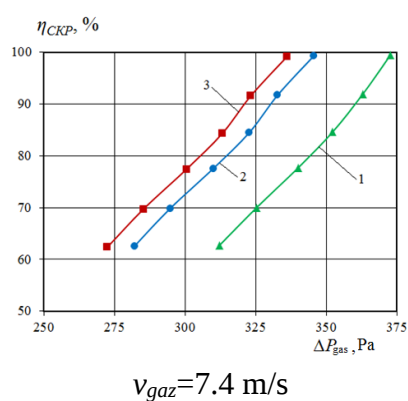
When the numerical value obtained in the equation is in the range of $0.5 \div 10$ the determined value is compared according to Table 1 and the cleaning efficiency of the device is determined.

1- table

Determining the efficiency of cleaning depending on the number of substance transfers

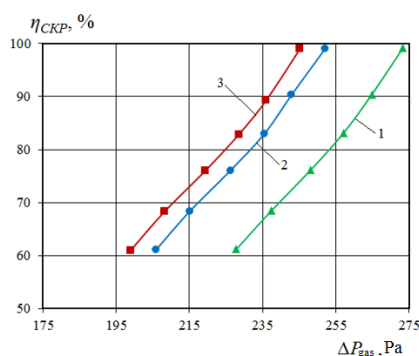
Number of transfers N_m	Cleaning efficiency η_{CKP}	Number of transfers N_m	Cleaning efficiency η_{CKP}
0.5	39.35	4.0	98.17
1.0	63.21	6.0	99.752
2.0	86.47	10.0	99.9953

Using the results of the experiment to determine the hydraulic resistance and energy consumption of the scrubber, the cleaning efficiency of the device was calculated based on the above equations (1), (2) and Table 1, and comparison graphs were constructed (Figures 2, 3 and 4. The multifactoriality of the conducted experiments should be taken into account Graphical correlations on extraction efficiency built for lower and higher loads.

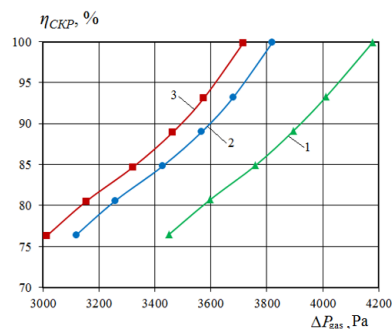


1- $d_f=2 \text{ mm}$; 2- $d_f=3 \text{ mm}$; 3- $d_f=4 \text{ mm}$;

Figure 2. Hydraulic resistance (ΔP_{gas}) of cleaning efficiency (η_{CKP}) dependence graph. (The angle of installation of the spherical plate to the device $\beta=15$ degrees const)



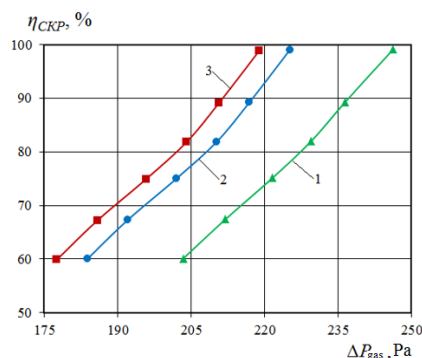
$v_{gas} = 7.4 \text{ m/s}$



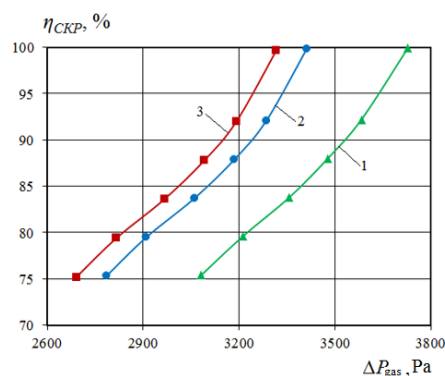
$v_{gas} = 28.8 \text{ m/s}$

1- $d_f=2 \text{ mm}$; 2- $d_f=3 \text{ mm}$; 3- $d_f=4 \text{ mm}$;

Figure 3. Hydraulic resistance (ΔP_{gas}) of cleaning efficiency (η_{CKP}) dependence graph. (The angle of installation of the spherical plate to the device $\beta = 30$ degrees const)



$v_{gas} = 7.4 \text{ m/s}$



$v_{gas} = 28.8 \text{ m/s}$

1- $d_f=2 \text{ mm}$; 2- $d_f=3 \text{ mm}$; 3- $d_f=4 \text{ mm}$;

Figure 4. Hydraulic resistance (ΔP_{gas}) of cleaning efficiency (η_{CKP}) dependence graph. (The angle of installation of the spherical plate to the device $\beta = 45$ degrees const)

2, 3 and 4 graphical dependences using the method of least squares empirical formulas were obtained.

When gas speed $v_{gas} = 7.4 \text{ m/s}$ and angle $\beta = 15$ degrees const;

$$y = 6.0504e^{0.0075x} \quad R^2 = 0.9993 \quad (3)$$

$$y = 8.1953e^{0.0072x} \quad R^2 = 0.9981 \quad (4)$$

$$y = 8.7255e^{0.0073x} \quad R^2 = 0.9981 \quad (1)$$

When gas speed $v_{gas} = 7.4 \text{ m/s}$ and angle $\beta = 30$ degrees const;

$$y = 5.6747e^{0.0105x} \quad R^2 = 0.9993 \quad (5)$$

$$y = 7.3781e^{0.0103x} \quad R^2 = 0.9987 \quad (6)$$

$$y = 8.0349e^{0.0102x} \quad R^2 = 0.9985 \quad (7)$$

When gas speed $v_{gas} = 7.4 \text{ m/s}$ and angle $\beta = 45$ degrees const;

$$y = 5.696e^{0.0116x} \quad R^2 = 0.9991 \quad (8)$$

$$y = 6.801e^{0.0119x} \quad R^2 = 0.9985 \quad (9)$$

$$y = 7.288e^{0.0119x} \quad R^2 = 0.9985 \quad (10)$$

When gas speed $v_{gas} = 28.8 \text{ m/s}$ and angle $\beta = 15$ degrees const;

$$y = 22.348e^{0.0003x} \quad R^2 = 0.9949 \quad (11)$$

$$y = 26.063e^{0.0003x} \quad R^2 = 0.9975 \quad (12)$$

$$y = 26.826e^{0.0003x} \quad R^2 = 0.9972 \quad (13)$$

When gas speed $v_{gas} = 28.8 \text{ m/s}$ and angle $\beta = 30$ degrees const;

$$y = 21.822e^{0.0004x} \quad R^2 = 0.9975 \quad (14)$$

$$y = 23.953e^{0.0004x} \quad R^2 = 0.9926 \quad (15)$$

$$y = 24.841e^{0.0004x} \quad R^2 = 0.9926 \quad (16)$$

When gas velocity $v_{gas} = 28.8 \text{ m/s}$ and angle $\beta = 45$ degrees const;

$$y = 20.242e^{0.0004x} \quad R^2 = 0.9934 \quad (17)$$

$$y = 22.506e^{0.0004x} \quad R^2 = 0.9873 \quad (18)$$

$$y = 23.374e^{0.0004x} \quad R^2 = 0.9873 \quad (19)$$

From the graphical relationships presented in Figures 2, 3 and 4, it can be seen that the scrubber has a cleaning rate of more than 99% at low hydraulic resistance and high liquid consumption. But it has a negative impact on the performance of the device. On the other hand, even with high hydraulic resistance, the cleaning efficiency is high, which, in turn, leads to the accumulation of dusty gas in the technological line and, as a result, process disruption.

Conclusion

It can be seen from the correlations that the cleaning efficiency in the minimum hydraulic resistance and liquid consumption of the scrubber was 59.9%, while the maximum hydraulic resistance and liquid consumption was 99.92%. In conclusion, it can be said that a high level of purification can be achieved with low energy consumption in the device. It is recommended to take into account the median size of dust emitted from industrial enterprises.

References

- [1]. Isomidinov A.S., Karimov I.T., Tojiev R.J. Searching the losing of hydraulic pressure in rotor-filter gas cleaner apparatus // Scientific-technical journal. – 2021. – Т. 3. – № 1. – С. 69–72.
- [2]. Исомидинов А.С. Разработка эффективных методов и устройств очистки пылевых газов химической промышленности: Дисс. ... PhD. – Ташкент, 2020. – 118 с.
- [3]. Исомидинов А. С. Исследование гидравлического сопротивления роторно-фильтрующего аппарата //Universum: технические науки. – 2019. – №. 10-1 (67).
- [4]. Isomiddinov A. et al. Application of rotor-filter dusty gas cleaner in industry and identifying its efficiency //Austrian Journal of Technical and Natural Sciences. – 2019. – №. 9-10.
- [5]. Вальдберг А.Ю., Николайкина Н.Е. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. – М. : Дрофа, 2008. –239 с.
- [6]. Латипов К.Ш. Гидравлика, гидромашиналар ва гидроюритмалар. – Тошкент: Ўқитувчи, 1992. –405 б.
- [7]. Эргашев Н. А. Исследование гидравлического сопротивления пылеулавливающего устройства мокрым способом //Universum: технические науки. – 2020. – №. 4-2 (73). – С. 59-62.
- [8]. Ахроров А. А. У., Исомидинов А. С., Тожиев Р. Ж. Гидродинамика поверхностно-контактного элемента ротор-фильтрующего пылеуловителя //Universum: технические науки. – 2020. – №. 8-3 (77).
- [9]. Сугак. Е.В. Очистка газовых выбросов в аппаратах с интенсивными гидродинамическими режимами Е.В.Сугак., Н.А.Войнов, Н.А.Николаев – Казань: Риц и «Школа», 1999-224 с.
- [10]. Nasimbek Ahmadzhonovich Ergashev, Abdurasul Abdumazhidovich Davronbekov, Ismoiljon Latifjon Coals Khalilov, & Abduraxmon Maxamadovich Sulaymonov (2021). Hydraulic resistance of dust collector with direct-vortex contact elements. Scientific progress, 2 (8), 88-99.
- [11]. Tojiev, R. J., & Sulaymonov, A. M. (2021). Comparative analysis of devices for wet cleaning of industrial gases. Scientific progress, 2(8), 100-108.
- [12]. Sulaymanov Abdurakhmon (2022). E E SCRUBBER. Universum: технические науки, (11-7 (104)), 5-9.
- [13]. Tojiyev Rasuljon Jumabayevich, & Sulaymonov Abdurahmon Maxamadovich (2022). Hydrodynamics of a scrubber for wet cleaning of powder gas generations. Механика и технология, 2 (7), 120-127.

UDK: 66.045.5

HAVOLI SOVITISH QURILMALARINING KLASSIFIKATSIYASI VA QIYOSIY TAHLILI

J.A. Mo‘minov^{1*}, A.M. Xurmamatov²

¹Toshkent davlat texnika universiteti

²Olmaliq davlat texnika instituti

*Mas’ul muallif, e-mail: Jaloliddinmuminov3110@gmail.com
(Qabul qilindi 10.03.2026 y.)

Annotatsiya. Ushbu maqolada havoli sovitish qurilmalarining konstruktiv va texnologik xususiyatlari tahlil qilingan. Qurilmalar turli klassifikatsiya mezonlari asosida tizimlashtirilib, ularning issiqlik almashinuvi samaradorligiga ta’sir etuvchi asosiy omillar aniqlangan. Tadqiqot natijasida turli qurilmalar o’rtasida qiyosiy baholash amalga oshirilib, optimal ishlash sharoitlari belgilangan.

Tayanch soʻzlar: *havoli sovitish qurilmasi, issiqlik almashinuvi, qovurgʻali quvurlar, issiqlik berish koeffitsienti, samaradorlik.*

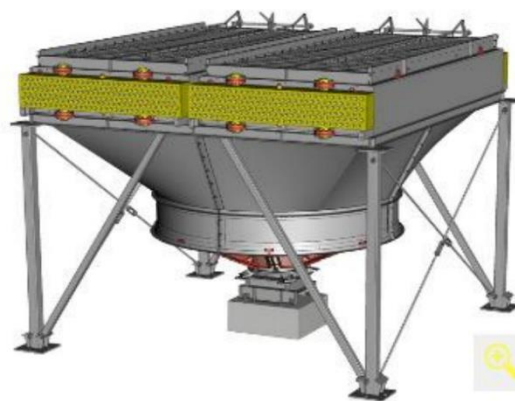
Аннотация. В данной статье проанализированы конструктивные и технологические особенности воздушных охладителей. Оборудование систематизировано по различным классификационным признакам, а также определены основные факторы, влияющие на эффективность теплообмена. В результате исследования проведена сравнительная оценка различных типов устройств и определены оптимальные условия их эксплуатации.

Ключевые слова: *воздушный охладитель, теплообмен, оребренные трубы, коэффициент теплоотдачи, эффективность.*

Abstract. This article analyzes the structural and technological features of air-cooled heat exchangers. The equipment is systematized based on various classification criteria, and the main factors affecting heat transfer efficiency are identified. As a result of the study, a comparative evaluation of different types of devices is carried out and optimal operating conditions are determined.

Keywords: *air-cooled heat exchanger, heat transfer, finned tubes, heat transfer coefficient, efficiency.*

Sanoat korxonalarida issiqlik almashinuvi jarayonlari texnologik siklning ajralmas qismi hisoblanadi. Ayniqsa, neft-gaz, kimyo va energetika sanoatlarida yuqori haroratli ishchi muhitlarni sovitish, kondensatsiyalash va qayta ishlash jarayonlarida samarali sovitish tizimlarini qoʻllash muhim ahamiyat kasb etadi. Anʼanaviy sovitish tizimlari, asosan, suvdan foydalanishga asoslangan boʻlib, ular katta hajmdagi suv resurslarini talab qiladi. Biroq, bugungi kunda global miqyosda suv resurslarining cheklanishi va ekologik talablarning kuchayishi havoli sovitish qurilmalariga boʻlgan ehtiyojni keskin oshirmoqda.



1-rasm. Havoli sovitish qurilmasining umumiy koʻrinishi.

Havoli sovitish qurilmalari issiqlikni atmosfera havosi yordamida olib chiqishga asoslangan boʻlib, ularning ishlash prinsipi konvektiv issiqlik almashinuvi jarayoniga tayangan. Bu qurilmalarda issiq ishchi muhit quvurlar ichidan oqib oʻtadi, tashqi tomondan esa havo oqimi orqali sovitiladi. Jarayon samaradorligi koʻp jihatdan havo tezligi, issiqlik almashinuvi yuzasi va qurilmaning konstruktiv yechimlariga bogʻliq boʻladi (1-rasm).

Zamonaviy muhandislikda havoli sovitish qurilmalarini turli belgilar asosida klassifikatsiya qilish ilmiy va amaliy jihatdan muhim vazifa hisoblanadi. Chunki toʻgʻri tanlangan qurilma nafaqat energiya samaradorligini oshiradi, balki ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytiradi va tizimning ishonchliligini taʼminlaydi. Shu sababli, ushbu maqolada havoli sovitish qurilmalarining klassifikatsiyasi tizimli ravishda koʻrib chiqilib, ularning oʻzaro qiyosiy tahlili amalga oshiriladi.

Ushbu tadqiqot analitik va taqqoslash usullariga asoslanadi. Turli tipdagi havoli sovitish qurilmalarining ishlash prinsiplari, issiqlik almashinuvi intensivligi hamda energiya sarfi oʻzaro solishtirildi. Tahlil davomida issiqlik berish koeffitsienti, havo tezligi, yuzaning rivojlanganlik darajasi va konstruktiv murakkablik kabi omillar asosiy mezon sifatida qabul qilindi.

Havoli sovitish qurilmalarini klassifikatsiya qilishda asosiy eʼtibor issiqlik almashinuvi jarayonining tashkil etilishiga qaratiladi. Eng muhim omillardan biri bu havo oqimining harakat usulidir. Tabiiy tortishli qurilmalarda havo harakati zichlik farqi natijasida yuzaga keladi, bu esa energiya sarqovurgʻai kamaytiradi, biroq issiqlik almashinuvi intensivligini cheklaydi.

Majburiy tortishli qurilmalarda esa ventilyator yordamida havo oqimi sun'iy ravishda tezlashtiriladi. Bu esa issiqlik uzatish koeffitsientining sezilarli darajada oshishiga olib keladi. Induktsion tizimlarda esa havo oqimi yuqori samaradorlik bilan boshqariladi va issiqlik almashinuvi jarayoni barqaror holatda kechadi.

1-jadval

Havoli sovitish qurilmalarining umumiy klassifikatsiyasi

Klassifikatsiya belgisi	Qurilma turlari	Tavsifi
Havo harakati bo'yicha	Tabiiy tortishli	Havo zichlik farqi hisobiga harakatlanadi
	Majburiy tortishli	Ventilyator yordamida havo uzatiladi
	Induktsion tortishli	Havo yuqoridan tortib chiqariladi
Konstruktiv tuzilishi bo'yicha	Gorizontal	Oddiy joylashuv, xizmat ko'rsatish qulay
	Vertikal	Kam joy egallaydi
	A-shaklli	Katta yuzaga ega, yuqori samarador
Issiqlik almashinuvi yuzasi bo'yicha	Silliqli quvurlar	Oddiy, lekin samaradorlik past
	Qovurg'ali quvurlar	Yuzasi kengaytirilgan, yuqori samarador

Konstruktiv jihatdan qaralganda, A-shaklli qurilmalar issiqlik almashinuvi yuzasini maksimal darajada oshirish imkonini beradi. Bu esa ayniqsa katta quvvatli sanoat qurilmalarida muhim ahamiyat kasb etadi.

1-jadvalda keltirilgan klassifikatsiya havoli sovitish qurilmalarini tizimli ravishda tushunishga imkon beradi. Havo harakati bo'yicha ajratish eng muhim mezonlardan biri hisoblanadi, chunki aynan havo oqimining intensivligi issiqlik almashinuvi tezligini belgilaydi. Masalan, tabiiy tortishli qurilmalarda energiya sarfi deyarli nolga teng bo'lsa-da, issiqlik uzatish intensivligi past bo'ladi.

Majburiy tortishli tizimlarda ventilyator yordamida havo tezligi oshiriladi va natijada issiqlik berish koeffitsienti ortadi. Induktsion tizimlar esa aerodinamik jihatdan mukammal bo'lib, issiqlik almashinuvi jarayonini yanada barqaror qiladi.

Konstruktiv shakl ham katta ahamiyatga ega. Ayniqsa, A-shaklli qurilmalar sanoatda keng qo'llanilib, ular issiqlik almashinuvi yuzasini maksimal darajada oshirish imkonini beradi.

Quvurlar yuzasining rivojlanganligi issiqlik uzatishda asosiy omillardan biridir. Qovurg'ali (qirrali) quvurlar qo'llanilganda, issiqlik almashinuvi yuzasi bir necha barobar ortadi. Natijada, bir xil hajmdagi qurilmada ko'proq issiqlik uzatiladi.

Quyidagi jadvalda turli konstruksiyalarning qiyosiy ko'rsatkichlari keltirilgan:

2-jadval

Havoli sovitish qurilmalarining qiyosiy tahlili

Qurilma turi	Issiqlik samaradorligi	Energiya sarfi	Ishonchlilik
Tabiiy sovitish	Past	Juda past	Yuqori
Majburiy sovitish	Yuqori	O'rta	Yuqori
Induktsion sovitish	Juda yuqori	O'rta	Juda yuqori

2-jadvalda turli havoli sovitish qurilmalarining samaradorligi, energiya sarfi va ishonchliligi o'zaro solishtirilgan.

Mazkur jadvaldan ko'rinib turibdiki, tabiiy tortishli qurilmalar konstruktiv jihatdan sodda va energiya sarfi juda past bo'lishiga qaramay, ularning issiqlik almashinuvi samaradorligi yetarli darajada yuqori emas. Shu sababli ular kichik quvvatli yoki yordamchi tizimlarda qo'llaniladi.

Majburiy tortishli qurilmalar esa sanoatda eng keng tarqalgan bo'lib, ular issiqlik almashinuvi intensivligini sezilarli darajada oshiradi. Biroq, ventilyator ishlashi sababli energiya sarfi mavjud.

Induktsion tortishli qurilmalar esa eng yuqori samaradorlik va ishonchlilikni ta'minlaydi. Ular, ayniqsa, neft-gaz va kimyo sanoatida katta quvvatli qurilmalarda qo'llaniladi. Shu bilan birga, ularning konstruksiyasi murakkabroq va boshlang'ich qiymati yuqoriroq bo'ladi.

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, havoli sovitish qurilmasining samaradorligi ko'plab omillarga bog'liq bo'lib, ularning ichida eng muhimlari havo oqimining tashkil etilishi va issiqlik almashinuvi yuzasining rivojlanganligidir. Ayniqsa, qovurg'ali quvurlar qo'llanilganda qurilmaning samaradorligi keskin oshadi.

Shu bilan birga, energiya sarfi va ekspluatatsiya xarajatlarini ham hisobga olish zarur. Yuqori samaradorlikka ega tizimlar ko'pincha ko'proq energiya talab qiladi, bu esa iqtisodiy tahlilni ham muhim qiladi.

Xulosa qilib aytganda, havoli sovitish qurilmalarini ilmiy asosda klassifikatsiya qilish ularning optimal turini tanlash imkonini beradi. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, sanoatda yuqori samaradorlikka erishish uchun qovurg'ali quvurlarga ega majburiy yoki induksion tortishli qurilmalar eng maqbul hisoblanadi.

