

ISSN 2181-7200

ЎЗБЕКИСТОН РЕСПУБЛИКАСИ
ОЛИЙ ТАЪЛИМ, ФАН ВА ИННОВАЦИЯЛАР ВАЗИРЛИГИ

ФАРҒОНА ПОЛИТЕХНИКА ИНСТИТУТИ

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



2025. Том 29. № 2

**НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ ФерПИ**

**SCIENTIFIC – TECHNICAL
JOURNAL of FerPI**

ФАРҒОНА – 2025

ФарПИ ИЛМИЙ-ТЕХНИКА ЖУРНАЛИ ТАҲРИРИЯТИ

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

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

Бош муҳаррир

У.Р. САЛОМОВ

Таҳрир 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. – Фар ПИ

Механика:

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

Қурилиш:

1. Аббасов Ё.С., т.ф.д., проф. – Фар ПИ
2. Ақромов Х.А., т.ф.д., проф. – Тош АҚИ
3. Одилхажёв А.Э., т.ф.д., проф. – Тош ТИТМИ
4. Раззаков С.Ж., т.ф.д., проф. – НамМҚИ
5. Шинкова Н.Б. т.ф.д.проф. – Москва Арх. Инст., Россия

Энергетика, электротехника, электрон қурилмалар ва ахборот технологиялар

1. Арипов Н.М., т.ф.д., проф. – Тошкент ТИТМИ
2. Хайриддинов Б.Э., т.ф.д., проф. – Қарши ДУ
3. Қасымхунова А.М., т.ф.д., проф. – Фар ПИ
4. Расулов А.М., т.ф.д., проф. – ТАТУ ФФ
5. Эргашёв С.Ф., т.ф.д., проф. – Фар ПИ

Кимёвий технология ва экология

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

Ижтимоий-иқтисодий фанлар

1. Ертаёв К.Е., и.ф.д. проф. – Тараз ДУ, Қозғистон
2. Иқромов М.А., и.ф.д., проф. – Тош ИУ
3. Искандарова Ш.М., ф.ф.д., проф. – Фар ДУ
4. Исманов И.Н., и.ф.д., проф. – Фар ПИ
- 5.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ ФерПИ

Издаётся с 1997 года.
Выходит 6 раз в год.

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

Главный редактор

У.Р. САЛОМОВ

Редакционная коллегия:

Ё.С. Аббасов, Б.А. Алиматов, Х.А. Ақромов, Н.М. Арипов, Ю.Ю. Вайткус, Г.Н. Валиёв, К.Е. Ертаёв, А.А. Ибрагимов, О.О. Ибрагимов, М.А. Иқромов, Ш.М. Искандарова, И.Н. Исманов, А.М. Қасымхунова, Р.А. Муминов, И. Нуриддинов, А.Э. Одилхажёв, 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. Тухтақузиёв, Ш.Н. Файзиматов, Б.Э. Хайриддинов, Ш.Ш. Хамдамова, З.А. Хамроқулов, Н.Б. Шинкова, С.Ф. Эргашёв, Н.Х. Юлдашев (ответственный редактор)

SCIENTIFIC – TECHNICAL JOURNAL of FerPI

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

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

Editor-in-chief

U.R. SALOMOV

Editorial board members:

Yo.S. Abbasov, B.A. Alimatov, X.A. Akromov, N.M. Aripov, Yu.Yu. Vaitkus, G.N. Valiev, K.E. Ertaev, A.A. Ibragimov, O.O. Ibragimov, M.A. Ikramov, Sh.M. Iskandarova, I.N. Ismanov, A.M. Kasimahunova, R.A. Muminov, I. Nuritdinov, 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

Ayibjonov M., To‘ychiboev B.K., Yuldashev N.X. CdSe/SnO ₂ plenklar bo‘ylama foto o‘tkazuvchanligining spektral taqsimoti, optik va termik so‘nishi	9
Abdurazakov N.N. Aholi elektr iste‘molini qisqa muddatli bashoratlash modellarining ishonchlilik tahlili	17