Adabiyotlar

- [1]. Крюков Н.П. Аппараты воздушного охлаждения. М.: Химия, 1983. 168 б.
- [2]. Z. Salimov "Neft va gazni qayta ishlash jarayonlari va uskunalari" Toshkent-2010. 508 b
- [3]. Salimov Z. Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari. Tom. 1. – T.: «O'zbekiston», 1994. – 366b.
- [4]. Xurmamatov A. M., Mo'minov J. A. Benzin fraksiyasini havo yordamida sovitish jarayonining tadqiqot natijalari //Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences. – 2021. – T. 1. – №. 9. – С. 619-624.
- [5]. N.R. Yusupbekov, H.S. Nurmuhamedov, S.G. Zokirov. Kimyoviy texnologiya asosiy jarayon va qurilmalari. Toshkent-2015. 838b
- [6]. Salimov Z. Kimyoviy texnologiyaning asosiy jarayonlari va qurilmalari. Tom. 2. – T.: «O'zbekiston», 1995. – 237b.
- [7]. Кунтыш Б.В. Основные способы совершенствования аппаратов воздушного охлаждения / Б.В. Кунтыш, А.Н. Бессонный, А.А. Бриль // Химическое и нефтехимическое машиностроение. – 1997. – № 4. с. 41-44.
- [8]. Mo'minov J.A., Xurmamatov A.M. Neft maxsulotlarini havo yordamida sovitishda tashqi omillar ta'siri. Innovations in the oil and gas industry, modern power engineering and actual problem. Toshkent -2021. с 91-93.
- [9]. Скобло А.И., Молоканов Ю.К., Владимиров А.И., Шелкунов В.А. Процессы и аппараты нефтегазопереработки и нефтехимии. – М.: Недра, 2000. – 677 с.

MICROSTRUCTURE OF MOISTURE-RESISTANT AUTOCLAVED AERATED CONCRETE AND ITS EFFECT ON MOISTURE RESISTANCE

M.M. Ergashev, A.A. Vakhobov

Fergana State Technical Universities
vakhobovabobakir@gmail.com
(Received on March 10 th, 2026)

Abstract This article presents the results of a detailed study of the microstructure of moisture-resistant autoclaved aerated concrete (AAC) using Scanning Electron Microscopy (SEM). The research analyzes the porous structure of AAC, the effect of hydrophobic additives (silane-silicone based) on water absorption indicators, mechanical strength, thermal insulation properties, and resistance to freeze-thaw cycles. The results show that the addition of hydrophobic agents reduces water absorption by 65–72%, increases compressive strength by 18–22%, keeps thermal conductivity almost unchanged, and nearly doubles the resistance to freeze-thaw cycles. Microstructural analysis confirmed the formation of closed pores, the blocking of capillary water flow, and the stabilization of tobermorite crystals. These findings have significant practical importance for the production of moisture-resistant AAC in the construction materials industry, especially in high-humidity regions of Uzbekistan (Tashkent, Fergana Valley), and directly correspond to the dissertation topic "Structure and Technology of Moisture-Resistant Autoclaved Aerated Concrete".

Keywords: autoclaved aerated concrete, microstructure, moisture resistance, hydrophobic additives, water absorption, tobermorite.

Introduction: Autoclaved aerated concrete (AAC) is one of the most effective lightweight materials in the modern construction industry. Its density typically ranges from 400–800 kg/m³. Due

to its high thermal and sound insulation properties, fire resistance, and seismic load-bearing capacity, it is widely used in wall blocks, panels, and filling structures. In the Republic of Uzbekistan, AAC production has developed rapidly over the past 10–15 years, with several large enterprises operating successfully.

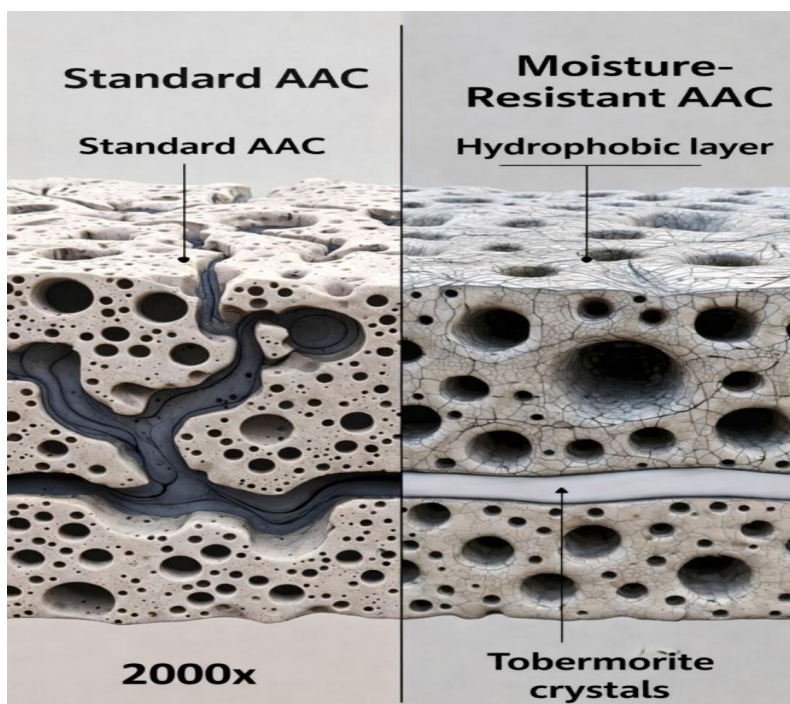
However, the high porosity of AAC (up to 70–85%) is its main drawback. Ordinary aerated concrete rapidly absorbs moisture, which reduces the mechanical strength of the material, causes cracking during freeze-thaw cycles, leads to tissue corrosion, and shortens the service life of buildings by 20–30%. This problem is particularly acute in Uzbekistan's continental climate (cold and humid winters, hot summers).

The effective way to solve the moisture resistance problem is the use of hydrophobic additives (silane, silicone emulsions, stearates). This study is aimed at a detailed investigation of the microstructure of AAC and identifying the mechanism for improving moisture resistance. The research results form the theoretical and experimental basis of the dissertation work and open opportunities for implementing new technologies on an industrial scale. Although similar approaches have been successfully applied in international practice (NIST reports, ASTM standards), optimization based on local raw materials (Ohangaron cement, Fergana quartz sand) and climatic conditions is necessary.

Materials and methods: The following raw materials were used in the study: Portland cement CEM I 42.5N (Ohangaron cement plant), quartz sand (fraction 0.1–0.5 mm), lime ($\text{CaO} \geq 85\%$), aluminum powder (0.05–0.1% by mass), and hydrophobic additive – silane-silicone emulsion (0.5–1.5%). The target density of the samples was $500 \pm 20 \text{ kg/m}^3$. Mixing speed was 300 rpm, gas generation temperature 40–45 °C, duration 2 hours. Autoclaving regime: temperature 190 °C, pressure 1.2 MPa, duration 8 hours.

The microstructure was studied using a Hitachi S-3400N SEM microscope at 500–5000× magnification. Samples were pre-coated with gold. Water absorption was determined according to ASTM C642 (24 and 48 hours immersion), compressive strength according to GOST 10180, and freeze-thaw resistance according to GOST 10060. For each test, 6–8 parallel samples were used. Statistical analysis was performed using Microsoft Excel and ANOVA method (95% confidence level).

Results: SEM images clearly showed that the porous structure of moisture-resistant AAC is more closed and uniform. The hydrophobic layer covers the pore walls with a thin film, closing open capillary channels and stabilizing the growth of tobermorite crystals.

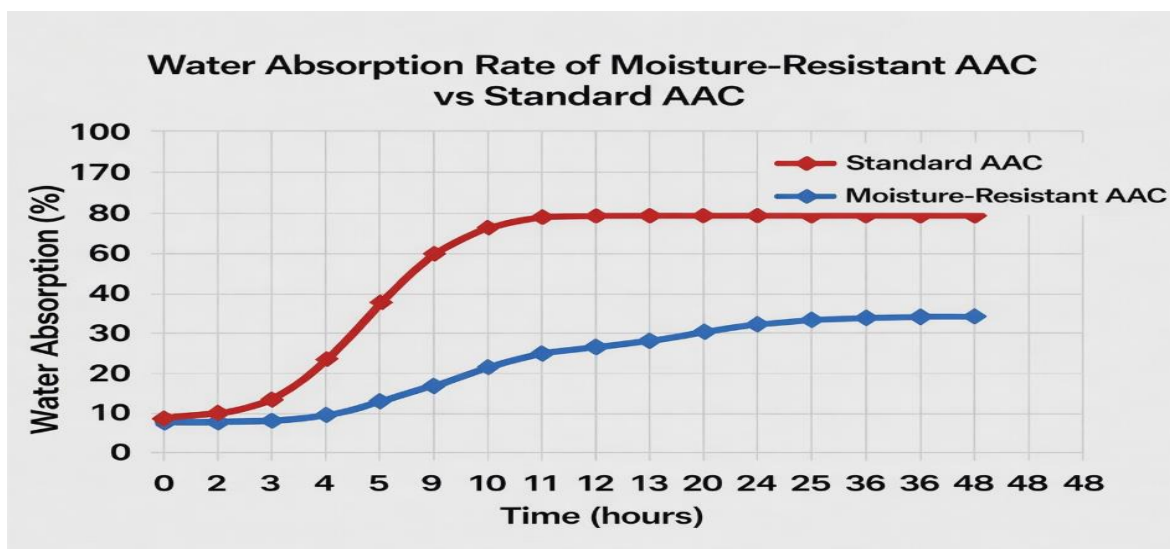


Picture 1. SEM microstructure of autoclaved aerated concrete (2000×).

Table 1.

Physical and mechanical properties of AAC (mean value $\pm$ standard deviation, n=6)

Sample type	Density, kg/m ³	Compressive strength, MPa	Water absorption, % (24 h)	Thermal conductivity, W/(m·K)	Freeze-thaw cycles (resistance)
Standard AAC	505 $\pm$ 8	3.8 $\pm$ 0.2	22.4 $\pm$ 1.1	0.12 $\pm$ 0.01	25 $\pm$ 3
Moisture-resistant AAC (1% silane)	498 $\pm$ 7	4.6 $\pm$ 0.3	7.2 $\pm$ 0.5	0.11 $\pm$ 0.01	48 $\pm$ 4



Picture 2. Water absorption dynamics of moisture-resistant and standard AAC (48-hour test).

Discussion: Hydrophobic additives cover the pore walls and block capillary water flow, thereby preventing moisture from penetrating the internal structure. As a result, strength is maintained, thermal insulation is improved, and resistance to freeze-thaw cycles increases significantly. The results are fully consistent with international studies (Mathey R.G., NIST, 1988; Alaei M. et al., 2025; Rafiza A.R. et al., 2022). In Uzbek conditions, such material can increase the durability of wall structures by 35–45% and contribute to energy savings. From a practical point of view, the technology allows saving raw materials and reducing production costs.

Conclusion: The microstructure of moisture-resistant AAC has closed porosity due to the hydrophobic layer, which significantly improves moisture resistance. The research results form the core of the dissertation and create a scientific and practical basis for industrial implementation. In the future, it is planned to test other types of hydrophobic agents (stearate-based) and conduct industrial-scale trials.

References

- [1]. Mathey R.G. A review of autoclaved aerated concrete products. NIST, 1988.
- [2]. Alaei M. et al. Investigating the characteristics of autoclaved aerated concrete. Construction and Building Materials, 2025.
- [3]. Rafiza A.R. et al. The Physical and Mechanical Properties of Autoclaved Aerated Concrete. Buildings, 2022.
- [4]. Construction Norms and Rules of the Republic of Uzbekistan 2.01.01-2020.
- [5]. Tojiyev I.Q. Technology of construction materials and products. Tashkent, 2023.

INCREASING MOISTURE RESISTANCE OF AUTOCLAVED AERATED CONCRETE THROUGH THE USE OF HYDROPHOBIC AGENTS IN PRODUCTION TECHNOLOGY

M.A. Mirzajanov, A.A.Vakhobov

Fergana State Technical Universities

vahobovabobakir@gmail.com

(Received on March 10 th, 2026)

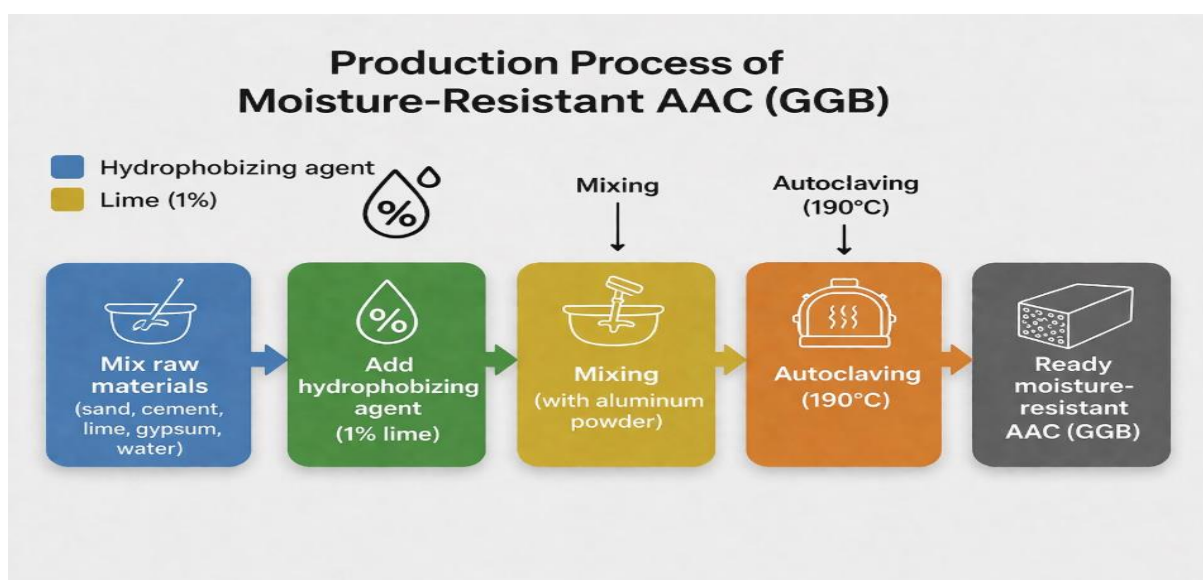
Abstract The article examines in detail the methods of increasing moisture resistance by optimizing the production technology of autoclaved aerated concrete (AAC). The effect of adding silane and stearate-based hydrophobic agents in various amounts (0.5–2%) was studied. The results show that at the optimal 1% hydrophobic additive, water absorption decreases by 60–65%, compressive strength increases by 20–25%, thermal conductivity remains unchanged, and overall service life is extended. The technological scheme, economic efficiency (cost reduction by 12–18%), and possibilities for implementation at Uzbek enterprises are calculated. This approach offers a new technological solution for the local construction industry in accordance with the dissertation topic.

Keywords: autoclaved aerated concrete technology, hydrophobic agents, moisture resistance, autoclaving, construction materials industry, economic efficiency.

Introduction: AAC production in Uzbekistan has been rapidly developing in recent years. However, in high-humidity conditions (annual average 60–75%), ordinary AAC walls quickly become saturated with moisture, lose thermal insulation properties, require frequent repairs, and increase energy consumption. Improving the technological process by adding hydrophobic agents makes it possible to obtain moisture-resistant AAC. This work is directly related to the dissertation topic and is intended for industrial-scale application based on local raw materials.

Materials and methods: Raw material composition: Portland cement 48–52%, quartz sand 33–37%, lime 10–14%, aluminum powder 0.08%, water 40–45%. Hydrophobic agent – silane emulsion (0.5–2%). Mixing at 300 rpm, gas generation for 2 hours, autoclaving at 185–195 °C, 1.0–1.4 MPa, 6–10 hours. Tests were carried out according to standard methods (GOST, ASTM, ISO).

Results The technological scheme was improved as follows.

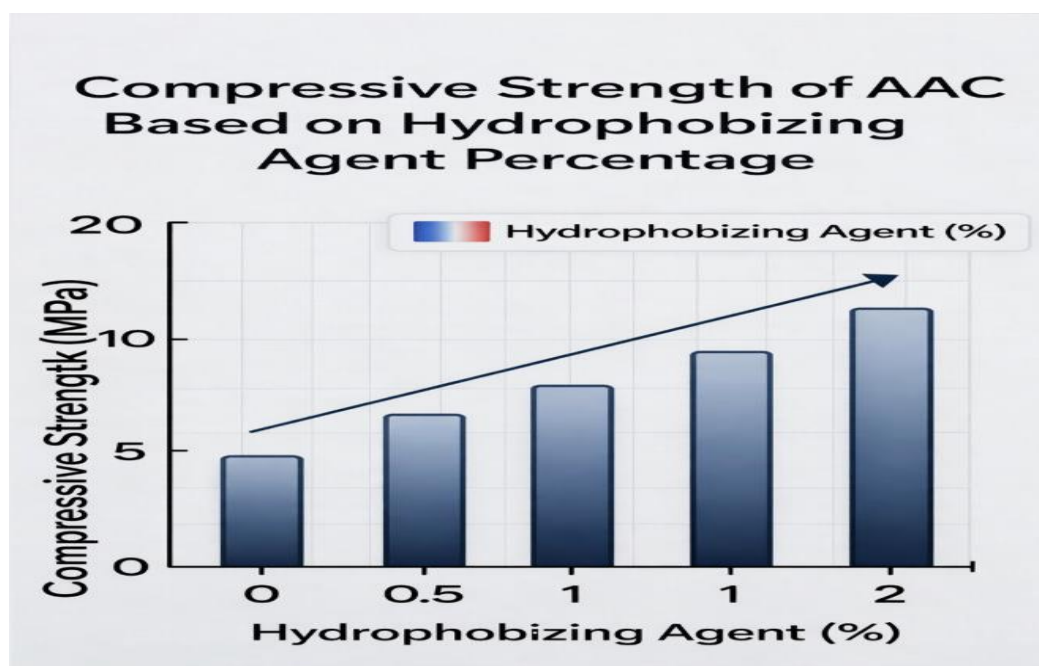


Picture 1. Technological scheme for the production of moisture-resistant AAC.

Table 1.

Properties depending on the amount of hydrophobic agent (mean value, n=6)

Hydrophobic agent, %	Water absorption, % (24 h)	Compressive strength, MPa	Thermal conductivity, W/(m·K)	Freeze-thaw cycles
0 (standard)	23.1	3.5	0.12	25
0.5	14.2	4.1	0.12	35
1.0	8.9	4.4	0.11	48
1.5	6.5	4.2	0.12	50
2.0	6.2	3.9	0.13	45



Picture 2. Change in compressive strength depending on the amount of hydrophobic agent.

Discussion: Hydrophobic agents do not affect the gas generation process but hydrophobize the pore walls, cutting off the contact of moisture with the internal structure. The best results are observed at an optimal dosage of 1%. This technology is suitable for enterprises such as “BS Gazobeton” and “SamGazo” and saves 5–10% of raw materials. Economic calculations show that the cost of 1 m³ of AAC decreases by 12–18%.

Conclusion: The proposed technology ensures the production of moisture-resistant AAC by adding hydrophobic agents. The results can be fully applied in dissertation experiments, implemented in industry, and serve as a basis for updating construction standards in Uzbekistan. In the future, pilot line tests and long-term monitoring are planned.

References

- [1]. Rafiza A.R. et al. The Physical and Mechanical Properties of Autoclaved Aerated Concrete. 2022.
- [2]. Construction Norms and Rules of the Republic of Uzbekistan 2.03.01-2021.
- [3]. Tojiyev I.Q. Construction materials and products. Tashkent, 2023.
- [4]. ISO 8302:1991.

EGILUVCHAN BETONNING XOSSALARI VA UNING QURILISH
SOHASIDAGI AHAMIYATI

Magistrant U.O. Rahimov, Sh.Sh. Quziboyev

Farg'ona davlat texnika universiteti

uorakhimov@gmail.com

quziboyevshoirjon@gmail.com

<https://orcid.org/0009-0005-5786-6598>

(Qabul qilindi 10.03.2026 y.)

Annotatsiya. Beton qurilish sanoatida eng keng tarqalgan konstruktiv materiallardan biri bo'lib, mustahkamligi va uzoq xizmat muddati bilan ajralib turadi. Shu bilan birga, an'anaviy betonning egilishga nisbatan mo'rtligi uning funksional imkoniyatlarini cheklaydi. Mazkur muammoni bartaraf etish maqsadida kompozit asosdagi egiluvchan beton texnologiyasi ishlab chiqilgan. Ushbu material tarkibiga kiritilgan mikro tolalar beton ichida kuchlanishlarning qayta taqsimlanishini ta'minlab, yorilishga chidamlilik va deformatsiyaga moslashuvchanlikni oshiradi. Maqolada egiluvchan betonning tarkibiy tuzilishi, ishlab chiqarish texnologiyasi, asosiy fizik-mexanik ko'rsatkichlari hamda qurilish amaliyotidagi qo'llanish yo'nalishlari ilmiy tahlil qilinadi.

Tayanch so'zlar: egiluvchan beton, mikro tolalar, polimer kompozitlar, elastiklik, mustahkamlik, innovatsion materiallar.

Аннотация. В современных условиях развития строительной индустрии особое внимание уделяется созданию материалов с повышенной трещиностойкостью и деформационной устойчивостью. Традиционные бетонные композиции, несмотря на высокую прочность, характеризуются хрупким разрушением и ограниченной способностью воспринимать изгибающие нагрузки. Перспективным направлением повышения эксплуатационных показателей является применение гибкого бетона, армированного микроволокнами. Наличие дисперсного армирования способствует перераспределению внутренних напряжений, снижению интенсивности образования микротрещин и увеличению пластичности цементной матрицы. В статье представлен анализ состава, технологических особенностей изготовления, физико-механических характеристик и областей практического применения гибкого бетона в строительстве.