МЕХАНИКА

Bayboboev N.G., Toshtillaev Sh.A., Muminov A.L., Yuldashev A.M. Kartoshka kovlash mashinalarining ekspluatatsion ko‘rsatgichlarini oshirish usullari	25
Ражабова Н.Р. Барабанли қуритгичларида иссиқлик алмашиниш жараёнларини такомиллаштириш	29
Maxmudov I.R., Umarov A.M. Elektrod qoplamasi tarkibidagi gaz hosil qiluvchi komponentlarning tahlili	33
Teshaboyev O.A. Paxta tashish va tozalash uchun samarali vintli konveyer konstruksiyasini ishlab chiqish, vint parametrlarini asoslash	38
Юлдашев К.К. Винтли конвейер ишлаш жараёнида момик бўлагини тўлқинсимон винт юзасидаги ишчи зоналар бўйича тортиш кучини ҳисоблаш	45
Mirzaumidov A.Sh., Azizov J.D. Arrali silindir valining statik tadqiqi nazariy asoslari	52
Muxametshina E.T. Pnevмотransport quvurning takomillashtirilgan egrilik burchagini sinovdan o‘tkazish	58
Xakimov A.A., Isomidinov A.S. Briket ishlab chiqarishda ko‘mir granulometrik tarkibining mexanik mustahkamlikka ta’siri tahlili	62
Отахўжаев А., Комилов Ш., Мурадов Р. Аррали жин машинасида чигитдан толани ажратиб олиш жараёнининг самарадорлигини ошириш	66
Xashimov X.X. Payvandlab qoplangan arrali jin kolosniklarini jilvirlash qurilmasini yaratish	70
Султонов С.Ю., Салохиддинова М.Н., Маматкулов О.Т. Пахта сепаратори вакуум-клапанининг ишини яхшилаш йўллари	74
Qirg‘izaliyev N.X. Tuproqqa ishlov beruvchi mashinalar yeyilgan ishchi organlarini qayta tiklash usullarini takomillashtirish	79
Yo‘ldashev Sh.X. Ekskavator cho‘mich tishlarini payvandlab qoplash qurilmasini ishlab chiqish	83
Isayeva M.X., Nigmatova F.U., Mirzayeva N.B. Ikkilamchi materiallardan tayyorlangan maxsus kiyim biriktiruvchi choklarining mustahkamlik xususiyatlarini o‘rganish	86
Aripjanova D.U., Umurzakova X.X., Ermatov Sh.Q., Xoldarova S.Sh. Kenjaeva M.E. Tabiiy ipakning tolali chiqindilarining xususiyatlarini o‘rganish	91
Djuraev A., Rajabov O., Qorachayeva O. Paxtani mayda iflosliklardan tozalash mashinasining ko‘p omilli tajriba natijalari	100
Шукруллаев Ж.О., Джураев Х.Ф. Барабанли қуритигичда минерал ўғитларнинг динамик оқим структурасини тадқиқ қилиш	105
Shakirov B.M., Shakirov B.M.B. Markazdan qochma (d) nasoslarni ishga tushirishda bosimli kommunikatsiyalardagi o‘tish jarayonlarini yaxshilash	112

ҚУРИЛИШ

Boborajabov B.N., Ibadullaev A., Ikromov M.X., Teshabaeva E.U. Oltingugurt kiritilgan polimer-bitum kompozitsiyasini yaratish	119
Akramov X.A., Raximov Sh.T., Xudoynazarova Q.D. Mayda donador betonlarning fizik-mexanik xossalari	125

ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОН ҚУРИЛМАЛАР ВА АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАР

Olimov J.S., Shirinov S.G. Tog‘-kon sanoatida qo‘llaniladigan konusli maydalagich energiya samaradorligini oshirish tadqiqotining nazariy tahlili	130
Raxmatov O.A. Binolarning tomlariga o‘rnatilgan quyosh panellari tizimlariga ta’sir etuvchi aerodinamik yuklamalar bo‘yicha o‘tkazilgan tadqiqotlarning qisqacha tahlili	136