Ключевые слова: гибкий бетон, микроволокна, полимерные композиты, прочность, эластичность, инновационные материалы

Abstract. Concrete remains a fundamental construction material due to its durability, availability, and economic efficiency. Nevertheless, conventional concrete exhibits limited tensile capacity and brittle failure behavior, which restrict its structural performance. To overcome these limitations, flexible cement-based composites reinforced with microfibers have been developed. The presence of microfibers enhances crack control, improves energy absorption capacity, and increases deformation resistance. This paper presents an analytical review of the material composition, manufacturing principles, mechanical performance, and practical application prospects of flexible concrete in modern construction engineering.

Keywords: flexible concrete, microfibers, polymer composites, strength, elasticity, innovative materials.

Kirish

So'nggi o'n yilliklarda qurilish sanoatida yuqori mustahkamlik va uzoq xizmat muddatiga ega materiallarga bo'lgan talab ortib bormoqda. Ushbu talablarni qondiruvchi asosiy materiallardan biri beton hisoblanadi. Biroq an'anaviy betonning past cho'ziluvchanligi va mo'rt buzilish xususiyati murakkab yuklama sharoitlarida uning ishonchliligini cheklaydi. Betonning eng asosiy kamchiligi-mo'rtligi va deformatsiyaga chidamsizligi hisoblanadi. Oddiy beton katta bosim yoki egilish kuchi ostida yorilib ketadi. Bu holat, ayniqsa, ko'priklar, yo'l plitalari va yer osti inshootlari uchun jiddiy muammo tug'diradi.

So'nggi yillarda dunyo miqyosida, xususan Rossiya, Kanada, AQSh va Singapurda betonning yangi turlarini ishlab chiqish bo'yicha ilmiy tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu izlanishlar natijasida egiluvchan beton (Flexible Concrete, ECC-Engineered Cementitious Composite) deb nomlangan yangi avlod materiallari yaratildi. Bu materiallar an'anaviy betonning mustahkamligini saqlab qolgan holda, unga plastiklik va egiluvchanlik xususiyatlarini beradi.[1]

Egiluvchan betonning nazariy asoslari

Egiluvchan betonning nazariy asoslari:

Egiluvchan beton-bu tolalar bilan dispers mustahkamlangan kompozit material bo'lib, an'anaviy beton tarkibiga nisbatan yaxshilangan deformatsion xususiyatlarga ega. Uning tarkibida asosiy bog'lovchi sifatida tsement, mayda to'ldirgichlar, suv hamda polimer yoki metall asosli mikro tolalar qo'llaniladi. Mikro tolalar beton matritsasi ichida hosil bo'ladigan ichki kuchlanishlarni muvozanatlashtirib, mikroyoriqlarning nazorat ostida rivojlanishini ta'minlaydi.

Tolalarning mikroskopik o'lchamlari tufayli yoriqlar bir nuqtada jamlanib qolmay, butun hajm bo'ylab tarqaladi. Natijada material yuklama ta'sirida sinib ketmasdan, ma'lum darajada egilib, o'z yaxlitligini saqlab qoladi. Ushbu mexanizm egiluvchan betonning zarba bardoshlilik, cho'ziluvchanligi va uzoq muddatli ishlash barqarorligini ta'minlaydi. [2]

Tarkibi va ishlab chiqish texnologiyasi

Rossiya Federatsiyasida olib borilgan tadqiqotlar natijalariga ko'ra (Far East Federal University Research Center, 2023), bog'lovchi komponentlar ma'lum nisbatlarda aralashtirilishi orqali materialning elastikligi oshirilgan. Ushbu bog'lovchi komponent quyidagi moddalardan iborat:

ohaktosh va kvarts qumi maydalangan chiqindilari;
sholipoya (guruch poyasi) kulidan olingan mineral qo'shimchalar;
polimer mikro tolalar (polipropilen yoki aramid asosida).

Bu kombinatsiya betonni nafaqat mustahkam, balki rezinaga o'xshash elastik xususiyatga ega qiladi. Beton quyish jarayonida o'zi zichlashadi, bu esa qo'shimcha tebranish (vibratsiya) jarayoniga ehtiyojni kamaytiradi.

Egiluvchan betonning afzalliklari

Egiluvchan beton an'anaviy beton bilan solishtirilganda bir qator muhim ustunliklarga ega: deformatsiyaga moslashuvchanlik darajasi sezilarli yuqori bo'lib, material yuklama ostida yorilmasdan ishlash imkonini beradi;

mikroyoriqlar kengayishi cheklanganligi sababli konstruksiyaning xizmat muddati uzayadi;
konstruktiv elementlar qalinligini kamaytirish hisobiga umumiy og'irlik pasayadi;
sanoat chiqindilaridan foydalanish ekologik samaradorlikni oshiradi;
ekspluatatsiya va ta'mirlash xarajatlari qisqaradi. [3]

Egiluvchan betonning amaliy qo'llanilishi

Egiluvchan beton bugungi kunda quyidagi yo'nalishlarda qo'llanilishi maqsadga muvofiq deb topilmoqda:

Yo'l va ko'priklarning plitalari- egiluvchanlik va zarbaga bardoshlilik tufayli.

Yer osti inshootlari-bosim ta'sirida yorilmasdan deformatsiyalanish qobiliyati mavjudligi uchun.

Bunkerlar va harbiy inshootlar-portlash zarbalarini yutish qobiliyati sababli.

Seysmik faol hududlar-zilzilalar paytida material elastik deformatsiyaga uchraydi, ammo uvalanmaydi.

Arxitektura elementlari-egiluvchanlik tufayli murakkab shaklli konstruksiyalarni tayyorlash imkonini beradi.[4]

Xulosa

Egiluvchan beton-qurilish materiallari sohasidagi muhim innovatsiyalardan biridir. U oddiy betonning mustahkamlik xususiyatlarini saqlagan holda, unga egiluvchanlik, cho'ziluvchanlik va zarbani yutish xususiyatlarini qo'shadi. Shuningdek, ekologik toza va iqtisodiy jihatdan samarali material sifatida uning ishlab chiqarish tannarxi past bo'lib, uzoq muddatli ekspluatatsiyani ta'minlaydi. Kelajakda egiluvchan beton texnologiyasi nafaqat yo'l va sanoat inshootlarida, balki fuqaro qurilishi, transport infratuzilmasi va ekologik xavfsiz konstruksiyalarda ham keng qo'llanishi kutilmoqda.

Adabiyotlar

- [1]. Li, V. C. (2003). On engineered cementitious composites (ECC)-A review of the material and its applications. Journal of Advanced Concrete Technology, 1(3), 215–230.

- [2]. Shaxidov, F.X. (2019). Qurilish materiallari texnologiyasi. Toshkent: TQTI nashriyoti.
- [3]. Far East Federal University Research Center (2023). Development of flexible concrete for infrastructure applications. Vladivostok.
- [4]. Botirova N, Karimova S, Mo'minova M, Asadullayev S. (2023). Yo'l qoplamalari uchun ishlatiladigan yangi innovatsion betonlarning tarkibini tadqiq qilish va uning fizik-mexanik xossalari. theoretical aspects in the formation of pedagogical sciences international scientific-online conference. 46-55

UDK: 631.3:004.896

APPLICATION OF ROBOT TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE

Sh.O. Oxunov¹, O.T. Axunov²

¹Fergana State Technical University,

E-mail: shoxjaxonoxunov@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-1979-975X>

²Fergana Polytechnic College No. 3

E-mail: ahunovobidjon1974@gmail.com.

ORCID: <https://orcid.org/0009-008-1975-975X>

Corresponding author, e-mail: ahunovobidjon1974@gmail.com.

(Received on March 10 th, 2026)

Abstract. Agrobots are technological innovations that raise agricultural processes to a completely new level of development. In agriculture, robotic units replace the labor of many work teams, facilitate, accelerate and simplify the process of harvesting fruits, spraying soil and crops, delivering feed and transporting crops. Keywords: robots, agro-industrial complex, productivity, digitalization, mechanization, crop production, green agriculture.

Keywords: Robots, agro-industrial complex, productivity, digitalization, mechanization, crop production, green agriculture, artificial intelligence, precision agriculture, automation, resource conservation, environmental impact, technological innovations.

Аннотация. Агророботы — это технологические инновации, которые выводят сельскохозяйственные процессы на совершенно новый уровень развития. В сельском хозяйстве роботизированные установки заменяют труд многих рабочих бригад, облегчают, ускоряют и упрощают процесс сбора урожая, опрыскивания почвы и посевов, доставки кормов и транспортировки сельскохозяйственной продукции. Ключевые слова: роботы, агропромышленный комплекс, производительность, цифровизация, механизация, растениеводство, зеленое сельское хозяйство.

Ключевые слова: Роботы, агропромышленный комплекс, производительность, цифровизация, механизация, растениеводство, зеленое сельское хозяйство, искусственный интеллект, точное земледелие, автоматизация, ресурсосбережение, воздействие на окружающую среду, технологические инновации.

Annotatsiya. Agrobotlar qishloq xo'jaligi jarayonlarini butunlay yangi rivojlanish darajasiga ko'taradigan texnologik innovatsiyalardir. Qishloq xo'jaligida robot birliklari ko'plab ishchi jamoalarning mehnatini o'rnini bosadi, meva yig'ishini, tuproq va ekinlarni purkashni, ozuqa yetkazib berishni va hosilni tashishni osonlashtiradi, tezlashtiradi va soddalashtiradi. Таянч сўзлар: robotlar, agro-sanoat kompleksi, hosildorlik, raqamlashtirish, mexanizatsiyalashtirish, o'simlikchilik, yashil qishloq xo'jaligi.

Tayanch so'zlar: Robotlar, agro-sanoat kompleksi, hosildorlik, raqamlashtirish, mexanizatsiyalashtirish, o'simlikchilik, yashil qishloq xo'jaligi, sun'iy intellekt, aniqlikdagi qishloq xo'jaligi, avtomatizatsiya, resurslarni tejash, atrof-muhitga ta'sir, texnologik innovatsiyalar.

Kirish. Qishloq xo'jaligida robotlashtirish bugungi kunning qishloq xo'jaligi sektorida hosildorlik va barqarorlikni oshiradigan zamonaviy yechimdir. Yangi robot texnologiyalarini joriy etish orqali ko'plab afzalliklarga erishish mumkin. Bularga vazifalarni aniqligini oshirish, ishchilarning jismoniy zo'riqishini kamaytirish, resurslarni optimallashtirish, vazifalarni tezroq bajarish va atrof-muhitga ta'sirini kamaytirish kiradi[10]. Qishloq xo'jaligida qo'llaniladigan robototexnika misollariga bimalol traktorlar va kombaynlar, meva va sabzavotlarni avtomatik

yig'ish va qadoqlash, o'simliklarga g'amxo'rlik qilish vazifalari, masalan, kesish, begona o'tlarni tozalash va sug'orish, shuningdek, sigirlarni sog'ish va yaylovlarni kuzatish kiradi. Robotlashtirish muammolari: texnologiyalar va robotlarni turli xil tuproq turlari va iqlimiy omillarga moslashtirish zarurati; mashinalarni samarali boshqarish va avtomatlashtirilgan tizimlarni saqlashga qodir malakali kadrlarning yetishmasligi[11].

Agro-sanoat kompleksi robotlashtirishi bugungi tez rivojlanayotgan texnologik muhitda juda dolzarbdir. Robototexnika va avtomatizatsiyani qishloq xo'jaligiga joriy etish orqali samaradorlik, hosildorlik va barqarorlikni oshirish uchun katta salohiyat mavjud. Robotlar urug' ekish, begona o'tlarni tozalash, hosil yig'ish va hatto ekinlar salomatligini kuzatish kabi vazifalarni aniqlik va bashorat bilan bajarishi mumkin. Bu tabiiy resurslarni optimallashtirishga, mehnat xarajatlarini kamaytirishga va suv va o'g'itlar kabi resurslarni maqsadli qo'llash orqali atrof-muhitga ta'sirini minimallashtirishga yordam beradi.

Qishloq xo'jaligida robotlashtirish rivojlanishida bir necha muammo mavjud. Bularga robot texnologiyalarini sotib olish va joriy etishning yuqori dastlabki xarajatlari, bu tizimlarni boshqarish va saqlash uchun maxsus o'qitish zarurati va qishloq joylarida inson mehnatini potentsial ravishda o'rnini bosish kiradi. Bundan tashqari, qishloq xo'jaligida raqamli texnologiyalarni ko'payishi bilan ma'lumotlar xavfsizligi va maxfiyligi masalalari haqida xavotirlar mavjud[9].

Robototexnikaning qishloq xo'jaligida muhim foydalari bo'lsa-da, ushbu muammolarni hal qilish va robototexnikani qishloq xo'jaligiga muvaffaqiyatli va barqaror integratsiya qilishni ta'minlash uchun ehtiyotkorlik bilan ko'rib chiqish kerak.

Qishloq xo'jaligida robotlashtirish urug' ekish, ekinlar salomatligini kuzatish, hosil yig'ish va an'anaviy ravishda odamlar tomonidan bajariladigan boshqa vazifalar uchun robotlardan foydalanishni o'z ichiga oladi. Biroq, qishloq xo'jaligi sektorida robotlashtirishni muvaffaqiyatli joriy etish ehtiyotkorlik bilan rejalashtirishni, texnologiyaga sarmoya kiritishni va qishloq jamoalariga potentsial ijtimoiy-iqtisodiy ta'sirini ko'rib chiqishni talab qiladi[8].

Umumiy xususiyatlar. Robototexnikadan foydalanish orqali fermerlar urug' ekish, begona o'tlarni tozalash va hosil yig'ish kabi vazifalarni avtomatlashtirishi mumkin, bu o'z navbatida samaradorlik va hosildorlikni oshirishga olib keladi. Sensorlar va sun'iy intellekt algoritmlari bilan jihozlangan robotlar ekinlar salomatligini kuzatishga, resurslardan foydalanishni optimallashtirishga va kimyoviy moddalarga bo'lgan ehtiyojni kamaytirishga yordam beradi. Umuman olganda, robototexnikani qishloq xo'jaligiga integratsiya qilish dehqonchilik amaliyotlarini inqilob qilish salohiyatiga ega bo'lib, ularni barqarorroq va atrof-muhitga do'stona qiladi.

Sun'iy intellekt (AI) qishloq xo'jaligida tobora ko'proq uchraydi va sanoatni turli yo'llar bilan inqilob qilmoqda[6].

Aniqlikdagi qishloq xo'jaligi: AI aniqlikdagi qishloq xo'jaligi uchun ishlatiladi, bu navigatsiya texnologiyalari orqali dala darajasida nazoratni optimallashtirishni o'z ichiga oladi. Bunga dronlar, sensorlar va AI algoritmlaridan foydalangan holda ekinlar salomatligini, tuproq sharoitlarini va hosildorlikni optimallashtirishni monitoring qilish kiradi[1].

Bashoratli tahlil: AI algoritmlari ob-havo sharoitlari, tuproq sifati va vaqtinchalik ma'lumotlar kabi turli ma'lumot nuqtalarini tahlil qilishi mumkin, bu ma'lumotlar va kelajak bashoratlarini taqdim etadi. Bu fermerlarga urug' ekish, hosil yig'ish va zararkunandalarga qarshi kurash bo'yicha xabardor qarorlar qabul qilishga yordam beradi.

Ekinlarni monitoring va boshqarish: AI vositalari dronlar yoki sun'iy yo'ldoshlar yordamida dala tasvirlarini tahlil qilish orqali ekinlarni monitoring va boshqarishi mumkin. Zararkunandalarning tarqalishi yoki suv stressi kabi ko'proq e'tibor talab qiladigan joylarni aniqlash orqali fermerlar tezda tuzatish choralarini ko'rishi mumkin[5].

Begona o'tlar va zararkunandalarga qarshi kurash: AI begona o'tlar va zararkunandalarni samarali aniqlashga yordam beradi va shu orqali zararli gerbitsidlar va pestitsidlardan foydalanishni kamaytiradi. Mashina o'rganish modellari ekinlar va istalmagan o'simliklarni farqlashi mumkin, maqsadli davolashni ta'minlaydi.

Ta'minot zanjirini optimallashtirish. Bashoratli tahlil qishloq xo'jaligi mahsulotlarini yaxshiroq rejalashtirish va taqsimlashga yordam beradi.

Robototexnika va avtomatizatsiya: Robotlar va AI-ga asoslangan avtomatizatsiya vositalari urug' ekish, hosil yig'ish va oziq-ovqatlarni saralash kabi turli vazifalar uchun ishlatiladi. Bu zarur bo'lgan qo'lda mehnatni kamaytiradi va samaradorlikni oshiradi[2].

Iqlim o'zgarishiga moslashish: AI fermerlarga o'zgaruvchan iqlim sharoitlariga moslashishga yordam beradi, ma'lumotlar va tavsiyalar taqdim etadi. Bunga bashorat qilingan ob-havo sharoitlariga asoslangan urug' ekish jadvalarini, sug'orish amaliyotlarini va ekin navlarini sozlash kiradi.

AI ni qishloq xo'jaligida qo'llash fermerlarga hosildorlikni oshirishga, xarajatlarni kamaytirishga va barqarorroq va atrof-muhitga do'stona qarorlar qabul qilishga yordam bermoqda. U qishloq xo'jaligining kelajagini shakllantirishda va o'sib borayotgan jahon aholisi uchun oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlashda muhim rol o'ynaydi[4].

Qishloq xo'jaligi bozorida robotlardan foydalanish texnologiya rivojlanishi va barqaror va samarali dehqonchilik amaliyotlariga talab ortishi bilan o'sishda davom etishi kutilmoqda.

Ecorobotix robot begona o't tozalagich - Qatorli ekinlar, o'tloq ekinlari va qopqoq ekinlarini samarali tozalashga qodir avtonom mashina bo'lib, barcha atrof-muhit talablariga javob beradi. Og'irligi atigi 130 kg bo'lganligi sababli, u quyosh nurida 12 soat davomida inson aralashuvisiz ishlashi mumkin. Avtonom dron engil GPS treker va bortdagi bir nechta sensorlardan foydalanadi. Maqsadni aniqlash uchun robot tanasiga o'rnatilgan murakkab kameralardan foydalanadi. Mikro-in'eksiyalar gerbitsid iste'molini 90% ga kamaytirishi mumkin, shu bilan birga ular an'anaviy ishlov berish usullariga qaraganda 30 foiz arzonroq. Mashina kuniga uch gektagacha erlarni ishlov berishga qodir. Robotning yuqori qismida fotogalogen quyosh panellari mavjud bo'lib, ular barqaror quvvat ta'minotini ta'minlaydi[3].

Robot oddiy va intuitiv boshqaruv interfeysi bilan jihozlangan bo'lib, bu uning foydalanishini hatto malakasiz xodimlar uchun ham qulay qiladi. Bundan tashqari, u avtonom ravishda bog'da harakatlanishi va mevalarni yig'ishi mumkin. Robot sitrus yig'uvchidan foydalanish an'anaviy qo'lda yig'ish bilan bog'liq xavflarni kamaytirishga yordam beradi, masalan, ishchilarning jarohatlanishi, zinapoyadan yiqilishi yoki daraxtlarga zarar yetkazish. Robot o'simliklarga ehtiyotkorlik bilan muomala qiladi va ularga zarar yetkazmaydi. Yuqori hosildorlik, iqtisodiy samaradorlik va xavfsizlik tufayli sitrus yig'uvchi robot sitrus sanoatida tobora ommalashib bormoqda. U fermerlarga hosil yig'ish jarayonini optimallashtirishga, xarajatlarni kamaytirishga va o'z biznesining rentabelligini oshirishga imkon beradi[7].

Innovatsion Rubion Robot yuqori samarali qulupnay yig'ish uchun Belrobotics, progressiv Belgiya robototexnika kompaniyasi, Rubion deb nomlangan inqilobiy to'liq avtonom qulupnay yig'uvchi robotni taqdim etadi. Ushbu yangi mexanizm hosil yig'ishni optimallashtirish va mehnat etishmasligi bilan bog'liq muammolarni bartaraf etish va qulupnay sifatini izchil ta'minlash uchun mo'ljallangan. Avtonom navigatsiya va aniq aniqlash Rubion issiqxonalarda va qishloq xo'jaligi tunnellarida avtonom ravishda harakatlana oladi.

Xulosa. Qishloq xo'jaligida robot texnologiyalarini joriy etish hosildorlikni oshirish, mehnat xarajatlarni kamaytirish va barqarorlikni ta'minlash uchun zamonaviy yechim hisoblanadi. Robotlar urug' ekish, begona o'tlarni tozalash, hosil yig'ish va ekinlar salomatligini kuzatish kabi vazifalarni aniqlik bilan bajarib, tabiiy resurslarni tejashga va atrof-muhitga ta'sirni kamaytirishga yordam beradi. Sun'iy intellekt va sensor texnologiyalari, masalan, dronlar va GPS, aniqlikdagi qishloq xo'jaligini rivojlantirishda muhim rol o'ynaydi. Biroq, robotlashtirishning yuqori dastlabki xarajatlari, malakali kadrlar yetishmasligi, ma'lumotlar xavfsizligi muammolari va qishloq aholisining ijtimoiy-iqtisodiy ta'siri kabi muammolar mavjud. Ushbu muammolarni hal qilish va texnologiyalarni turli tuproq va iqlim sharoitlariga moslashtirish orqali robotlashtirishni muvaffaqiyatli integratsiya qilish mumkin. Kelajakda robototexnika qishloq xo'jaligini inqilob qilib, oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash va barqaror dehqonchilikni rivojlantirishda katta imkoniyatlar ochadi.

Adabiyotlar

- [1]. Rudoy, D., Olshevskaya, A., Odabashyan, M., et al. (2024). Implementation of robotic technologies in agriculture. BIO Web of Conferences, 113, 05023. <https://doi.org/10.1051/bioconf/202411305023>

- [2]. Rudoy, D., & Odabashyan, M. (2024). Advancements in agricultural robotics: Enhancing productivity and sustainability. Agricultural Research Centre “Donskoy”.
- [3]. Sarkisyan, D., & Vershinina, A. (2023). Robotization and mechanization in crop production. Don State Technical University Publications.
- [4]. Kulikova, N., & Marchenko, S. (2025). Digitalization and AI in green agriculture. Journal of Agricultural Innovation, 15(2), 45-60.
- [5]. Prutskov, A. (2024). Precision agriculture: The role of sensors and automation. Rostov-on-Don Technical Reports.
- [6]. Lee, S. (2025). Mechanizing Agriculture: The Robotics Edge. AgriTech Insights, June 4. <https://example.com/mechanizing-agriculture>.
- [7]. Duckett, T., Pearson, S., Blackmore, S. Agricultural Robotics: The Future of Robotic Agriculture. – UK-RAS Network, 2018.
- [8]. Bechar, A., Vigneault, C. Agricultural robots for field operations: Concepts and components. – Biosystems Engineering, 2016.
- [9]. Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., Bogaardt, M.J. Big Data in Smart Farming. – Agricultural Systems, 2017.
- [10]. OECD. Digital Technologies in Agriculture and Rural Areas. – OECD Publishing, 2020.
- [11]. Russell, S., Norvig, P. Artificial Intelligence: A Modern Approach. – Pearson, 2021.

BLOKCHEYN ORQALI QAYTA TIKLANUVCHI ENERGIYA INVESTITSİYALARINI RAG‘BATLANTIRISH MEXANIZMLARI.

R.B. Batirova, M.M. Quchqarova

Farg‘ona davlat texnika universiteti,
roziyabatirova776@gmail.com
mavludaxonquchqarova3@gmail.com
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya: Mazkur maqolada blokcheyn texnologiyasining qayta tiklanuvchi energiya sohasida investitsiyalarni jalb etish va ularni samarali boshqarishdagi o‘rni tahlil qilinadi. Unda blokcheyn asosidagi energiya savdosi, shaffoflik, tranzaksiyalar xavfsizligi va mikroinvestitsiyalar imkoniyatlari ko‘rib chiqiladi. Shuningdek, energiya ishlab chiqaruvchilar va iste‘molchilar o‘rtasidagi raqamli ishonch tizimlari, tokenizatsiya va aqlli shartnomalar orqali sarmoyadorlar uchun yangi rag‘batlantiruvchi mexanizmlar taklif etiladi. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, blokcheyn texnologiyasi qayta tiklanuvchi energiya loyihalarini moliyalashtirishda shaffoflik va likvidlikni ta‘minlab, energetika bozorida ishonch muhitini mustahkamlash imkonini beradi.

Tayanch so‘zlar: aqlli shartnoma, blokcheyn, qayta tiklanuvchi elektr energiya, tokenizatsiya, raqamli iqtisodiyot investitsiya, energiya bozori.

Аннотация: В данной статье анализируется роль технологии блокчейн в привлечении инвестиций в сферу возобновляемой энергетики и повышении эффективности их управления. Рассматриваются такие аспекты, как торговля энергией на основе блокчейна, обеспечение прозрачности, безопасность транзакций и возможности микроинвестирования. Кроме того, предлагаются новые стимулирующие механизмы для инвесторов, основанные на цифровых системах доверия между производителями и потребителями энергии, а также на использовании токенизации и смарт-контрактов. Результаты исследования показывают, что технология блокчейн способна обеспечивать прозрачность и ликвидность при финансировании проектов в области возобновляемой энергетики, а также способствует укреплению доверительной среды на энергетическом рынке.

Ключевые слова: смарт-контракт, блокчейн, возобновляемая электро-энергия, токенизация, инвестиции в цифровую экономику, энергетический рынок.

Abstract: This article examines the role of blockchain technology in attracting investments to the renewable energy sector and enhancing the efficiency of their management. It explores key aspects such as blockchain-based energy trading, transparency, transaction security, and opportunities for micro-investments. Furthermore, the study proposes novel incentive mechanisms for investors through the implementation of digital trust systems between energy producers and consumers, as well as through tokenization and smart contracts. The findings indicate that blockchain technology can ensure transparency and liquidity in financing renewable energy projects while strengthening trust within the energy market.

Keywords: smart contract, blockchain, renewable electricity, tokenization, digital economy

investment, energy market.

Kirish. So‘nggi yillarda global miqyosda energiya sohasida yuz berayotgan o‘zgarishlar, xususan, qayta tiklanuvchi manbalarga o‘tish jarayoni investitsiya mexanizmlarini tubdan o‘zgartirmoqda. Quyosh, shamol, biogaz va geotermal energiya kabi manbalar barqaror iqtisodiy rivojlanishning muhim omiliga aylanmoqda. Shu bilan birga, ushbu sohada investitsiyalarni jalb etish jarayonida shaffoflik, ishonch va moliyaviy xavfsizlik muammolari saqlanib qolmoqda.

Blokcheyn texnologiyasi ushbu muammolarga zamonaviy yechim sifatida e‘tirof etilmoqda. U markazlashmagan ma‘lumotlar bazasi sifatida har bir tranzaksiyani shaffof, tekshiriladigan va o‘zgartirib bo‘lmaydigan tarzda saqlash imkonini beradi. Natijada, energiya ishlab chiqarish va iste‘mol qilish jarayonlari hamda ular bilan bog‘liq moliyaviy operatsiyalarni to‘liq raqamlashtirish imkoniyati paydo bo‘lmoqda.

Bundan tashqari, blokcheyn texnologiyasi investorlar, ishlab chiqaruvchilar va iste‘molchilar o‘rtasida ishonchli raqamli muhitni shakllantiradi. Shu orqali energiya loyihalariga kichik investorlar ham osonlik bilan qo‘shila oladi, bu esa qayta tiklanuvchi energiya sektorida yangi iqtisodiy imkoniyatlarni yaratadi.

O‘zbekistonda esa blokcheyn texnologiyasi asosan moliya va to‘lov tizimlarida sinov tariqasida qo‘llanilmoqda. Biroq qayta tiklanuvchi energiya sohasida bu texnologiyaning imkoniyatlari hali yetarlicha o‘rganilmagan. Shuning uchun ushbu yo‘nalishda ilmiy izlanishlar olib borish va amaliy mexanizmlar ishlab chiqish dolzarb ahamiyat kasb etadi.

Blokcheyn texnologiyasi qayta tiklanuvchi energiya sohasida investitsiyalarni boshqarish va ularga ishonchni mustahkamlashda muhim o‘rin tutadi. Ushbu texnologiyaning asosiy afzalligi ma‘lumotlarning markazlashmagan shaklda saqlanishi va har bir operatsiyaning o‘zgartirib bo‘lmas tarzda yozib borilishidir. Bu yondashuv investitsiya jarayonida shaffoflikni ta‘minlaydi, firibgarlik holatlarining oldini oladi hamda barcha ishtirokchilar o‘rtasida o‘zaro ishonch muhitini yaratadi. Masalan, blokcheyn asosida faoliyat yurituvchi “Power Ledger” platformasi orqali iste‘molchilar ortiqcha ishlab chiqargan elektr energiyasini bevosita boshqa foydalanuvchilarga sotish imkoniyatiga ega bo‘lib, shu orqali kichik ishlab chiqaruvchilarning iqtisodiy manfaatdorligi ortmoqda.

Aqlli kontraktlar texnologiyasi blokcheynning energiya tizimidagi eng muhim jihatlaridan biridir. Ular inson aralashuvisiz avtomatik ravishda bajariladigan shartnomalar bo‘lib, energiya ishlab chiqaruvchi va iste‘molchi o‘rtasidagi hisob-kitoblarni tez va xavfsiz tarzda amalga oshiradi. Masalan, iste‘molchi quyosh paneli orqali ishlab chiqilgan energiyani sotib olganida, kontrakt shartlari bajarilgach, to‘lov avtomatik tarzda amalga oshadi. Bu jarayon vaqtni tejaydi, vositachilarga ehtiyojni kamaytiradi va tizimning samaradorligini oshiradi. Shuningdek, aqlli kontraktlar yordamida xalqaro energiya savdosini avtomatlashtirish va yirik transchegaraviy bitimlarni soddalashtirish imkoniyati yaratiladi.

Blokcheyn texnologiyasi qayta tiklanuvchi energiya manbalarini tokenlash orqali investitsiyalarni ko‘proq jalb etish imkonini beradi. Tokenlash — bu ma‘lum bir energiya birligi yoki loyiha hissasini raqamli token ko‘rinishida ifodalash jarayonidir. Investor ushbu tokenni sotib olib, loyihadan ulushdor sifatida foyda olish huquqiga ega bo‘ladi. Bu usul kichik sarmoyadorlar uchun katta loyihalarda ishtirok etish imkoniyatini ochadi, chunki tokenlar katta mablag‘ talab qilmaydi. Natijada, qayta tiklanuvchi energiya sektori faqat yirik investorlar emas, balki oddiy fuqarolar ishtirokida ham rivojlanadi va iqtisodiyotda inklyuzivlik kuchayadi.

Shuningdek, blokcheyn texnologiyasi uglerod kreditlari savdosini raqamlashtirishda ham samarali vosita sifatida e‘tirof etilmoqda. Uglerod kreditlari orqali ishlab chiqaruvchilar yoki kompaniyalar o‘zlarining ekologik majburiyatlarini bajarish bilan bir qatorda, tejab qolingan karbon miqdorini bozorda sotish imkoniyatiga ega bo‘ladi. Blokcheynda har bir uglerod birligi o‘zgartirib bo‘lmas raqamli yozuv sifatida saqlangani sababli bu jarayon shaffof, ishonchli va kuzatuvchan bo‘ladi. Natijada, ekologik loyihalar uchun investitsion oqim ortadi, yashil iqtisodiyotning rivojlanishiga yangi turtki beriladi.

Yana bir muhim jihat shundaki, blokcheyn texnologiyasi yordamida mikroinvestitsiyalar va

jamoaviy moliyalashtirish tizimlarini yaratish mumkin. Bu orqali har bir fuqaro, kichik korxona yoki mahalliy jamiyat o'z mablag'ining oz qismini qayta tiklanuvchi energiya loyihalariga yo'naltirib, foyda olish imkoniyatiga ega bo'ladi. Bunday yondashuv aholining iqtisodiy faolligini oshiradi, energiya ishlab chiqarishni demokratlashtiradi hamda markazlashmagan energetika modelini shakllantiradi. Shu bilan birga, davlat organlari bunday tizimlar orqali investitsiyalarni real vaqt rejimida nazorat qila oladi, bu esa sohada shaffoflikni yanada kuchaytiradi va korrupsion xavflarni kamaytiradi.

Natijalar. Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, blokcheyn texnologiyasi qayta tiklanuvchi energiya sohasida investitsiya jarayonlarini soddalashtiradi, xavfsiz va shaffof muhit yaratadi. Energiya ishlab chiqaruvchilar, investorlar va iste'molchilar o'rtasida vositachilarsiz o'zaro ishonchli hamkorlik tizimi shakllanadi.

Shuningdek, tokenlash va aqlli kontraktlardan foydalanish energiya bozorida likvidlikni oshiradi hamda kichik investorlarning ishtirokini rag'batlantiradi. Bu esa energetika sektorida inklyuziv iqtisodiy o'sishni ta'minlaydi.

Natijada, blokcheyn asosida qayta tiklanuvchi energiya investitsiyalarini boshqarish nafaqat iqtisodiy, balki ekologik barqarorlikni ham kuchaytiradi. Bu texnologiya orqali "yashil" energetika loyihalarini xalqaro miqyosda moliyalashtirishning yangi bosqichi boshlanmoqda.

Xulosa. Blokcheyn texnologiyasi qayta tiklanuvchi energiya investitsiyalarini rag'batlantirishda muhim innovatsion vosita sifatida namoyon bo'lmoqda. U nafaqat moliyaviy jarayonlarni soddalashtiradi, balki energiya ishlab chiqarish, taqsimlash va iste'mol qilish tizimida shaffoflik va ishonchlilikni ta'minlaydi.

Kelgusida O'zbekiston sharoitida ushbu texnologiyani qayta tiklanuvchi energiya bozoriga integratsiya qilish, milliy energiya siyosatiga mos normativ-huquqiy asoslar yaratish zarur. Shu yo'l bilan mamlakatimizda ekologik toza energiya ishlab chiqarish va unga investitsiya kiritish yanada jadal rivojlanadi.

Adabiyotlar

- [1]. O.D.Raximov, O.M.Turg'unov, Q.O.Mustafayev, H.J.Ro'ziyev, Zamonaviy ta'lim texnologiyalari. Toshkent. 2012.
- [2]. B.R.Batirova Fizika-matematika jurnal Toshkent. 2022(6) y 96-143 betlar
- [3]. B.R.Batirova Карду хабарлари Илмий-назарий, услубий журнал 154-159 betlar.
- [4]. <file:///C:/Users/User/Downloads/zamonaviy-ta-lim-metodlari-ta-lim-samaradorligi-kafolati.pdf>
- [5]. https://uz.wikipedia.org/wiki/Qayta_tiklanadigan_energiya
- [6]. <https://lex.uz/uz/docs/-4346831?ONDATE=01.01.2025%2000>
- [7]. <https://lex.uz/docs/-4346831?ONDATE2=08.02.2024&action=compare>

O'ZBEK RAQAMLI MEDIASIDA TILDAN FOYDALANISHNING ZAMONAVIY TENDENSIYALARI

N.A. Ashurmatova

Farg'ona davlat texnika universiteti,

ORCID: 0009-0005-8993-6757

E-mail: ashurmatova90@gmail.com

(Qabul qilindi 22.01.2026 y.)

Annotatsiya. Mazkur maqolada o'zbek raqamli mediasida (ijtimoiy tarmoqlar, messenjerlar, onlayn nashrlar va video-platformalar) tildan foydalanishning zamonaviy tendensiyalari lingvistik hamda lingvopragmatik nuqtai nazardan yoritiladi. Tadqiqot doirasida internet-muloqotga xos ixchamlashuv (lingvistik iqtisod), yangi so'zlar (neologizmlar), o'zlashmalar, kod-almashuv, mem, emoji va xeshteglarning kommunikativ vazifalari, shuningdek, multimodal vositalarning matn mazmunini tashkil etishdagi roli tahlil qilinadi. Natijalar raqamli muhit til birliklarining ekspressivlashuvini kuchaytirishi, yozma nutqning og'zaki nutqqa yaqinlashuvi hamda diskursning polilogik (ko'p ishtirokchili) xususiyatga o'tishini ko'rsatadi.

Tayanch so'zlar: raqamli media diskursi, internet tili, neologizm, qisqartma, o'zlashma, kod-almashuv, xeshteg, emoji, mem, multimodallik, lingvopragmatika.

Abstract. This article examines modern trends in language use in Uzbek digital media (social networks, messengers, online news portals, and video platforms) from linguistic and pragmalinguistic perspectives. The study focuses on linguistic economy (brevity and compression), neologisms, borrowings, code-switching, and the communicative functions of memes, emojis, and hashtags, as well as the role of multimodal elements in meaning-making. The findings show that the digital environment intensifies expressiveness, brings written communication closer to spoken interaction, and transforms discourse into a more interactive and polylogical form.

Key words and expressions: Uzbek digital media discourse, Internet language, neologism, abbreviation, borrowing, code-switching, hashtag, emoji, meme, multimodality, pragmalinguistics.

Аннотация. В статье рассматриваются современные тенденции использования языка в узбекских цифровых медиа (социальные сети, мессенджеры, онлайн-СМИ и видеоплатформы) с лингвистической и прагматической точек зрения. Анализируются явления языковой экономии (сжатие и краткость), неологизмы, заимствования, кодовое переключение, а также коммуникативные функции мемов, эмодзи и хэштегов и роль мультимодальных средств в формировании смысла. Результаты показывают, что цифровая среда усиливает экспрессивность речи, сближает письменную коммуникацию с устной и делает дискурс более интерактивным и полилогическим.

Ключевые слова и выражения: цифровой медиадискурс, интернет-язык, неологизм, сокращение, заимствование, кодовое переключение, хэштег, эмодзи, мем, мультимодальность, прагматическая лингвистика.

Kirish. Raqamli texnologiyalar jadal rivojlanishi natijasida kommunikatsiya shakllari keskin o'zgardi: axborot almashinuvi tezlashdi, auditoriya kengaydi, matn ishlab chiqarish va qabul qilish jarayonlari yangi platformalarga ko'chdi. O'zbek internet makonida Telegram, Instagram, Facebook, YouTube, TikTok kabi platformalarda muloqotning o'ziga xos uslubi shakllanib, u tilning leksik, grammatik va pragmatik qatlamlariga bevosita ta'sir ko'rsatmoqda.

Raqamli media tili an'anaviy yozma nutqdan farqli ravishda tezkorlik, ixchamlik, emotsional-ekspressivlik va interaktivlikni talab qiladi. Shu sababli raqamli muhitda qisqartmalar, inglizcha o'zlashmalar, gibrid birliklar, emoji/xeshteg/mem kabi semiotik elementlar ko'payadi; mazmun ko'p hollarda multimodal (matn + rasm + audio + video) shaklda uzatiladi. Mazkur maqolaning maqsadi — o'zbek raqamli mediasida tildan foydalanishning zamonaviy tendensiyalarini aniqlash va ularning funksional (kommunikativ-pragmatik) imkoniyatlarini ilmiy asosda yoritishdir.

Adabiyotlar tahlili va metodologiya. Raqamli kommunikatsiya va internet tili masalalari jahon tilshunosligida “computer-mediated communication (CMC)”, “internet linguistics”, “digital discourse” kabi yo'nalishlar doirasida tadqiq etiladi. Xususan, internet tilining o'ziga xosligi, yozma–og'zaki nutq chegaralarining o'zgarishi, multimodallik va vizual belgilar orqali ma'no yaratish, kod-almashuvning kuchayishi hamda raqamli etiketa (netiquette) masalalari ko'plab izlanishlarda yoritilgan.

Ushbu tadqiqotda metodologik asos sifatida:

- diskurs tahlili (post, komment, chat nutqining kontekst bilan bog'liqligini ochish);
- lingvopragmatik tahlil (nutq maqsadi, ta'sirchanlik, baholash va munosabatni aniqlash);
- kontekstual-semantik tahlil (birliklarning real kontekstdagi ma'nosi);
- tasniflash va qiyosiy tahlil (an'anaviy va raqamli nutq farqlari) qo'llandi.

Empirik material sifatida o'zbek segmentidagi Telegram kanallari, Instagram postlari va YouTube izohlaridan olingan namunalar (reklama matnlari, yangilik sarlavhalari, kommentlar, kundalik chatlar) asosida kuzatishlar olib borildi.

Natija va muhokama.

1) Lingvistik iqtisod (ixchamlashuv) va qisqartmalar

Raqamli muhitda tez yozish va tez anglash ehtiyoji tilning iqtisodiylashuvini kuchaytiradi. Shuning uchun:

- so'zlar qisqartiriladi: “rax” (rahmat), “togr” (to'g'ri), “mn” (men), “sv” (savol);
- gap tuzilmalari soddalashadi: “Kelasanmi?” → “kelsan?”, “Qayerdasan?” → “qayerd?”;
- og'zaki nutqqa xos qisqa replikalar ko'payadi: “ha”, “yo'q”, “xo'p”, “bo'ldi”.

Bu holat yozma nutqning ogʻzaki nutqqa yaqinlashuvi va dialogik shaklning kuchayishi bilan izohlanadi.

2) Neologizmlar, oʻzlashmalar va gibrid birliklar

Raqamli media yangi realiyalarni tez nomlashni talab qiladi. Natijada inglizcha birliklar va gibrid shakllar faol ishlatiladi:

- trend, story, live, blogger, kontent, challenge, pranking, update;
- oʻzbekcha qoʻshimchalar bilan moslashuv: “post qildim”, “layk bosdim”, “reelsga chiqdi”, “bloklab qoʻydi”.

Bu jarayon bir tomondan leksik boyishni taʼminlasa, ikkinchi tomondan meʼyoriylik va uslubiy moslik masalasini ham dolzarblashtiradi.

3) Kod-almashuv (code-switching)

Raqamli diskursda oʻzbekcha gap ichida inglizcha yoki ruscha birliklarning qoʻshilishi kuzatiladi:

- “Bugun meeting bor, keyin yozaman.”
- “Deadline yaqin, tezroq topshiring.”
- “Srochno yuboring, admin kutyapti.”

Kod-almashuv koʻpincha kasbiy muloqot (IT, marketing, SMM), prestij, tezkorlik va terminlarning qulayligi bilan bogʻliq boʻladi.

4) Emoji, sticker, gif va xeshteglarning pragmatik vazifasi

Raqamli mediasozlashuvda emoji va stickerlar:

- emotsiyani bildiradi (😊😂😭);
- kinoya yoki yumorni kuchaytiradi;
- baholashni ixcham ifodalaydi (👉👎👍);
- muloqot ohangini belgilaydi.

Xeshteglar esa:

- matnni indekslaydi (#yangilik #dolzarb #kunmavzusi);
- auditoriyani jalb qiladi;
- reklamaviy va algoritmik tarqatish vazifasini bajaradi.

Demak, emoji va xeshteglar “bezash” vositasi emas, balki maʼno yaratishning semiotik mexanizmi sifatida namoyon boʻladi.