Umurzakova D.M., Hakimov A.A. Issiqlik energetikasida harorat rejimini adaptiv-noravshan boshqarish tizimini loyihalash va modellashtirish	147
Tovboyev A.N., Tog'ayev I.B. Sanoat korxonalarining elektr ta'minoti tizimlarida chiziqli bo'lmagan yuklamalarning elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlariga ta'sirini baholash	159
Ergashev O.M., Abdullayev J.A. Yetarli yoritilmaganlik muhitida obyektlarni segmentatsiya qilish tizimlarining aniqligi va ishonchliligini oshirish uchun takomillashtirilgan konvolyutsion neyron tarmoqlar arxitekturalarini joriy etish	165
Siddikov I., Mamasodikova N., Xusanova U. Dinamik ob'ektlarni Matlab muhitida noravshan PI boshqarish	173
Mamasodikova N.Yu., Xusanova U.Yu. Dinamik ob'ektlar uchun terminal boshqaruv tizimining sintezi	177
Ergashev O.M. O'lchov qurilmalarining inersionligini hisobga olgan holda dinamik filtratsiyaning barqaror algoritmlarini ishlab chiqish	181
Xurramov M.G., Nazirov Z.Sh., Xurramova D.M., Jo'raeva N.B. Oqova suv chukindilarini qayta ishlab tuproq unumdorligini oshiruvchi komponentlar olishni energiya va resurs tejamkor usuli	187
Porubay O.V., Turdimatov M.M. Zamonaviy elektr energetika tizimlarining ishlashini boshqarish va optimallashtirish modellari	192
Jo'rayeva N.A., Atadjanova M.Z. Avtomatli boshqaruv tizimlarida turli sezorlardan foydalanish samarali	203
Muhamediyeva D.T., Mamatov N.S., Ametova G.E., Fayziyev V.O. Kvant median filtri va QSP algoritmi asosida kontur aniqlash algoritmi	207
КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЭКОЛОГИЯ	
Umarova M.M., Dehkanov Z.K., Rahmonov O.K. Kaliy sulfat ishlab chiqarish istiqbollari ...	215
Турдиалиева Ш.И., Хошимов И.Е., Намазов Ш.С., Раджабов Р., Сейтназаров А.Р., Кахаров Э.М. Буғлатилган экстракцион фосфор кислотаси ва карбамид асосидаги мувозанатлашган NP-ўғитлар	221
Hoshimov Q.N., Sodiqjonov S.K., Ergashev Y.T. Egamberdiyev E.A. Yog'och-polimer kompozitlarida mahalliy yog'och chiqindilari va polimerlardan qurilish elementlari sifatida foydalanish	226
Ismailov F.S. Yangi sintez qilingan polikarboksilat superplastifikator tarkibini sement kompozitsiyalariga ta'sirini tatqiq qilish	232
Hamdamova Sh.Sh., Igamberdiyev B. G., Isakov B.Sh. Ishlatilgan sanoat yog'idan ammiakli selitra uchun antiyopishqoq olish texnologiyasini ishlab chiqish	237
Usmonova Yu.Sh., Davlyatova Z.M., Alimova M.T., Tadjiyeva G.A., Kadirov X.I. Alkilimidozolin asosli korroziya ingibitori sintezi	241
ИЖТИМОЙ-ИҚТИСОДИЙ ФАНЛАР	
Тўхтаров И. Илм-фан, инновацион таълим ва ёшлар этиқоди	251
ҚИСҚА ХАБАРЛАР	
Жуманиязов М.Ж., Сапаева С.Г. Занглаган конструктив ускуналарни тозаловчи ва кейинги занглашдан ҳимояловчи таркиблар олиш имкониятлари	255
Mamatov X.A., Pasiyeva Z.J. Ikkilmchi to'ldiruvchilar asosidagi kam shag'alli betonning egilishdagi chuzilish mustaxkamlik xususiyatlari	257
Ахмадалиев Ш.Ш. Иссиқ ҳолда деформациялашда ишлатиладиган штамп ускуналари учун қўлланиладиган пўлатлар	261
Муаллифлар диққатига !	264

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ

Айибжанов М., Туйчибаев Б.К., Юлдашев Н.Х. Спектральное распределение, оптическое и термическое гашение продольной фотопроводимости пленок CdSe/SnO ₂	9
Абдуразаков Н.Н. Анализ надежности моделей краткосрочного прогнозирования потребления электроэнергии населением	17