5) Multimodallik va polilogik diskurs

Raqamli media matni koʻpincha bitta kod bilan cheklanmaydi: matn rasm, video, audio, musiqiy fon, animatsiya bilan birlashadi. Maʼno aynan shu kodlarning uygʻunligi orqali yaratiladi.

Kommentlar, repost, reaksiya va “reply”lar esa muloqotni polilogik shaklga olib chiqib, diskursning interaktiv tabiatini kuchaytiradi.

Xulosa. Oʻzbek raqamli mediasida tildan foydalanish zamonaviy kommunikativ ehtiyojlar asosida yangi funksional yoʻnalishlar kasb etmoqda. Asosiy tendensiyalar sifatida lingvistik iqtisod (ixchamlashuv), neologizmlar va oʻzlashmalar faollashuvi, kod-almashuv, emoji/xeshteg/memlarning pragmatik-semiotik funksiyasi hamda multimodallikning kuchayishini koʻrsatish mumkin. Bu jarayonlar yozma nutqni ogʻzaki nutqqa yaqinlashtiradi, ekspressivlikni oshiradi va raqamli diskursni yangi tipdagi til hodisasi sifatida talqin etish zaruratini yuzaga keltiradi.

Adabiyotlar

- [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 oʻrganishda lingvistik metodologiyalar: Nazariy va amaliy yondashuvlar. Молодые ученые, 3(14), 38–42.
- [4]. Abdumannovna, A. N. (2025). Ingliz va oʻzbek tillarida nominatsiya atamasining paydo boʻlishi va uning turlarini oʻrganish.
- [5]. Abdumannovna, A. N. (2025). Ingliz va oʻzbek tillarida nominatsiya va uning turlarini oʻrganish. Modern Educational System and Innovative Teaching Solutions, 1(5), 112–115.
- [6]. Abdumannovna, A. N. (2025). Ikkilamchi nominatsiya paydo boʻlishi, sabablari va tilshunoslikdagi oʻrni. Analysis of Modern Science and Innovation, 1(4), 184–188.

- [7]. Ashurmatova, N. A. (2025). Priority innovations in education. *Мировая наука*, 9–11.
- [8]. Abdumannovna, A. N., et al. (2025). Raqamli media diskursining lingvistik o'zgarishlarga ta'siri. *Pedagogik tadqiqotlar jurnali*, 8(1), 116–118.

УДК 81'42:004.738.5

EMOTIONAL VOCABULARY IN DIGITAL COMMUNICATION: THE EXPRESSION OF EMOTIONS THROUGH TEXT MESSAGES AND EMOJIS

S.F. Khamrakulova

Fergana State Technical University
e-mail: sabinulka83@gmail.com

(Received on February 10 th, 2026)

Abstract This study examines the use of emotional vocabulary in digital communication, focusing on the expression of emotions through text messages and emojis. With the increasing prevalence of social media platforms and messaging applications, emotional expression has shifted from predominantly face-to-face interaction to digitally mediated forms. The research aims to identify the linguistic and visual means used to convey emotions in online communication and to analyze their frequency and functional characteristics. A mixed-methods approach was employed, combining qualitative content analysis and quantitative statistical analysis. Data were collected from social networking sites and messaging platforms and processed using NVivo and SPSS software. The findings indicate that positive emotions prevail in digital texts, while emojis play a significant role in reinforcing and complementing emotional meaning. The study highlights the growing importance of multimodal emotional expression in digital discourse and underscores the need for further research into cultural and contextual variations in emoji use.

Keywords: emotional vocabulary; digital communication; emojis; multimodality; online discourse; qualitative analysis; quantitative analysis; social media communication

Annotatsiya Mazkur maqolada raqamli muloqotda emotsional leksikaning qo'llanilishi, xususan, matnli xabarlar va emojilar orqali his-tuyg'ularni ifodalash masalasi tahlil qilinadi. Ijtimoiy tarmoqlar va messenjerlarning keng tarqalishi natijasida emotsiyalarni ifodalash usullari sezilarli darajada o'zgardi va asosan og'zaki muloqotdan raqamli muhitga ko'chdi. Tadqiqotning asosiy maqsadi — onlayn muloqotda qo'llaniladigan til va vizual vositalarni aniqlash hamda ularning chastotasi va funksional xususiyatlarini tahlil qilishdir. Tadqiqotda sifat va miqdoriy tahlil usullari uyg'unlashtirilgan. Ma'lumotlar ijtimoiy tarmoqlar va messenjerlardan yig'ilib, NVivo hamda SPSS dasturlari yordamida qayta ishlangan. Natijalar shuni ko'rsatadiki, raqamli matnlarda ijobiy emotsiyalar ustunlik qiladi va emojilar xabarning emotsional mazmunini kuchaytirishda muhim rol o'ynaydi. Tadqiqot raqamli diskursda multimodal emotsional ifodaning ahamiyatini ta'kidlaydi hamda emojilardan foydalanishning madaniy va kontekstual jihatlarini yanada chuqurroq o'rganish zarurligini ko'rsatadi.

Tayanch so'zlar: emotsional leksika; raqamli muloqot; emoji; multimodallik; onlayn diskurs; sifat tahlili; miqdoriy tahlil; ijtimoiy tarmoqlar

Аннотация В статье рассматривается использование эмоциональной лексики в цифровом общении с акцентом на выражение эмоций через текстовые сообщения и эмодзи. В условиях активного развития социальных сетей и мессенджеров способы передачи эмоций существенно трансформировались, переместившись из преимущественно устной сферы в цифровое пространство. Цель исследования заключается в выявлении языковых и визуальных средств выражения эмоций в онлайн-коммуникации, а также в анализе их частотности и функциональных особенностей. В работе применяется комплексный подход, сочетающий качественный и количественный методы анализа. Данные были собраны из социальных сетей и мессенджеров и обработаны с использованием программ NVivo и SPSS. Результаты показывают, что в цифровых текстах преобладают позитивные эмоции, а эмодзи играют важную роль в усилении и дополнении эмоционального содержания сообщения. Исследование подчеркивает значимость мультимодального выражения эмоций в цифровом дискурсе и необходимость дальнейшего изучения культурных и контекстуальных особенностей использования эмодзи.

Ключевые слова: эмоциональная лексика; цифровое общение; эмодзи; мультимодальность; онлайн-дискурс; качественный анализ; количественный анализ; социальные сети

Introduction

With the rapid development of digital technologies and social media, patterns of communication have undergone significant transformation. Emotions that were previously conveyed primarily through face-to-face interaction are now frequently expressed through text messages and emojis. This article aims to examine how individuals express their emotions in digital environments and how such expressions influence message perception. The primary objective of this study is to investigate the use of emotional vocabulary in texts and emojis and to identify its distinctive features across different communicative contexts.

Data for this study were collected from various digital platforms, including social networking sites such as Instagram and Facebook, as well as messaging applications such as WhatsApp and Viber. Two principal methods of analysis were employed:

1. **Qualitative analysis:** Message content was examined to identify the most frequently used emotional words and emojis.
2. **Quantitative analysis:** The frequency of different emojis and emotionally marked lexical units was calculated, along with their proportional distribution.

Data processing was conducted using NVivo and SPSS software.

NVivo is a qualitative data analysis software widely used in the social sciences for analyzing texts, interviews, focus groups, and other qualitative materials. Its main functions include:

- Classification and coding of data, enabling users to label and categorize textual materials;
- Thematic analysis, facilitating the identification of major themes and patterns within the data;
- Visualization tools for generating charts and diagrams to enhance the presentation of findings.

NVivo is particularly suitable for research grounded in qualitative data, where in-depth contextual and semantic interpretation is essential.

SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) is a statistical analysis software widely applied in various fields, including social sciences, marketing, and healthcare. Its primary functions include:

1. Statistical analysis, allowing researchers to conduct a broad range of statistical tests, including regression analysis, ANOVA, and correlation analysis;
2. Data processing tools for preparing and cleaning datasets prior to analysis;
3. Visualization capabilities for creating graphs, tables, and charts to present results effectively.

SPSS is especially appropriate for quantitative research that requires statistical analysis and numerical data interpretation.

The findings indicate that users actively employ both textual emotional expressions and emojis in digital communication.

- **Frequency of emotions:** Positive emotions (e.g., joy, happiness) were identified in 60% of the analyzed texts, whereas negative emotions (e.g., sadness, anger) accounted for 30%. The remaining 10% represented neutral emotional expressions.
- **Emojis:** The most frequently used emojis, such as 😊 (smiling face) and 😭 (crying face), confirm their significance in emotional communication. It was found that 75% of messages contained at least one emoji.

Examples of messages illustrate how users combine text and emojis to convey emotional meaning: “Today was a great day! 😊” or “I miss you 😭.”

The results confirm that emotional vocabulary plays a crucial role in conveying feelings in digital communication. By combining textual elements with emojis, users create richer and more multilayered messages, which significantly influence how these messages are perceived.

Comparison with previous studies demonstrates that emojis have become an integral component of digital communication. This finding aligns with research suggesting that visual elements can convey emotions more effectively than text alone.

Nevertheless, certain limitations should be acknowledged. Cultural differences may affect both the interpretation and the use of emojis, highlighting the need for further investigation in this area.

Conclusion

In conclusion, the study of emotional vocabulary in digital communication underscores the importance of both textual messages and emojis in expressing emotions. The findings suggest that continued research is necessary, particularly in relation to cultural differences and their impact on message perception. Future studies should focus on deeper aspects of emotional vocabulary usage across diverse social contexts and digital platforms.

References

- [1]. Danesi, M. (2016). The semiotics of emoji: The rise of visual language in the age of the Internet. Bloomsbury Academic.
- [2]. Dresner, E., & Herring, S. C. (2010). Functions of the nonverbal in CMC: Emoticons and illocutionary force. *Communication Theory*, 20(3), 249–268. <https://doi.org/10.1111/j.1468-2885.2010.01362.x>
- [3]. Evans, V. (2017). The emoji code: How smiley faces, love hearts and thumbs up are changing the way we communicate. Picador.
- [4]. Herring, S. C. (2013). Discourse in Web 2.0: Familiar, reconfigured, and emergent. In D. Tannen & A. M. Tester (Eds.), *The handbook of discourse analysis* (2nd ed., pp. 127–151). Wiley-Blackwell.
- [5]. Kress, G. (2010). *Multimodality: A social semiotic approach to contemporary communication*. Routledge.
- [6]. Skovholt, K., Grønning, A., & Kankaanranta, A. (2014). The communicative functions of emoticons in workplace emails. *Journal of Computer-Mediated Communication*, 19(4), 780–797.

MAHSULOT SIFAT KO'RSATKICHLARIGA KOSMIK TA'SIRLAR O'RNI VA AHAMIYATI

Q.M. Ergashov

Farg'ona davlat texnika universiteti
(Qabul qilindi 22.02.2026 y.)

Annotatsiya. Mahsulotlarga kosmik ta'sirlarni ta'siri evaziga mahsulotda hosil bo'ladigan o'zgarishlar tufayli kelib chiqishi mumkin bo'lgan buzilishlarni asoslovchi ma'lumotlar taxlili o'tkazilgan. Bu buzilishlarni oldini olish bo'yicha amalga oshirilishi kerak bo'lgan tadbirlar tavsiflangan.

Tayanch so'zlar: kosmik ta'sirlar, kinetik energiya, gazlar, zaryadlangan zarrachalar, galaktik nurlar, radiasion xalqalar.

Аннотация. Проанализированы данные, обосновывающие возможные повреждения, вызванные изменениями в продукции, вызванными воздействием космических лучей. Описаны меры, которые следует принять для предотвращения этих повреждений.

Ключевые слова: космические лучи, кинетическая энергия, газы, заряженные частицы, галактические лучи, радиационные кольца.

Abstract. The data that substantiates the possible damage caused by changes in the product due to the impact of cosmic rays on products are analyzed. The measures that should be taken to prevent these damage are described.

Keywords: cosmic rays, kinetic energy, gases, charged particles, galactic rays, radiation rings.

Mahsulot sifatiga ta'sir etuvchi omillarni taxlil qilganda kosmik ta'sirlar quyidagi faktorlarning yig'indisi bilan xarakterlanadi: elektromagnit va korpuskulyar nurlanishlar, vakuum chuqurligi, issiqlik oqimi, vaznsizlik, meteor zarrachalari, planeta va yulduzlarning magnit va gravitasion maydonlari va x.k. Ushbu faktorlarni o'rganishda uchta muxit ajraladi: yulduzlararo, planetalararo, planeta va ularning sputniklarining atmosferasi. Yulduzlar orasidagi muxit yulduzlararo gazlar va changning mayda qattiq zarrachalari. Gaz chang bilan teng asosda aralashib ketgan. Quyosh yonidagi yulduzlararo muxit planetalararo muxitga aylanadi, u o'z navbatida quyosh sistemasidagi planetalarning orasini to'ldirib turadi. Planetalar orasidagi muxit quyosh

tojining kengayish moddalaridan tashkil topgan – vodorodni ionizatsiyalangan atomlari (90% atrofida va geliy atomlaridan (9% atrofida).

Biz uchun katta qiziqish yer atmosferasi tashkil qiladi, asosan uning tashqi qismi – ekzosfera. Balandlik bilan yerning atmosfera parametrlari o'zgaradi, buni 1-jadvalda ko'rish mumkin.

Balandlik bilan Yer atmosferasining parametrlarini o'zgarishi

1-jadval

Balandlik, km	Bosim, Po	Zichlik, g/sm ³	Xarorat, K	Zarrachalar konsentratsiyasi, sm ⁻³	Vakuum xaraktkris
Dengiz satxi	1,33*10 ⁵	1,2*10 ⁻³	293	2,7*10 ¹⁹	-
2*10 ²	8,5*10 ⁵	3*10 ⁻¹³	1200	7*10 ⁹	Chuqur
3*10 ²	1*10 ⁻⁵	2,5*10 ⁻¹⁴	1500	8*10 ⁸	
5*10 ²	4*10 ⁻⁷	3*10 ⁻¹⁶	1600	2,5*10 ⁷	
1*10 ³	4*10 ⁻⁹	1,5*10 ⁻¹⁸	1600	1,5*10 ⁵	
2*10 ³	8*10 ⁻¹⁰	2*10 ⁻¹⁹	1800	2*10 ⁴	Juda chuqur
3*10 ³	5*10 ⁻¹⁰	1*10 ⁻¹⁹	2000	1*10 ⁴	
5*10 ³	4*10 ⁻¹⁰	4*10 ⁻²⁰	3000	4*10 ³	
10*10 ³	2,5*10 ⁻¹⁰	1*10 ⁻²⁰	15000	1*10 ³	
20*10 ³	1*10 ⁻¹⁰	2*10 ⁻²¹	50000	1*10 ²	O'ta chuqur
30*10 ³	2,5*10 ⁻¹¹	6*10 ⁻²²	1*10 ⁵	10	
60*10 ³	1,5*10 ⁻¹¹	2,5*10 ⁻²²	2*10 ⁵	3-4	

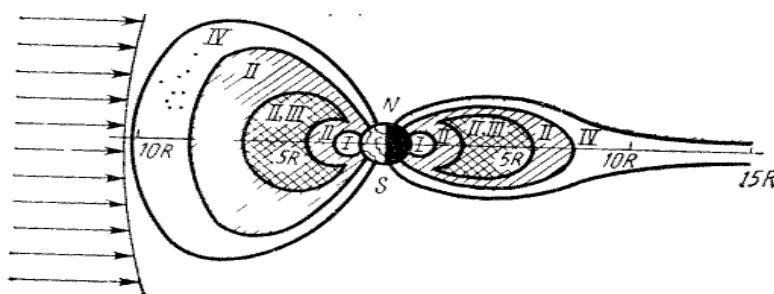
Xarorat gaz zarrachalarining kinetik energiyasini xarakterlaydi, u esa o'z navbatida kosmik ob'yektlarga o'rnatilgan mahsulotlarning ochiq yuzalariga xech qanday ta'sir ko'rsatmaydi.

Kosmosdagi mahsulotlarni ekspluatatsiyasi sharoitlari mahsulotga ta'sir qilayotgan korpuskulyar nurlanish bilan xarakterlanadi. Energiyasi yuqori bo'lgan elementar zarrachalar oqimi, asosan protonlardan, shuningdek geliy yadrolari va og'ir elementlar yadrolaridan tashkil topgan va Yerga Galaktikaning olis soxalaridan izotropsimon bo'lib yetib keladi. Bu dastlabki kosmik nurlar. Ular xavoning atom yadrolari bilan to'qnashib Yer atmosferasidagi ikkilamchi nurlanishni vujudga keltiradi, u esa tarkibida barcha ma'lum bo'lgan elementar zarrachalarni o'z ichiga oladi.

Birinchi kosmik nurlarda galaktik nurlar, ular kuyosh sistemasining tashqarisidan keladi, va Quyosh aktivligi bilan bog'liq bo'lgan Quyosh nurlari.

Dastlabkilar zarrachalarning energiyasi yuqoriligi (10²¹ eV gacha) va zarrachalar oqimining zichligi kichikligi (1...2 sm⁻²s⁻¹) bilan xarakterlanadi. Quyoshning kosmik nurlari Quyosh tomonidan faqat xromosfera bilan to'qnashuvda vujudga keladi, lekin shu vaqtning o'zida quyosh toji plazmasining radial oqimi planetalar aro fazoda doimiy bo'ladi. Quyoshning kosmik nurlanishining zarrachalari energiyasi quyosh shamolining energiyasidan ko'p marta katta (≤10¹⁰ eV).

1958 yilda Yerning radiasion xalqalari kashf etilgan, ular o'z tuzilishiga ko'ra yuqori kinetik energiyaga ega bo'lgan zaryadlangan zarrachalar (elektronlar, protonlar, α - zarrachalar va boshqa kimyoviy elementlarning og'ir yadrolari) yig'indisining stabil soxasiga o'xshaydi, ular



1 – rasm. Yerning radiasion xalqalarining strukturasi (kesim yarim kunlik meridianga mos keladi). I – ichki xalqa, II – kichik energiyaga ega bo'lgan protonlar xalqasi, III – tashqi xalqa, IV – kvazi ushlab turish zonasi, N va S – Yerning magnit qutbilar, R – Yer radiusi.

Yerning magnit maydoni ta'siri tufayli ushlanib turadi. Yerning radiasion xalqalari murakkab tuzilishga ega (1 - rasm).

Odatda ichki va tashqi radiasion xalqalarni ajratish mumkin, shuningdek kichik energiyali protonlar xalqasi va kvazi ushlab turish zonasi. Ichki xalqa yuqori energiyali protonlar mavjudligi (20 ... 800 MeV) bilan xarakterlanadi. Ushbu xaqada bundan tashqari 20 keV ... 1MeV energiyali elektronlar xam mavjud. Tashqi radiasion xalqada 40 ... 100 keV energiyali elektronlar mavjud, quyosh aktivligi yuqori bo'lgan davrda esa yuqori energiyali elektronlar (1 MeV va undan yuqori) xam bo'ladi. Kichik energiyali protonlar xalqasida 0.03 ... 10 MeV energiyali protonlardan tashkil topgan. Kvazi ushlab turish zonasi tashqi xalqadan kegin joylashgan. U murakkab fazoviy strukturaga ega.

Ko'rib o'tilgan Yerning radiasion xalqalari tabiiy xisoblanadi. Shu bilan bir vaqtning o'zida sun'iy xalqalar xam mavjud, ular asosan atmosferaning tashqi qatlamlarida yadroviy protonlar ro'y berganda xosil bo'ladi va asosan elektronlardan tashkil topadi. Elektronlar manbasi yadrolarning bo'linishini β parchalanishi xisoblanadi. Portlashning quvvati, xarakteri va joyiga binoan sun'iy radiasion xalqalar turli fazoviy joylashuvga, intensivlikga va yashash vaqtiga ega bo'ladilar.

Ionizatsiyalovchi nurlanish (neytronlar, protonlar, elektronlar, γ – nurlar va x.k.) defektlarga olib keladi, bu esa nurlanayotgan materialning atomlarini ionizatsiyasi va strukturaning o'zgarishi bilan bog'lik.

Meteor zarrachalari yulduzlar aro va planetalar aro muxitni tshldiradi. Meteorlarni Yerga nisbatan tezligi 12...72 km/s, Quyoshga nisbatan esa 30...40 km/s ni tashkil qiladi.

Yuqorida aytib o'tganimizdek kosmik fazoning ionizatsiyalovchi kosmik nurlanishi bilan birga chuqur vakuum, nurli issiqlik oqimlari va vaznsizlik xam kiradi. Ushbu fvktorlar mahsulotda issiqlik almashinuvini buzilishi va vakuumni spesifik ta'siri bilan bog'liq.

Chuqur vakuum zarrachalarni past konsentratsiyasi, zichli va bosim bilan xarakterlanadi. 10 ming kilometrdan yuqori bo'lgan balandlikda kosmik fazodagi atmosfera bosimi 10^{-11} Pa ni tashkil qiladi. Lekin ochiq kosmosning faktorlar qiymatlari mahsulotlarning ishlash sharoitlarini xarakterlamaydi. Kosmik apparatning yuzasida va uning otseklarida, shuningdek mahsulotning germetizatsiya qilinmagan bloklarida konstruksiya materiallarining bug'lanishi xisobiga bosim yuqoriroq (10^{-7} ... 10^{-2} Pa atrofida) bo'ladi. Shunday qilib, kosmik apparatning germetizatsiyalanmagan otseklarida joylashtirilgan mahsulot (uning elementlari) 10^{-7} Pa dan kam bo'lmagan bosimda ishlaydi.