МЕХАНИКА

Байбобоев Н.Г., Тоштиллаев Ш.А., Муминов А.Л., Юлдашев А.М. Методы повышения эксплуатационных показателей картофелеуборочных машин	25
Ражабов Н.Р. Улучшение процессов теплообмена в барабанных сушилках	29
Махмудов И.Р., Умаров А.М. Анализ газообразующих компонентов в электродном покрытии Тешабоев О.А. Разработка конструкции эффективного винтового конвейера, транспортирующего и очищающего хлопок, обоснование параметров винта	33
Юлдашев К.К. Расчет силы тяжести шерстяного мешка на рабочие зоны поверхности волнового шнека при работе винтового конвейера	38
Мирзаумидов А.Ш., Азизов Ж.Д. Теоретические основы статического исследования вала цилиндра пилы	45
Мухаметшина Е.Т. Испытание усовершенствованного угла отвода пневмотранспортной трубы Хакимов А.А., Исомидинов А.С. Анализ влияния гранулометрического состава угля на механическую прочность при производстве брикетов	52
Отахужаев А., Комилов Ш., Мурадов Р. Повышение эффективности процесса извлечения волокна из семян на распиловочном станке	58
Хашимов Х.Х. Создание устройство для шлифование наплавленного колосника пильного джина Султонов С.Ю., Салохиддинова М.Н., Маматкулов О.Т. Пути улучшения работы вакуум клапана хлопка сепаратора	62
Киргизалиев Н.Х. Совершенствование методов восстановления изношенных рабочих органов почвообрабатывающих машин	66
Йулдашев Ш.Х. Разработка устройства для наплавки зубьев ковша экскаватора	70
Исаева М.Х., Нигматова Ф.У., Мирзаева Н.Б. Исследование прочностных характеристик соединительных швов спецодежды из вторичных материалов	74
Арипджанова Д.У., Умурзакова Х.Х., Эрматов Ш.К., Холдарова С.Ш., Кенжаева М.Э. Исследование свойств волокнистых отходов натурального шелка	79
Джураев А., Ражабов О., Қорачаева О. Результаты многовариантных экспериментов по очистке хлопка от мелких загрязнений	83
Шукруллаев Ж.О., Джураев Х.Ф. Исследование структуры динамических потоков минеральных удобрений в барабанной сушилке	86
Шакиров Б.М., Шакиров Б.М.Б. Усовершенствование переходных процессов в напорных коммуникациях при запуске центробежных (d) насосов	91

СТРОИТЕЛЬСТВО

Боборажабов Б.Н., Ибадуллаев А., Икромов М.Х., Тешабаева Э.У. Разработка серосодержащих полимер-битумных композиций	100
Акрамов Х.А., Рахимов Ш.Т., Худойназарова К.Д. Физико-механические свойства мелкозернистого бетона	105

ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

Олимов Ж.С., Ширинов С.Г. Теоретический анализ исследования повышения энергоэффективности конусных дробилок, используемых в горнодобывающей промышленности Рахматов О.А. Краткий обзор исследований аэродинамических нагрузок на солнечные массивы, установленных на крышах зданий	112
	119
	125
	130
	136