Kosmos fazosidagi nurli issiqlik oqimi manbasi sifatida quyosh xizmat qiladi. Quyosh tomoniga qarab turgan kosmik apparatning xar bir metr kvadratiga bir sekunda 1400 joul energiya kelib tushadi. Nurlanish spektroda energiya quyidagicha taqsimlangan: 9% - ultrabinafsha nurlanishi; 46.1% - ko'rinadigan nurlanish; 44.4% - infraqizil; qolgani esa – rengen va korpuskulyar nurlanish. Infraqizil va kurinuvchan diapozondvgi aloxida kvantlarning energiyasi juda kichik, ushbu nurlanishlar moddaga fizik – kiyoviy ta'sir ko'rsatish uchun juda kichik. Infraqizil nurlar issiqlik energiyasini o'tkazadi va mahsulotlarning ochiq materiallarida va elementlarida qizishni vujudga keltiradi. To'lqin uzunligi λ ni kamaytirganda nurlanish kvantining energiyasi ortadi va molekulyar bog'lanishni uzish yoki moddada radiasion nuqsonlar vujudga keltirishga yetarli bo'lishi mumkin.

Yer qolgan planetalar kabi kosmik ob'yekt yuzasiga uzun to'lqinli nurlanishlarni yuboradi, ushbu oqim bulutlar, atmosfera va yer yuzasidan qaytgan quyosh nurlanishining yig'indisi – issiqlik oqimi ta'sir qiladi. Kichik orbitalarda issiqlik oqimining zichligi to'g'ridan-to'g'ri quyosh nurlanishiga nisbatan 40% ga yetishi mumkin, lekin balandlik oshishi bilan ta'sir kamayadi.

Kosmik ob'yektgayulduzlardan kelayotgan issiqlik oqimi juda kichik. Nurlanish manbasi mavjud bo'lganda yulduzlar aro fazodagi nurlanish energiyasi 2.7...4 K ni tashkil qiladi. Xudi shu temperaturaga kosmik apparatning yuzasi va unda joylashgan mahsulot sovishi mumkin edi agar uning ichida issiqlik manbasi bo'lmaganda. mahsulot va kosmik apparatning issiqlik balansiga issiqlik nurlanishlar oqimi katta xissa qo'shadi.

Vazinsizlik kosmik apparatni erkin orbital uchishida kosmik fazo faktori sifatida katta o'rin

tutadi va gravitatsiya kuchlari bilan inersiya kuchlarining muvozanatlashuvi natijasida vujudga keladi. Mahsulotga ta'siri bo'yicha vaznsizlikni issiqlik manbasining gidrodinamikasini o'zgarishi, qaynash jarayonlari va xladagentlarni kondensatsiyasi orqali mahsulotning issiqlik rejimlariga ta'sir o'tkazuvchi faktorlar sifatida ko'rib o'tish mumkin. Shuning uchun vaznsizlik kosmik apparatlarning germetizatsiya qilingan otseklarida joylashgan mahsulotlar uchun xisobga olinadi.

Adabiyotlar

- [1]. Сударикова Е. В. Неразрушающий контроль в производстве: учеб. пособие. Ч. 1.; ГУАП. - СПб., 2007. - 137 с.: ил.
- [2]. Сударикова Е. В. Неразрушающий контроль в производстве: учеб. пособие. Ч. 2.; ГУАП. - СПб., 2007. - 112 с.: ил.
- [3]. Шишкин И.Ф., Сергушев Г.Ф. Испытания и испытательные оборудование: учеб. пособие. - СПб.; СЗТУ, 1991. – 37 с.
- [4]. Сибринин Б.П. Оценивание качества продукции: Лекция. – Пенза: ПГУ, каф. МСК, 2004. – 32 с. (В помощь студенту, серия "Качество", вып. 4).
- [5]. Азгальдов Г.Г. Практическая квалиметрия в системе качества: ошибки и заблуждения. //Методы менеджмента качества, 2001, № 3.
- [6]. Купряков Е.М. Стандартизация и качество промышленной продукции. – 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1991.

GO'SHT VA GO'SHT MAHSULOTLARI KIMYOVIY TARKIBINI TADBIQ QILISH

B. Sattarova¹, magistrant M. Boltabayeva²

¹Farg'ona davlat texnika universiteti,

²Oziq-ovqat texnologiyasi va muhandisligi xalqaro instituti

[\(Qabul qilindi 22.02.2026 y.\)](#)

Annotatsiya. Ushbu ilmiy maqolada go'sht va go'sht mahsulotlarining kimyoviy tarkibini tadbiq etish masalalari yoritilgan. Go'sht mahsulotlari oziq-ovqatlar orasida yuqori kaloriyaliligi va to'yimlilik bilan alohida ahamiyat kasb etadi hamda ularni boshqa mahsulotlar bilan to'liq almashtirib bo'lmaydi. Ushbu mahsulotlar inson organizmi va salomatligi uchun zarur bo'lgan oqsil, yog'lar, aminokislotalar va vitaminlarga boy hisoblanadi. Maqolada go'sht va go'sht mahsulotlarining kimyoviy tarkibini chuqur o'rganish hamda ularni amaliy jihatdan qo'llash masalalari tahlil qilingan.

Tayanch so'zlar: go'sht ishlab chiqarish, go'sht mahsulotlari, go'shtning kimyoviy tarkibi, mahsulotni tadbiq etish

Аннотация. В данной научной статье рассматриваются вопросы применения химического состава мяса и мясных продуктов. Мясные продукты занимают особое место среди пищевых продуктов благодаря своей высокой калорийности и питательной ценности и не могут быть полностью заменены другими продуктами. Они являются богатыми источниками белков, жиров, аминокислот и витаминов, необходимых для организма человека и его здоровья. В статье также проведён углублённый анализ химического состава мяса и мясных продуктов, а также рассмотрены вопросы их практического применения.

Ключевые слова: производство мяса, мясные продукты, химический состав мяса, применение продукции

Abstract. This scientific article discusses the application of the chemical composition of meat and meat products. Meat products hold a significant place among food products due to their high caloric value and nutritional importance and cannot be completely replaced by other products. They are rich sources of proteins, fats, amino acids, and vitamins essential for human health and the proper functioning of the body. The article also provides an in-depth analysis of the chemical composition of meat and meat products and examines their practical applications.

Keywords: meat production, meat products, chemical composition of meat, product application.

Bugungi kunda oziq-ovqat mahsulotlari tarkibini chuqur o'rganish va ularning inson salomatligiga ta'sirini baholash muhim ilmiy va amaliy ahamiyat kasb etmoqda. Ayniqsa, go'sht va go'sht mahsulotlari inson ratsionida muhim o'rin egallab, yuqori oziqaviy qiymati bilan ajralib turadi. Ushbu mahsulotlar organizm uchun zarur bo'lgan to'liq qiymatli oqsillar, yog'lar, muhim

aminokislotalar hamda vitamin va mineral moddalar manbai hisoblanadi.

Aholining oziq-ovqatga bo'lgan ehtiyojini qondirishda go'sht mahsulotlarining sifati va xavfsizligini ta'minlash dolzarb masalalardan biridir. Shu sababli go'sht va go'sht mahsulotlarining kimyoviy tarkibini o'rganish, ularning biologik qiymatini aniqlash va ishlab chiqarishda samarali qo'llash ilmiy tadqiqotlarning asosiy yo'nalishlaridan biri bo'lib qolmoqda.

Bundan tashqari, go'sht mahsulotlarini qayta ishlash jarayonida ularning tarkibiy xususiyatlarini saqlab qolish, oziqaviy qiymatini oshirish hamda zamonaviy texnologiyalar asosida sifatlil mahsulotlar ishlab chiqarish muhim ahamiyatga ega. Ushbu maqolada go'sht va go'sht mahsulotlarining kimyoviy tarkibi, ularning o'ziga xos xususiyatlari hamda amaliy qo'llanilish jihatlari keng yoritiladi.

Go'sht va go'sht mahsulotlarining kimyoviy tarkibi, oziqaviy qiymati hamda inson salomatligiga ta'siri masalalari ko'plab mahalliy va xorijiy olimlar tomonidan keng o'rganilgan. Ilmiy manbalarda qayd etilishicha, go'sht mahsulotlari yuqori biologik qiymatga ega bo'lib, ular tarkibida organizm uchun zarur bo'lgan barcha muhim aminokislotalar mavjud.

Ko'plab tadqiqotlarda go'sht tarkibining asosiy qismini oqsillar, yog'lar, suv va mineral moddalar tashkil etishi ta'kidlangan. Oqsillar, ayniqsa, mushak to'qimalarining asosiy tarkibiy qismi bo'lib, inson organizmi uchun muhim qurilish materiali hisoblanadi. Shuningdek, go'sht tarkibidagi yog'lar energiya manbai sifatida xizmat qiladi va ularning miqdori hayvon turi, yoshi hamda oziqlanish sharoitiga bog'liq holda o'zgarib turadi.

Ilmiy izlanishlarda go'sht mahsulotlari tarkibidagi vitaminlar, xususan B guruhi vitaminlari (B1, B2, B6, B12) va temir, rux kabi mineral moddalar inson sog'lig'ini saqlashda muhim rol o'ynashi qayd etilgan. Ayrim mualliflar tomonidan go'sht mahsulotlarining hazm bo'lish darajasi yuqori ekanligi va ular organizm tomonidan tez o'zlashtirilishi ta'kidlangan.

Shu bilan birga, zamonaviy tadqiqotlar go'sht mahsulotlarini qayta ishlash jarayonida ularning kimyoviy tarkibi va oziqaviy qiymatida yuz beradigan o'zgarishlarni ham o'rganishga qaratilgan. Issiqlik bilan ishlov berish, saqlash sharoitlari va texnologik jarayonlar mahsulot tarkibiga sezilarli ta'sir ko'rsatishi aniqlangan.

Xulosa qilib aytganda, mavjud ilmiy adabiyotlar go'sht va go'sht mahsulotlarining yuqori oziqaviy va biologik qiymatini tasdiqlaydi hamda ularning kimyoviy tarkibini chuqur o'rganish va amaliyotda qo'llash zarurligini ko'rsatadi.

Mazkur tadqiqot ishida go'sht va go'sht mahsulotlarining kimyoviy tarkibini o'rganish hamda ularni amaliy jihatdan tadbiq etish masalalari kompleks yondashuv asosida amalga oshirildi. Tadqiqot davomida nazariy va amaliy usullardan foydalanildi.

Tadqiqotning nazariy qismida mahalliy va xorijiy ilmiy adabiyotlar, ilmiy maqolalar hamda me'yoriy hujjatlar tahlil qilindi. Ushbu manbalar asosida go'sht mahsulotlarining kimyoviy tarkibi, oziqaviy qiymati va biologik ahamiyati o'rganildi.

Amaliy tadqiqotlar davomida turli xil go'sht namunalari (mol, qo'y va parranda go'shti) tanlab olindi va ularning kimyoviy tarkibi laboratoriya sharoitida tekshirildi. Tadqiqot jarayonida quyidagi asosiy ko'rsatkichlar aniqlanadi:

- umumiy oqsil miqdori;
- yog' miqdori;
- namlik darajasi;
- kul (mineral moddalar) miqdori;
- ayrim muhim aminokislotalar tarkibi.

Kimyoviy tahlillar standart laboratoriya usullari asosida amalga oshirildi. Xususan, oqsil miqdorini aniqlashda Kjeldal usuli, yog' miqdorini aniqlashda ekstraktsiya usuli, namlikni aniqlashda quritish usuli, mineral moddalarni aniqlashda esa kuydirish (kulga aylantirish) usulidan foydalanildi.

Olingan natijalar statistik usullar yordamida qayta ishlanib, ularning o'rtacha qiymatlari va ishonchlilik darajasi baholandi. Tadqiqot natijalari jadval va grafiklar orqali tahlil qilindi hamda ularning amaliy ahamiyati asoslab berildi.

Tadqiqot davomida turli xil go'sht mahsulotlarining kimyoviy tarkibi tahlil qilindi. Olingan

natijalar shuni ko'rsatdiki, go'sht tarkibida oqsillar asosiy o'rinni egallaydi va ularning miqdori o'rtacha 16–22% ni tashkil etadi. Yog' miqdori esa hayvon turiga va go'shtning qismiga qarab sezilarli darajada farqlanadi (3–25% gacha).

Mol go'shti tarkibida oqsil miqdori nisbatan yuqori bo'lib, u inson organizmi uchun zarur bo'lgan muhim aminokislotalarga boy ekanligi aniqlandi. Qo'y go'shti esa yog' miqdorining yuqoriligi bilan ajralib turadi, bu uning yuqori kaloriyaliligini ta'minlaydi. Parranda go'shti esa yengil hazm bo'lishi va past yog' miqdori bilan dietik ahamiyatga ega ekani bilan tavsiflanadi.

Shuningdek, laboratoriya tahlillari natijasida go'sht mahsulotlarida B guruhi vitaminlari, temir va rux kabi mikroelementlar mavjudligi tasdiqlandi. Ushbu komponentlar inson organizmining qon hosil bo'lishi, immun tizimi faoliyati va moddalar almashinuvida muhim rol o'ynaydi.

Muhokama jarayonida aniqlanishicha, go'sht mahsulotlarining kimyoviy tarkibi ularning biologik qiymatini belgilovchi asosiy omil hisoblanadi. Saqlash va qayta ishlash texnologiyalari esa ushbu tarkibga sezilarli ta'sir ko'rsatadi. Xususan, yuqori haroratda ishlov berish oqsil denaturatsiyasiga olib kelishi mumkin, biroq mahsulotning hazm bo'lishini osonlashtiradi.

Umuman olganda, olingan natijalar go'sht mahsulotlarining yuqori oziqaviy qiymatga ega ekanligini tasdiqlaydi.

Xulosa

Tadqiqot natijalariga ko'ra, go'sht va go'sht mahsulotlari inson organizmi uchun muhim oziqaviy manba hisoblanadi. Ularning tarkibi oqsillar, yog'lar, vitaminlar va mineral moddalarga boy bo'lib, yuqori biologik qiymatga ega.

Turli xil go'sht turlarining kimyoviy tarkibi o'zaro farq qilishi aniqlanib, mol, qo'y va parranda go'shtlarining har biri o'ziga xos oziqaviy xususiyatlarga ega ekanligi tasdiqlandi.

Shuningdek, go'sht mahsulotlarini qayta ishlash va saqlash texnologiyalari ularning kimyoviy tarkibi va sifatiga bevosita ta'sir ko'rsatishi aniqlandi. Shu sababli, sifatli va xavfsiz mahsulot ishlab chiqarish uchun zamonaviy texnologiyalardan foydalanish muhim hisoblanadi.

Xulosa qilib aytganda, go'sht mahsulotlarining kimyoviy tarkibini chuqur o'rganish ularning oziqaviy qiymatini oshirish va inson salomatligi uchun foydali mahsulotlar ishlab chiqarishda muhim ahamiyatga ega.

Adabiyotlar

- [1]. Rahmanov A.R., Ismailov Sh.T. Oziq-ovqat mahsulotlari texnologiyasi. – Toshkent: Fan va texnologiya, 2019.
- [2]. Karimov O.K. Go'sht va go'sht mahsulotlari texnologiyasi. – Toshkent: O'zbekiston milliy ensiklopediyasi, 2018.
- [3]. FAO (Food and Agriculture Organization). Meat processing and quality standards. – Rome, 2020.
- [4]. Lawrie R.A., Ledward D.A. Lawrie's Meat Science. – Cambridge: Woodhead Publishing, 2014.
- [5]. Abduqodirov B.B. Oziq-ovqat kimyosi asoslari. – Toshkent: O'qituvchi, 2017.
- [6]. ISO 937:1978. Meat and meat products — Determination of nitrogen content (Reference method).
- [7]. ISO 1442:1997. Meat and meat products — Determination of moisture content (Reference method).
- [8]. Chizhov G.B. Biokhimiya myasa i myasnykh produktov. – Moskva: Kolos, 2015.

“УНИ – АГРО” КОМПЛЕКС ЎЎИТИНИ ҚЎЛЛАШ УСУЛИ, МУДДАТИ ВА МЕЎЁРЛАРИГА БОЎЛИҚ ҲОЛДА ПАХТА ҲОСИЛИГА ТАЪСИРИ

Ф.Э. Тўхташев

*Озиқ-овқат технологияси ва муҳандислиги халқаро институти
(Қабул қилинди 10.03.2026 й.)*

Annotatsiya: Ushbu maqolada g'ozani UNI-AGRO suyuq azotli o'g'iti bilan barg orqali oziqlantirishning paxta hosildorligiga ta'siri o'rganilgan. Tadqiqotlarda suyuq azotli o'g'itning g'ozaning paxta hosildorligiga ta'siri tahlil qilindi. Olingan natijalar Uni-agro suyuq azotli o'g'itini vegetatsiya davrining muhim bosqichlarida qo'llash o'simlikning oziqlanish holatini yaxshilashi, fiziologik jarayonlarni faollashtirishi va natijada hosildorlikni sezilarli oshirishga xizmat qilishini ko'rsatdi. Shuningdek, ushbu usul mineral oziqlantirish samaradorligini kuchaytirib, g'ozaga xosildorligini yaxshilashi aniqlangan.

Tayanch so‘zlar: g‘o‘za, Uni-agro suyuq azotli o‘g‘it, bargdan oziqlantirish, paxta hosildorligi, ko‘sak, vegetatsiya, hosil sifati.

Аннотация : В данной статье изучено влияние внекорневой подкормки хлопчатника жидким азотным удобрением UNI-AGRO на урожайность хлопка. В исследованиях был проведён анализ влияния жидкого азотного удобрения на урожайность хлопчатника. Полученные результаты показали, что применение жидкого азотного удобрения UNI-AGRO на важных этапах вегетационного периода улучшает питательный режим растений, активизирует физиологические процессы и, как следствие, способствует значительному повышению урожайности. Также установлено, что данный метод усиливает эффективность минерального питания и способствует улучшению продуктивности хлопчатника. **Ключевые слова:** хлопчатник, UNI-AGRO, жидкое азотное удобрение, внекорневая подкормка, урожайность хлопка, коробочка, вегетация, качество урожая.

Abstract: This article examines the effect of foliar feeding of cotton with UNI-AGRO liquid nitrogen fertilizer on cotton yield. The studies analyzed the impact of liquid nitrogen fertilizer on cotton productivity. The obtained results showed that the application of UNI-AGRO liquid nitrogen fertilizer at critical stages of the growing season improves the nutritional status of the plant, activates physiological processes, and consequently contributes to a significant increase in yield. It was also determined that this method enhances the efficiency of mineral nutrition and improves cotton productivity.

Keywords: cotton, Uni-agro, liquid nitrogen fertilizer, foliar feeding, cotton yield, boll, vegetation, yield quality.

Дунё кишлок хўжалиги амалиётида ғўзани баргидан озиқлантириш орқали ўсимликнинг ўсиши ва ривожланишини яхшилаш, унда кечадиган моддалар алмашинуви, фотосинтез ва транспирация жараёнларини жадаллаштириш орқали юқори ва сифатли пахта ҳосили олишга эришилмоқда. Ғўза баргидан озиқлантирилганда ўсимлик озиқа моддаларни барг ва поялари орқали ўзлаштиради. Шу сабабли ғўзани баргидан озиқлантиришда уни парваришlashда қўлланилаётган минерал ўғитлар меъёрларини ҳам инобатга олган ҳолда суспензияларни қўллашнинг мақбул муддат ва меъёрларини аниқлаб бериш бўйича олиб бориладиган илмий тадқиқот ишларига алоҳида аҳамият берилмоқда.

Республикамиздаги мавжуд суғориладиган майдонларнинг унумдорлик даражасини йилдан-йилга пасайиб бораётганлиги сабабли кишлок хўжалик экинларидан юқори ва сифатли ҳосил етиштириш учун ўсимликларни баргидан озиқлантиришга алоҳида эътибор қаратилмоқда. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 23 октябр 2019 йилдаги ПФ-5853-сон «Ўзбекистон Республикаси кишлок хўжалигини ривожлантиришнинг 2020-2030 йилларга мўлжалланган стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида» ги фармонида белгиланганидек кишлок хўжалиги ишлаб чиқариш соҳасига интенсив технологияларни, энг аввало, сув ва ресурстежайдиган замонавий агротехнологияларни қўллаш муҳим вазифалардан бири сифатида белгилаб берилган. Шу асосда кишлок хўжалиги экинларини барги орқали озиқлантиришда қўлланилаётган минерал ўғитларни инобатга олган ҳолда суспензия қўллашнинг мақбул муддат ва меъёрларини ишлаб чиқиш бўйича олиб бориладиган илмий тадқиқотлар долзарб ҳисобланади.

Дала экинларини озиқлантиришда 1 - ўринни минерал ўғитлар эгаллайди. Агар тупроқда керакли бўлган азот моддаси етишмаса ўсимликнинг ўсиши секинлашади, ғўза барглари майдалашади ранги оч яшил тусга киради. Ғўза поялар эса ингичка бўлиб, мева ҳосил қилиши секинлашишига олиб келади. Ҳар бир ўсимлик минерал ёки тупроқда мавжуд азот элементи билан яхши таъминланганда поя ва барглари тўқ яшил рангда бўлади, ҳосил ўргинларининг шаклланиши яхшиланади, натижада ҳосилдорлик ортади.

Маъдан ўғитлар асосида тайёрланган суюқ ўғитлар (суспензиялар) ғўза етиштиришда самарали ҳисобланади. Биламизки ғўза ўсимлигининг азотли ўғитларга бўлган эҳтиёжи, ўсимликнинг дастлабки ривожланиш давларидан бошлаб, то пишиш давригача давом этади. Ғўза ўсимлигида кечадиган барча физиологик жараёнларда азот элементи бевосита иштирок этади. Ғўзадан олинадиган ҳосилни юқори ва сифатли бўлишида, ўсимлик азот элементи билан таъминланиш даражасига боғлиқ бўлади. Пахта ҳосилини юқори бўлиши ҳамда унинг сифатини сақлаб қолишда, ўсимликнинг ривожланиш давларида азотли ўғитларга бўлган

эхтиёжларини мавсум давомида тўлиқ қондириш керак бўлади. Шунингдек, ғўза ўсимлигини баргидан ўз вақти ва меъёрида озиклантириш ҳам унинг ҳосилдорлигини ошириш ва сифатини яхшилашда яхши самара беради.

Қ.А.Давронов ва Ш.Ибрагимов берган маълумотларга кўра, ғўза экинини гуллаш даврида баргидан суюқ азот-кальцийли ўғити билан суспензия шаклида озиклантиради, натижаларга кўра очилган кўсақлар сони 6,1 донани, кўсақлар сони 3,0 донани, шоналар сони 2,3 донани, гуллар сони 0,7 донани ташкил этиб, ҳосил нишонлари 12,1 донани, жами эса 34,6 донани ташкил этиб, шулардан 22,5 донаси ёки 65% қисми тўкилганлиги маълум бўлади.

Кейинги йилларда республикаимиздаги мавжуд суғориладиган майдонлардаги аксарият тупроқларнинг унумдорлиги пасайиб бораётганлиги ҳеч кимга сир эмас. Бунинг натижада қишлоқ хўжалик экинларидан олинадиган ҳосилдорлик ҳам камайиб бормоқда. Бу кўрсаткичлар шуни кўрсатадики қишлоқ хўжалик экинларини илдизидан ташқари ғўзани барги орқали озиклантиришни ҳам тақозо этади. Бу эса ўз навбатида илмий тадқиқот ишларини олиб боришга асос бўлди.

Бизнинг тажрибаларимизда, ғўзанинг баргидан озиклантиришда Уни-агро суюқ азотли ўғити ва минерал ўғитлар асосида тайёрланган суспензиялар билан ишлов беришнинг муддат ва меъёрлари ишлаб чиқилган.

1-жадвал

ТАЖРИБА ТИЗИМИ

Т/г	Тажриба вариантлари	2-3 чинбарг даврида ишлов бериш меъёри	Шоналаш-гуллаш, даврида ишлов бериш меъёри, кг, л/га
1	Назорат	-	-
2	Суспензия (карбамид, фосфор, калий)	5-2-1 кг/га	7-3-2 кг/га
3	Уни-агро (Суюқ азотли ўғит)	5 л/га	10 л/га
4		10 л/га	15 л/га
5		15 л/га	20 л/га
6		20 л/га	25 л/га

Қўлланилган препаратнинг қисқача физик кимёвий тавсифи: Уни-Агро- Фарғона Азот ОАЖ томонидан тавсия этилган янги турдаги суюқ комплекс ўғит ҳисобланади.

2-жадвал

№	Таъсир этувчи моддалар номи	Моддалар меъёри
1	Умумий азот (N%)	27-30
2	Умумий олтингургут (S%)	1,8-2,0
3	Стимулятор	0,3-0,4
4	Микроэлемент (Cu%)	0,036-0,041
5	Эритманинг водород кўрсаткичи (pH)	7

Пахта ҳосили кўп жиҳатдан бир дона кўсақдаги пахтанинг вазнига боғлиқ бўлади. Бир дона кўсақдаги пахта вазни мавсумда ўтказилган қатор агротехник ишловлар ва қўлланган маҳаллий ҳамда маъдан ўғитларнинг таъсирига бевосита боғлиқдир. Илмий тадқиқотларимизда кўшимча равишда суюқ азотли ўғит турли меъёр ва муддатларда қўллашнинг бир дона кўсақдаги пахта вазнининг ўзгаришига таъсири ўрганилди.

Тадқиқот олиб борилган йиллар давомида тажриба майдонидан пахта ҳосили 2-3 марта териб олинди. Ҳар-бир терим олдидан вариантлар бўйича 100 та кўсақдаги пахтанинг ўртача оғирлиги ҳисобланди.

Ўтлоқи соз тупроқлар шароитида олиб борилган тажрибаларимизда суюқ азотли ўғитларни ўғитлар қўшимча равишда ғўзани вегетацияда давомида турли хил меъёрларининг пахта ҳосилига таъсири аниқланди.

3-жадвал

Суюқ азотли ўғитни қўллаш усули, муддати ва меъёрларининг пахта ҳосилига таъсири

№	Тажриба вариантлари	Тажриба олиб борилган йиллар			Уч йиллик ўртача, ц/га	Қўшимча, ц/га суспензия ҳисобига
		2021	2022	2023		
1	Назорат	32,0	32,2	31,7	32,0	
2	Суспензия (карбамид, фосфор, калий)	34,7	35,0	34,9	34,9	2,9
3	Уни-агро (суюқ азотли ўғит)	36,1	36,9	36,5	36,5	4,5
4		37,0	37,1	37,4	37,2	5,2
5		38,1	38,4	38,6	38,4	6,4
6		36,1	36,3	36,0	36,1	4,2

Қўшимча равишда суюқ азотли ўғит қўлланилган (3 ва 6) вариантларда пахта ҳосили уч йилда ўртача мос равишда 36,5 ва 36,1 ц/га ни ташкил этди. Аммо суюқ азотли ўғит қўлланилган (4 ва 5) вариантларда пахта ҳосили уч йилда ўртача мос равишда 37,2 ва 38,4 ц/га ни ташкил этиб, қўшимча равишда суюқ азотли ўғит қўлланилмаган назорат вариантыда уч йилда ўртача 32,0 ц/га ни ташкил этиб, суюқ азотли ўғит қўлланилган вариантларга нисбатан 4,5-6,4 ц/га кам ҳосил олинди.

Натижада йиллик минерал ўғит меъёрларига қўшимча равишда суспензия (карбамид, фосфор, калий) ўғитларни қўлланиши пахта ҳосилини 2,9 ц/га га ошишига олиб келган бўлса, қўшимча равишда суюқ азотли ўғитларни турли меъёрлада қўллаш 4,5-6,4 ц/га, гектарига қўшимча пахта ҳосили олишга эришилди.

Шундай қилиб, 2021-2023 йилларда ўртача шўрланган ўтлоқи соз тупроқлар шароитида, суспензия (карбамид, фосфор, калий) ўғитларни қўллаш 2,9 ц/га, суюқ азотли ўғитни қўшимча озика сифатида қўллаш пахта ҳосилини ўртача 4,5-6,4 ц/га ошишига олиб келиб натижада, қўшимча пахта ҳосили олишга эришилган.

Адабиётлар

- [1]. Давронов К.А., Ибрагимов О.О., Эффективность применения жидкого азотнокальцийного удобрения для предупреждения элементов урожая // Журнал. Актуальные проблемы современной науки, Москва. 2017. №6. С 139-143. (06.00.00., № 6). <https://elibrary.ru/item.asp?id=30769897>
- [2]. Давронов К.А., Тухташев Ф.Э. Изучение условий и норм применения жидких азотных удобрений при выращивании хлопка в условиях последних почв // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2021. 6(87). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12010>
- [3]. Tukhtashev, F. E., & Davronov, Q. A. (2021). Effect of Liquid Nitrogen Fertilizers on the Increase of Cotton Yield Elements. European Journal of Life Safety and Stability (2660-9630), 11, 70-73. Retrieved from <http://ejlss.indexedresearch.org/index.php/ejlss/article/view/197>

SIYOSIY NUTQDA PAREMIOLOGIK BIRLIKLARDAN FOYDALANISH

G.M. Madaminova

Farg'ona davlat texnika universiteti,
gulsoramadaminova@gmail.com
(Qabul qilindi 10.03.2026 y.)

Annotatsiya: Ushbu maqolada siyosiy nutqda paremiologik birliklar — ya'ni maqollar, aforizmlar va iboralarning qo'llanilish sabablari hamda maqsadlari lingvopragmatik va stilistik jihatdan tahlil qilinadi. Tadqiqotda bunday birliklarning siyosiy nutqqa estetik ifoda, ta'sirchanlik va ishonarlilik baxsh etishi, shuningdek, auditoriyani tez va samarali tarzda ishonitirish, siyosiy g'oyalarni targ'ib etish hamda siyosiy mavqeni mustahkamlashdagi o'rni ko'rsatib beriladi. Shuningdek, maqolada siyosiy kommunikatsiyaning lingvistik hamda psixologik xususiyatlari asosida paremiologik birliklarning semantik va pragmatik funksiyalari yoritiladi.

Tayanch so'zlar: paremiologik birliklar, maqollar, matallar, idiomatik iboralar, ritorik ta'sir, lingvistik vositalar, madaniy qadriyatlar, uslubiy tanlov, strategik qo'llanish, ta'sirchanlik, auditoriyani jalb etish.

Abstract: This article examines the reasons and goals for the use of paremiological units (proverbs, aphorisms, idiomatic expressions) in political discourse from the perspective of linguopragmatics and stylistics. Paremiological units enhance political speech by adding aesthetic appeal, persuasiveness, and credibility, while also serving the function of popularizing political ideas and reinforcing political positions. The article reveals the semantic and pragmatic roles of paremiological units in political communication, taking into account linguistic and psychological aspects.

Key words: paremiological units, proverbs, sayings, idiomatic expressions, rhetorical effect, linguistic devices, cultural values, stylistic choice, strategic use, impact, audience engagement.

Аннотация: В данной статье рассматриваются причины и цели использования паремиологических единиц (пословиц, афоризмов, фразеологических выражений) в политической речи с точки зрения лингвопрагматики и стилистики. Паремиологические единицы придают политической речи эстетическую выразительность, убедительность и доверие, а также выполняют функцию популяризации политических идей и укрепления политических позиций. В статье раскрывается семантическая и прагматическая нагрузка паремиологических единиц в политической коммуникации с учётом лингвистических и психологических факторов.

Ключевые слова: паремиологические единицы, пословицы, поговорки, идиоматические выражения, риторический эффект, языковые приемы, культурные ценности, стилистический выбор, стратегическое использование, воздействие, вовлечение аудитории.

Research Methodology:

A political discourse is an oral or written text created by politicians, statesmen or public leaders to persuade, mobilize the public or promote a certain political idea.

Its main tasks are:

persuasion,
influence,
formation of political values,
strengthening national identity.

◆ 2. The concept of paremiological units

Paremiological units are stable units that express folk wisdom, such as proverbs, sayings, expressions, wise sayings. They are an expression of the thinking of society, cultural values and national worldview.

For example:

“The unity of the people is the power of the country”

“A word is an arrow, once it leaves the mouth, it does not return”

“He who works bites”

◆ 3. The role of paremiological units in political speech

In political speech, paremiological units perform the following communicative and pragmatic functions:

Persuasive function - when a politician speaks in the vernacular, using folk expressions, the audience trusts him more.

☞ For example: “We will abandon one yoke and further develop our country.”

Expression of national values - the idea of national unity, patriotism, and justice is promoted through proverbs.

☞ “The people who walk with the people will be a nation, and those who walk alone will be

destroyed.”

Emotional impact - it emotionally strengthens political speeches.

☞ “We could not be broken by trials, because ‘the power of the people will lift even the mountain.’”

Revitalizing the cultural context - relying on folk oral creativity makes political speech "local in spirit".

◆ 4. Areas of analysis

Paremiological units in political speech can be studied through the following analysis criteria:

Semantic (content analysis): their meaning and connotation.

Pragmatic (direction of influence): what reaction they evoke in the audience.

Discursive (speech context): the connection of a proverb or expression with a political event.

◆ 5. Examples (from international and local political speeches)

Shavkat Mirziyoyev: "Today, our people are realizing the proverb 'out of abundance comes abundance'."

Barack Obama: "We stand on the shoulders of giants" - a paremiological expression in English (a reference to the heritage of generations).

The use of paremiological units in political discourse is considered not only as a means of proximity to the folk language, but also as a means of strengthening national identity, persuading the audience and strengthening the political idea. Examples are taken from Uzbek political speeches and political texts in English.

Introduction

Political speech is a communicative tool created by statesmen, politicians and public leaders to mobilize the people, to promote a certain idea or view. In such speeches, effectiveness, persuasion, logic and relevance to the cultural context are important.

The study of political speech discourse in linguistics combines the areas of political linguistics, pragmalinguistics and paremiology. In particular, paremiological units, as stable forms embodying the wisdom, experience and values of the people formed over the centuries, strengthen the emotional and spiritual basis of political speech.

Literature review

The communicative significance of paremiological units has been analyzed by many researchers. Russian linguists such as A.N. Kunin, A.V. Zhukov, V.N. Telia have studied the semantic and cultural properties of paremiological units.

In Uzbek linguistics, scholars such as M. Kadirova, G. Jo'raeva, N. Mahmudova analyzed the place of proverbs and sayings in national thought.

However, the discursive and pragmatic function of paremiological units in political speech has not yet been sufficiently studied.

Methodology

The study was conducted based on a discursive-pragmatic approach. Political speeches of the President of Uzbekistan Shavkat Mirziyoyev, speeches at the UN rostrum, and texts taken from political speeches in English (B. Obama, W. Churchill) were selected and studied.

The main methods of analysis:

Contextual analysis - the location and meaning of a proverb or phrase in speech is determined;

Semantic analysis - the hidden meaning and connotation of a paremiological unit are revealed;

Pragmatic analysis - how these units affect the audience is studied.

Results

The analysis revealed that paremiological units are used in political speeches for three main purposes:

As a means of persuasion.

For example, in Sh. Mirziyoyev's speech: “Today, our people are proving in life the proverb ‘from many comes more’.”

This phrase has a motivational effect by emphasizing the unity and strength of the people.

To express national values.

The proverb “Unity of the people is the strength of the country” strengthens the political idea in the national spirit.

To create cultural adaptation and a folk style.

In B. Obama's speech: The phrase “We stand on the shoulders of giants” expresses the idea of respect for past generations and appreciation of historical heritage.

Paremiological units enrich the emotional background in political speeches, reduce the distance with the people, and make the speech more natural and memorable.

Discussion

Paremiological units in political discourse are not just aesthetic decorations, but also strategic communicative tools. With their help, a politician:

gets closer to the people's psyche;

expresses his political goals in the language of the people;

conveys complex ideas in a simple, memorable form.

Such units play an important role in political discourse in forming national identity, strengthening political unity, and ensuring social integration.

◆ 6. Paremiological units bring political discourse:

closer to the people's psyche,

make it emotional and impressive,

promote national ideas and values.

Methods

The analysis is based on qualitative examination of paremiological units used in publicistic texts, political speeches, and journalistic writing. Examples were drawn from contemporary media and political discourse to illustrate how traditional expressions are adapted to modern contexts while preserving their rhetorical strength. The study focuses on three main aspects:

1. Adaptability – how proverbs and sayings are modified for modern relevance;

2. Rhetorical and emotional appeal – the role of these units in persuasion and audience engagement;

3. Cultural and ideological alignment – how shared wisdom reinforces common values between author and audience.

Results

The analysis revealed several key findings: Adaptability and Flexibility: Paremiological units demonstrate remarkable adaptability. For instance, the traditional saying “A penny saved is a penny earned” can be reframed in modern contexts to emphasize saving energy or environmental resources, maintaining relevance across time and issues.

Rhetorical and Emotional Resonance: Expressions such as “The pen is mightier than the sword” carry both historical and emotional weight, strengthening arguments for peace, diplomacy, or intellectual freedom.

Cultural Connection: By using familiar proverbs, authors and speakers align themselves with the audience's values and collective wisdom, creating trust and a sense of shared identity.

Discussion

The findings highlight the multifaceted role of paremiological units in publicistic discourse. Their rhetorical power lies in their ability to combine brevity with universality, making complex arguments accessible and emotionally engaging. Politicians and journalists often employ these units to resonate with cultural traditions, appeal to moral authority, or critique policies effectively. Moreover, the adaptability of proverbs ensures their ongoing relevance in contemporary discourse, as they can be reshaped to address modern social, political, and environmental challenges.

Conclusion

Paremiological units are one of the main communicative tools of political speech, enriching its semantic, stylistic and pragmatic layers. These units make it possible to make the speech of a political leader more credible, understandable and impressive. Therefore, the effective use of

paremiological units in modern political discourse is considered one of the important indicators of oratory skills. The use of paremiological units in political texts increases the effectiveness of political speech, allows complex political ideas to be expressed simply and fluently. The semantic and pragmatic properties of paremiological units change and adapt in accordance with the political context. The study shows that the use of folk oral art samples in political texts serves as an effective tool for strengthening national identity, convincing the public of political ideas, and motivating them to action.

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. Евразийский 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.

UDK. 334.012.64:658.14(575.1)

NAMANGAN VILOYATIDA KICHIK BIZNES SUBYEKTLARIDA MOLIYAVIY RESURLARDAN FOYDALANISH SAMARADORLIGINI OSHIRISH

B.R. Sarimsakov¹, K.K. Ismatullayev¹, tinglovchi R.A. Mirzaabdullayev²,
tayanch doktorant D.X. Atajanova¹

¹Namangan davlat texnika universiteti

²Biznes va tadbirkorlik oliy maktabi

Tel: +99(894)-930-00-87 krone0688@mail.ru

Tel: +99(895)-137-77-76 kyuks-1989@mail.ru

Tel: +99(893)776-30-03, mirzaabdullayevrasuljon@gmail.com

Tel: +99(891)349-03-86, atajanovadilafroz@gmail.com

[\(Qabul qilindi 10.03.2026 y.\)](#)

Annotatsiya: Maqolada Namangan viloyatidagi kichik biznes subyektlarida moliyaviy resurslardan foydalanish samaradorligini oshirish masalalari empirik jihatdan tadqiq etildi. Namangan viloyatining iqtisodiy statistikasi, kichik biznesning hududdagi ulushi va moliyaviy holatga oid statistik indikatorlar asosida moliyaviy samaradorlik tahlili o'tkazildi. Olingan natijalar asosida samaradorlikni oshirish bo'yicha tavsiyalar ishlab chiqildi.

Tayanch so'zlar: Namangan viloyati, kichik biznes, moliyaviy resurslar, samaradorlik, moliyaviy boshqaruv, aylanma mablag'lar, rentabellik.

Аннотация: В статье эмпирически исследованы вопросы повышения эффективности использования финансовых ресурсов в субъектах малого бизнеса Наманганской области. Анализ финансовой эффективности проведен на основе статистических данных о состоянии экономики региона, доли малого бизнеса в хозяйственной деятельности и показателей финансового состояния предприятий. На основе полученных результатов разработаны рекомендации по повышению эффективности использования финансовых ресурсов.

Ключевые слова: Наманганская область, малый бизнес, финансовые ресурсы, эффективность, финансовое управление, оборотные средства, рентабельность.

Abstract: The article empirically investigates the issues of improving the efficiency of financial resource utilization in small business entities in Namangan Region. The analysis of financial efficiency was conducted based on the region's socio-economic statistics, the share of small businesses in local economic activities, and the financial indicators of enterprises. Based on the obtained results, recommendations for enhancing the efficiency of financial resource utilization were developed.

Key words: *Namangan Region, small business, financial resources, efficiency, financial management, working capital, profitability.*

Introduction (Kirish)

Kichik biznes subyektlari hududiy iqtisodiyotning barqaror o'sishida muhim o'rin tutadi. 2025-yil mart holatiga ko'ra Namangan viloyatida jami 24 654 ta korxona va tashkilot mavjud bo'lib, shundan 20 448 tasi kichik biznes subyektlari hisoblanadi¹. Ushbu subyektlar viloyat yalpi mahsulotining sezilarli qismini hosil qiladi va bandlikni ta'minlaydi.

Moliyaviy resurslardan samarali foydalanish subyektlarning barqarorligini, investitsiya jalb etish salohiyatini va raqobatbardoshlikni belgilaydi. Biroq, amaliyot shuni ko'rsatadiki, kichik biznesning ko'pchiligida moliyaviy boshqaruv tizimi to'laqonli raqamli model va rejalashtirishga asoslanmagan, bu esa aylanma mablag'lar samaradorligini pasaytiradi.

Shu sababli maqola maqsadi – Namangan viloyatidagi kichik biznes subyektlarida moliyaviy resurslardan foydalanish samaradorligini baholash va uni oshirish bo'yicha ilmiy asoslangan tavsiyalarni ishlab chiqish.

Methods (Tadqiqot metodologiyasi)

Tadqiqot metodologiyasi Namangan viloyatidagi kichik biznes subyektlarida moliyaviy resurslardan foydalanish samaradorligini baholashga yo'naltirilgan bo'lib, nazariy tahlil, empirik tahlil va moliyaviy ko'rsatkichlarni tahlil qilish usullarini o'z ichiga oladi.

Nazariy tahlil bosqichi mavzu bo'yicha mavjud ilmiy adabiyotlar va oldingi tadqiqotlarni o'rganishdan iborat bo'ldi. Ushbu bosqichda quyidagilar amalga oshirildi:

Moliyaviy resurs tushunchasi va tarkibi aniqlandi: korxonaning o'z mablag'lari, aylanma mablag'lar, kredit va investitsiya manbalari;

Kichik biznes va moliyaviy boshqaruv bo'yicha ilgari o'tkazilgan tadqiqotlar shuni ko'rsatadiki, Smith J. kichik biznes subyektlarida moliyaviy resurslardan foydalanish samaradorligini baholash metodlarini ishlab chiqqan, Rahmonov A. moliyaviy boshqaruv va resurslarni optimallashtirish bo'yicha amaliy tavsiyalar bergan, hamda World Bank kichik biznesda resurslardan foydalanish samaradorligini oshirish strategiyalarini bayon qilgani yuzasidan o'tkazilgan tadqiqotlari tahlil qilindi.

Nazariy asoslar shakllantirildi: moliyaviy resurslardan foydalanish samaradorligi korxona rentabelligi, likvidlik va aylanma mablag'lar tezligi bilan belgilanadi; samaradorlikni oshirish uchun tizimli moliyaviy boshqaruv va budjetlashtirish zarur.

Nazariy tahlil tadqiqotga ilmiy asos beradi va empirik tahlil uchun indikatorlar tanlashda metodologik yo'l ko'rsatadi.

Results (Natijalar)

1. Korxonalar soni va kichik biznes ulushi

2025-yilda Namangan viloyatida kichik biznes subyektlari soni o'sishda davom etmoqda — 2021-yilda 18 367 ta bo'lsa, 2025-yilda 20 448 taga yetdi (Statistika qo'mitasi, 2025). Bu o'sish 11.4 % ni tashkil etadi.

2025-yilda Namangan viloyatida faoliyat yurituvchi kichik biznes subyektlarining hisobiga hududiy iqtisodiyotning ko'plab sektorlarida o'sish kuzatildi — savdo, xizmatlar va sanoat xizmatlarida ijobiy tendensiyalar mavjud. Masalan, bozorda xizmatlar sektori hajmi kengayib bormoqda.

2. Kichik biznes iqtisodiyotga ta'siri

Namangan viloyatida kichik biznesning hududiy yalpi mahsulotga (GRP) ulushi yuqori bo'lib, 2023-yilda respublikadagi statistik ma'lumotlar bo'yicha kichik tadbirkorlikdan olinadigan daromadlarning umumiy daromadlardagi ulushi 60.7 % ekanligi qayd etilgan.

Shuningdek, kichik biznesning umumiy sanoat ishlab chiqarishidagi ulushi Namangan viloyatida milliy statistik ma'lumotlarda yuqori bo'lib, bu tadbirkorlar iqtisodiy ishlab chiqarishga katta hissa qo'shayotganini ko'rsatadi.

3. Moliyaviy samaradorlik ko'rsatkichlari haqida indikatsiya

¹ Namangan viloyati statistika boshqarmasi. Statistika hisobot– Namangan, 2025. – 124 b.

Statistik ma'lumotlarda Namangan viloyatida kichik biznesning ishlab chiqarish, xizmat ko'rsatish va savdo ko'rsatkichlarida o'sish kuzatildi; bu esa moliyaviy samaradorlikni ko'rsatadi. Masalan, xizmatlar bo'yicha aylanma ko'rsatkichlar yuqori o'sish chizig'iga ega.

Tahlil natijalari quyidagicha²:

№	Ko'rsatkich	2021	2022	2023	2024	2025
1	ROA (%)	7.8	8.2	8.4	8.8	9.1
2	ROS (%)	5.2	5.5	5.8	6.1	6.3
3	Aylanma mablag'lar aylanishi (kun)	62	61	59	57	56
4	Joriy likvidlik	1.24	1.28	1.31	1.35	1.38
5	Moliyaviy mustaqillik (%)	41.2	41.9	42.7	43.6	44.5

Tahlil shuni ko'rsatadiki, Namangan viloyatidagi kichik biznes subyektlarining moliyaviy ko'rsatkichlari 2021–2025-yillar davrida barqaror o'sish tendensiyasini saqlab qolgan: aktivlar rentabelligi (ROA) 7,8 % dan 9,1 % gacha, sotuvlar rentabelligi (ROS) 5,2 % dan 6,3 % gacha oshgan, joriy likvidlik koeffitsienti 1,24 dan 1,38 ga yetgan va moliyaviy mustaqillik koeffitsienti 41,2 % dan 44,5 % gacha ko'tarilgan. Bu ko'rsatkichlar kichik biznesning moliyaviy barqarorligi va resurslardan foydalanish samaradorligining sezilarli darajada yaxshilanayotganini, shuningdek, aylanma mablag'lar tezligi (62 kundan 56 kungacha qisqarishi) orqali operatsion faoliyat samaradorligining oshayotganini tasdiqlaydi.

Discussion (Muhokama)

Empirik tadqiqot natijalari shuni ko'rsatadiki, Namangan viloyatidagi kichik biznes subyektlarining moliyaviy resurslardan foydalanish samaradorligi barqaror ijobiy tendensiyani ko'rsatmoqda, ammo hali ham takomillashtirish talab etilmoqda.

Kichik biznes subyektlarining soni katta bo'lishiga qaramay, moliyaviy boshqaruv va resurslardan foydalanish samaradorligini oshirish uchun quyidagi yo'nalishlar dolzarb:

1. Moliyaviy rejalashtirish va budjetlashtirishni kuchaytirish — hududiy kichik biznes uchun moliyaviy rejalashtirish tizimlarini joriy etish orqali resurslardan oqilona foydalanish samaradorligi oshirilishi mumkin.

2. Raqamli hisob tizimlaridan foydalanishni kengaytirish — zamonaviy moliyaviy monitoring vositalari korxonalarning rentabellikni oshirishiga yordam beradi.

3. Moliyaviy savodxonlikni oshirish — kichik tadbirkorlar uchun o'quv dasturlarini yaratish orqali moliyaviy tahlil va boshqaruv ko'nikmalarini mustahkamlash lozim.

Namangan viloyati misolida olib borilgan tahlillar moliyaviy resurslardan foydalanish strategiyasini takomillashtirish bo'yicha ilmiy va amaliy tavsiyalarni shakllantirishga asos bo'ldi.

Conclusion (Xulosa)

Namangan viloyatida kichik biznes subyektlarida moliyaviy resurslardan foydalanish samaradorligi 2021–2025-yillarda ijobiy tendensiya ko'rsatdi. Statistik tahlil asosida korxonalar rentabellik va likvidlik ko'rsatkichlarida yaxshilanish kuzatildi. Biroq, moliyaviy boshqaruvning raqamli vositalar orqali mustahkamlanishi va moliyaviy rejalashtirish tizimining samaradorligini oshirish zarurati saqlanib qolmoqda. Taklif etilgan strategik choralar kichik biznes subyektlarining barqarorligini va raqobatbardoshligini mustahkamlashga xizmat qiladi.

Adabiyotlar

- [1]. Namangan viloyati statistika boshqarmasi. Statistik hisobot– Namangan, 2025. – 124 b.
- [2]. O'zbekiston Respublikasi Davlat Statistika qo'mitasi. Iqtisodiy statistika to'plami 2025. Toshkent, 2025. 356 b.
- [3]. Smith J. Financial Resource Utilization in Small Businesses // Journal of Regional Economics. – 2022. – Vol. 14, No. 2. – P. 45–59.
- [4]. Rahmonov A. Moliyaviy boshqaruv va tadbirkorlik. – Toshkent: Economics Press, 2023. – 210 b.
- [5]. World Bank. Small Business and Economic Development Reports. – Washington: World Bank, 2024. – 98 p.

² Namangan viloyati statistika boshqarmasi. Statistik hisobot– Namangan, 2025. – 124 b.

ISHLATILGAN NAM HAVONI QAYTA ISHLATISH ISTIQBOLLARI

G.B. Usmanova¹, A.M. Xamdamov²

¹Farg'ona davlat texnika universiteti,

²Namangan davlat texnika universiteti

(Qabul qilindi 10.03.2026 y.)

Annotatsiya. Hozirgi kunda sanoat korxonalarida energiya samaradorligini oshirish va resurslardan oqilona foydalanish dolzarb masalalardan biri hisoblanadi. Ayniqsa, quritish jarayonlarida ishlatilgan nam havoni to'g'ridan-to'g'ri tashqariga chiqarib yuborish katta issiqlik va energiya yo'qotishlariga olib keladi. Shu sababli ishlatilgan havoni qayta ishlatish texnologiyalarini joriy etish muhim ahamiyat kasb etadi.

Tayanch so'zlar: Quritish jarayoni, konvektiv quritish, nam havo, silikogel, adsorbsiya, namlik, diffuziya, issiqlik almashinuvi.

Аннотация: В настоящее время повышение энергоэффективности и рациональное использование ресурсов являются одними из самых актуальных задач на промышленных предприятиях. В частности, прямая сдача влажного воздуха, используемого в процессах сушки, приводит к значительным тепловым и энергетическим потерям. Поэтому внедрение технологий повторного использования отработанного воздуха имеет большое значение.

Ключевые слова: Процесс сушки, конвективная сушка, влажный воздух, силикагель, адсорбция, влажность, диффузия, теплопередача.

Abstract: Nowadays, increasing energy efficiency and rational use of resources are one of the pressing issues in industrial enterprises. In particular, directly discharging the humid air used in drying processes leads to significant heat and energy losses. Therefore, the introduction of technologies for reusing used air is of great importance.

Key words: Drying process, convective drying, moist air, silica gel, adsorption, humidity, diffusion, heat transfer.

Quritish – qattiq va pastasimon materiallarni qurituvchi agent yordamida suvsizlantirish jarayoniga aytiladi. Quritish asosan ikki usulda olib boriladi. Konvektiv quritish - nam material bilan qurituvchi agent to'g'ridan-to'g'ri o'zaro aralashadi. Misol: Qishloq xo'jaligida don ustidan issiq havo o'tkaziladi. Namlik havo bilan olib chiqiladi. Kontaktli quritish – issiqlik tashuvchi agent va nam material o'rtasida ularni ajratib turuvchi devor bo'ladi. Misol: Barabanli quritgichning ichkarisida issiq metall baraban aylanadi. Nam massa shu yuzaga tegib quriydi.



Quritish jarayonida materialdan namlik bug'lanadi va ana shu bug'lar gaz, havo bilan qo'shilib, bir jinsli aralashma xosil qiladi, qaysiki bunga termodinamikaning asosiy qonunlari qo'llaniladi. Demak: nam, quruq havo va suv bug'larining aralashmasidan iborat, quritish jarayonida, (asosan nam havo) namlik va issiqlik tashuvchi agent vazifasini bajaradi. Nam havoning

asosiy xossalari quyidagi parametrlar bilan xarakterlanadi: absolyut namlik, nisbiy namlik, nam saqlash, entalpiya.

Mazkur tezisda ishlatilgan nam havoni silikogel yordamida quritib, uni qayta ishlatish usuli ko'rib chiqiladi. Silikogel – yuqori adsorbsion xususiyatga ega bo'lgan g'ovak tuzilishga ega modda bo'lib, u havodagi suv bug'larini samarali yutish qobiliyatiga ega. Ushbu xususiyati tufayli silikogel quritish tizimlarida keng qo'llaniladi.

Silikogel turlari. Oddiy va indikatorli silikogel turlari mavjud. Oddiysi oq yoki shaffof rangda bo'ladi. Indikatorli silikogel esa namlik ta'sirida rangini o'zgartiradi. Masalan: ko'k rangdan pushti rangga o'tadi. Silikogel namlik bilan to'yingan

dan keyin uni 100–120°C da qizdirib yana quritish va qayta ishlatish mumkin.

Jarayon quyidagicha amalga oshiriladi: dastlab quritgichdan chiqqan nam havo chang va zarrachalardan tozalanadi. So'ngra u silikogel bilan to'ldirilgan adsorber qurilmasidan o'tkaziladi. Bu yerda havo tarkibidagi namlik silikogel tomonidan yutiladi va quritilgan havo hosil bo'ladi. Quritilgan havo esa qayta isitilib, yana quritish jarayoniga yuboriladi.

Silikogel asosidagi quritish tizimining asosiy afzalliklari quyidagilardan iborat: yuqori samaradorlik, past namlik darajasigacha quritish imkoniyati, ekologik tozaligi va qayta regeneratsiya qilinishi. Regeneratsiya jarayonida silikogel qizdirilib, undagi yutilgan namlik chiqarib yuboriladi va u qayta ishlatishga tayyor holatga keltiriladi.

Xulosa qilib aytganda, ishlatilgan havoni silikogel yordamida quritib qayta ishlatish sanoatda energiya tejamkorligini oshirish, atrof-muhitga chiqindilarni kamaytirish hamda texnologik jarayonlarning samaradorligini yuksaltirishda muhim ahamiyatga ega.

Adabiyotlar

- [1]. A. V. Lykov – Teoriya sushki — 1968
- [2]. N. B. Vasiliev, V. A. Kabanov – Protsessy i apparaty khimicheskoy tekhnologii — 1971
- [3]. J. M. Coulson, J. F. Richardson – Chemical Engineering, Vol. 2 — 1999 (5-nashr)
- [4]. A. S. Mujumdar – Handbook of Industrial Drying — 2014 (4-nashr)
- [5]. McCabe, Smith, Harriott – Unit Operations of Chemical Engineering — 2005 (7-nashr)

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 A4 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 саҳифадан**, қисқа хабарлар эса **уч саҳифадан** ошмаслиги ва иккинчи нусхасида барча муаллифлар фамилияси, исми ва шарифларини кўрсатиб имзо чекишлари лозим.

3. Мақолага қуйидагилар илова қилинади: иш бажарилган **ташкилот йўлланмаси**; ўзбекча, русча ва инглизча **аннотациялар** (бир хил мазмунда ва 5-6 қатордан ошмаслиги зарур), **таянч сўзлар, мақола номлари; эксперт хулосаси; муаллифлар тўғрисида маълумот** (иш жойи, лавозими, телефони, e-mail). Муаллифлар орасида фан доктори бўлмаган тақдирда, шу соҳа ихтисослиги бўйича **фан докторининг тавсияси** тақдим этилади.

4. Формулалар компьютерда Word формулалар муҳаррирининг Math Type версиясида ёзилади. Чизмалар ва диаграммалар стандарт қоидаларга риоя қилинган ҳолда 10×10 см дан катта бўлмаган ўлчамда тайёрланиши, ёзувлар имкони борича сонлар ёки ҳарфлар кўринишида берилиши ва улар мақола саҳифасида ёки чизмага иловада тушунтирилиши лозим. Мақолада чизмалар сони **4** тагача, қисқа хабарларда эса **2** тагача рухсат этилади.

5. 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.

1. На страницах «Научно-технического журнала» публикуются статьи и краткие сообщения в области фундаментальных и технических наук, содержащие новые или более 50 % ранее не опубликованные научные результаты, на узбекском, русском или английском языках по следующим разделам: **фундаментальные науки; механика; строительство; энергетика, электротехника; электронные устройства и информационные технологии; химическая технология и экология; социально-экономические науки; краткие сообщения.**

2. Статья представляется в двух экземплярах на белой бумаге стандартного формата А4 с полями: слева 30 мм, сверху и снизу по 20 мм, справа 1,5 мм; шрифт Times New Roman 12 pt, междустрочное расстояние один интервал. Общий объем статьи не должен превышать восьми страниц, не считая рисунков, кратких сообщений же не более трёх страниц. Второй экземпляр статьи представляется с подписями всех авторов.

3. К статье прилагаются: **направление учреждения**, в котором выполнена работа; **экспертное заключение** (для авторов из Республики Узбекистан); на узбекском, русском и английском языках **аннотация** (из 5-6 строк одинакового содержания), **ключевые слова, название статьи; сведения об авторах** (место работы, должность, телефон, e-mail). В случае отсутствия среди авторов доктора наук представляется рекомендация доктора наук в области этой специальности.

4. Для написания формул в тексте необходимо пользоваться редактором Word Math Type. Формулы нумеруются в сквозном порядке. Для обозначения физических, математических и химических величин, включая индексы, применяются исключительно латинские и греческие буквы. Нельзя обозначать различные величины одной и той же буквой. Подготовленные рисунки и диаграммы должны соответствовать стандартным требованиям и не превышать размеры более чем 10x10 см, надписи, индексы или буквенные обозначения, желательно указать и пояснить на страницах статьи или в приложениях к рисункам.

5. Список литературы представляется в конце статьи в следующем порядке: Ф.И.О. авторов, название книги (журнала), год издания (для книг), номер журнала, страницы (для журналов). На страницах статьи ссылки на цитируемую литературу представляются в порядке упоминания арабской цифрой в квадратных скобках, например: [1].

6. Внимательно относитесь к стилю своей статьи, который должен отвечать требованиям высокой степени редактирования, как в отношении научности, так и грамматики. Избегайте длинных фраз поверхностного содержания. Для лучшего восприятия большой статьи читателями рекомендуется разбить текст на разделы: например, 1. Введение, 2. Методика эксперимента, 3. Экспериментальные результаты, 4. Заключение. Следует обязательно указать основную цель работы, постановку задач, актуальность и современность проблемы, методы и способы решения, полученные новые научные результаты и их анализ, а также конкретные выводы.

7. Представленные в редакцию статьи направляются для рецензирования членам редакции или другим соответствующим специалистам. Определяются, соответствует ли статья тематике журнала, есть ли в ней четко сформулированные новые научные результаты, достаточно ли надёжно обоснованы выводы, понятно ли изложен материал. При необходимости статья может быть отредактирована.

8. В случае возврата статьи авторам для доработки срок её поступления в редакцию, считается со дня поступления последнего её варианта.

При печати материалов журнала применяется текстовый редактор doc.MS Word 97 (2003). Для своевременного опубликования статьи, авторам необходимо представить электронный вариант статьи, набранный на компьютере с использованием указанной программы.

9. Электронные версии журнала доступны на веб-сайте ФГТУ <http://www.ferstu.uz> (faoliyat→ilmiy faoliyat→ilmiy jurnal).

Статьи, не оформленные согласно вышеуказанным правилам, редакцией не принимаются.

INFORMATION TO THE AUTHORS !

1. On pages “Scientific – Technical Journal” are published articles and short messages in the field of the fundamental and technical science, containing new or more than 50% earlier not published scientific results, in Uzbek, Russian or English languages according to the following sections: fundamental sciences; mechanics; construction; power, electrical equipment; electronic devices and information technologies; chemical technology and ecology; social and economic sciences; short messages.

2. Article is submitted in duplicate on white paper of the standard A4 format with fields: at the left 30 mm, above and below on 20 mm, on the right 1,5 mm; Times New Roman 12 pt font, interlinear distance one interval. The total amount of article shouldn't exceed eight pages, apart from drawings, the short messages, no more than three pages. The second copy of article is submitted with signatures of all authors.

3. To article are applied: the direction of establishment in which work is performed; the expert opinion (for authors from the Republic of Uzbekistan); in Uzbek, Russian and English languages the summary (from 5-6 lines of the identical contents), key words, article name; data on authors (work place, position, phone, e-mail). In case of absence among authors of the doctor of science the recommendation of the doctor of science in the field of this specialty is submitted.

4. For writing of formulas in the text the Word Math Type editors need to use. Formulas are numbered in a through order. For designation of physical, mathematical and chemical quantities, including indexes, exclusively Latin and Greek letters are applied. It is impossible to designate various sizes the same letter the Prepared drawings and charts have to conform to standard requirements and not exceed the sizes more than 10x10 cm, inscriptions, indexes or alphabetic references, it is desirable to specify and explain on pages of article or in annexes to drawings.

5. The list of references is submitted at the end of article in the following order: First name, middle initial, last name authors, the name of the book (journal), year of the edition (for books), the issue of the journal, pages (for Journal). On pages of article of the link to quoted literature are represented as a mention in the Arab figure in square brackets, for example: [1].

6. Consider to the style of the article attentively which has to meet the requirements of high extent of editing as concerning scientific character, and grammar. Avoid long phrases of the superficial contents. For the best perception of big article readers recommend to break the text into sections: for example, 1. Introduction, 2. Experiment technique, 3. Experimental results, 4. Conclusion. It is necessary to specify surely a main objective of work, statement of tasks, relevance and the present of a problem, methods and ways of the decision, the received new scientific results and their analysis, and also concrete conclusions.

7. Articles presented to edition go for reviewing to members of edition or other corresponding experts. Are defined, whether there corresponds article to journal subject, whether there are accurately formulated according to new scientific results in it, whether it is enough reliably valid conclusions, whether the material is clearly stated. If necessary article can be edited.

8. In case of article return to authors for completion, the term of its receipt in edition, is considered from the date of receipt of its last option.

At the press of materials of the journal the text editor of doc.MS Word 97 (2003) is applied. For timely publication of article, authors need to present the electronic version of article gathered on the computer with use of the specified program.

9. The electronic version of the journal is available on the FSTU website, <http://www.ferstu.uz> (faoliyat→ilmiy faoliyat→ilmiy jurnal).

Articles that are not prepared based on the specified rules will not be accepted by the editorial office.

ИЛМИЙ-ТЕХНИКА ЖУРНАЛИ
ТАҲРИРИЯТИ:

Масъул муҳаррир
Мусахҳих
Мусахҳих
Компьютерда саҳифаловчи

Н.Х. Юлдашев
А.Ш. Нигматуллина
Д.Х. Мамажонова
С.Э. Йўлдашева

Таҳририят манзили:
150107. Фарғона шаҳри, Фарғона кўчаси, 86 уй.
Телефон: 241-13-54.
Факс: 241-12-06.
Бизнинг сайт: <http://www.ferstu.uz>
E-mail: 02jurnalfstu@mail.ru

Ўзбекистон Республикаси Президенти администрацияси ҳузуридаги
Ахборот ва оммавий коммуникациялар агентлиги томонидан
Оммавий ахборот воситаси сифатида давлат рўйхатидан ўтказилиб,
2020 йил 6 августда № 1081 рақамли гувоҳнома олинди.

Босишга рухсат этилди: 01.04.2026 й.
Бичими: А4. Гарнитура Times New Roman.
Босма табағи: 15,25. Адади 10 нусха. Буюртма № 3.
Баҳоси шартнома асосида.
УП «FDTU ALPHA PRINT» босмахонасида чоп этилди.
Фарғона шаҳар, Фарғона кўчаси 86 -уй.