Умурзакова Д.М., Хакимов А.А. Проектирование и моделирование адаптивно-нечеткой системы управления температурным режимом в теплоэнергетике	147
Товбоев А.Н., Тогаев И.Б. Оценка влияния нелинейных нагрузок в системах электроснабжения промышленных предприятий на показатели качества электроэнергии	159
Эргашев О.М., Абдуллаев Ж.А. Повышение точности и надежности систем сегментации объектов в условиях низкой освещенности путем внедрения усовершенствованных архитектур свёрточных нейронных сетей	165
Сиддиков И., Мамасодикова Н., Хусанова У. Нечеткое ПИ - регулирование динамических объектов в среде Matlab	173
Мамасодикова Н.Ю., Хусанова У.Ю. Синтез системы терминального управления динамическими объектами	177
Эргашев О.М. Разработка устойчивых алгоритмов динамической фильтрации с учетом инерционности измерительных устройств	181
Хуррамов М.Г., Назиров З.Ш., Хуррамова Д.М., Джураева Н.Б. Энерго- и ресурсосберегающий метод переработки осадков сточных вод с целью получения компонентов, повышающих продуктивность почвы	187
Порубай О.В., Турдиматов М.М. Модели управления и оптимизации работы современных электроэнергетических систем	192
Жураева Н.А., Атаджанова М.З. Эффективность применения различных датчиков в системах автоматического управления	203
Мухамедиева Д.Т., Маматов Н.С., Аметова Г.Э., Файзиев В.О. Алгоритм выделения контуров на основе квантового медианного фильтра и алгоритма QSP	207
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ	
Умарова М.М., Дехканов З.К., Рахмонов О.К. Перспективы производства сульфата калия Турдиалиева Ш.И., Хошимов И.Е., Намазов Ш.С., Раджабов Р., Сейтназаров А.Р., Кахаров Э.М. Уравновешенные NP-удобрения на основе упаренной экстракционной фосфорной кислоты и карбамида	215
Хошимов К.Н., Садыкжонов С.К., Эргашев Ю.Т., Эгамбердиев Э.А. Использование местных древесных отходов и полимеров в качестве строительных элементов в древесно-полимерных композитах	221
Исмаилов Ф.С. Исследование влияния состава новосинтезированного поликарбоксилатного суперпластификатора на цементные композиции	226
Хамдамова Ш.Ш., Игамбердиев Б.Г., Исаков Б.Ш. Разработка технологии получения антислеживателя для аммиачной селитры из отработанного индустриального масла	232
Усмонова Ю.Ш., Давлятова З.М., Алимова М.Т., Таджиева Г.А., Кадиров Х.И. Синтез ингибитора коррозии на основе алкилимидозолина	237
СОЦИАЛЬНО - ЭКОНОМИЧЕСКИЕ НАУКИ	
Тухтаров И. Наука, инновационное образование и убеждение молодёжи	241
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ	
Жуманиязов М.Ж., Сапаева С.Г. Возможности получения составов для очистки ржавых конструктивных устройств и защиты от последующего ржавления	251
Маматов Х.А., Пасиева З.Ж. Свойства прочности при растяжении малошабленного бетона на основе вторичных заполнителей	255
Ахмадалиев Ш.Ш. Стали, применяемые для штампов горячей штамповки	257
К сведению авторов !	261
	265

CONTENTS

FUNDAMENTAL SCIENCES

Ayibzhanov M., Tuychibaev B.K., Yuldashev N.Kh. Spectral distribution, optical and thermal quenching of longitudinal photoconductivity of CdSe/SnO ₂ films	9
Abdurazakov N.N. Reliability analysis of short-term residential load forecasting models	17

MECHANICS

Bayboboev N.G., Toshtillaev Sh.A., Muminov A.L., Yuldashev A.M. Methods for improving the operational indicators of potato harvesting machines	25
Rajabova N. R. Improvement of heat exchange processes in drum dryers	29
Maxmudov I.R., Umarov A.M. Analysis of gas-generating components in the electrode coating	33
Teshaboev O. Development of the design of an efficient screw conveyor for transporting and cleaning cotton, justification of the screw parameters	38
Yuldashev K.K. Calculation of the gravity force of a woolen bag on the working areas of the surface of a wave screw during operation of a screw conveyor	45
Mirzaumidov A.Sh., Azizov J.D. Static analysis of the spindle shaft with a split cylinder	52
Mukhametshina E.T. Testing the improved curvature angle of the pneumotransport pipe	58
Xakimov A.A., Isomidinov A.S. Analysis of the effect of coal granulometric composition on mechanical strength in briquette production	62
Otaho'jaev A., Komilov Sh., Muradov R. Improving the efficiency of the process of extracting fiber from the seed in a sawing machine	66
Xashimov X.X. Creating a device for grinding the welded grate of a saw gin	70
Sultonov S.Yu., Salokhiddinova M.N., Mamatkulov O.T. Ways to improve the operation of the cotton separator vacuum valve	74
Qirg'izaliyev N.X. Improving the methods of restoration of working organs of working earthworking machines	79
Yuldashev Sh.H. Development of a device for melting the teeth of an excavator bucket	83
Isayeva M.Kh., Nigmatova F.U., Mirzaeva N.B. Study of the strength characteristics of the connecting joints of special clothing made of secondary materials	86
Aripjanova D.U., Umurzakova Kh.Kh., Ermatov Sh.Q., Kholdarova S.Sh., Kenjaeva M.E. Study of the properties of fibrous waste of natural silk	91
Djuraev A., Rajabov O., Qorachayeva O. Results of a multi-factor experiment on the cotton cleaning machine from fine impurities	100
Shukrullaev J.O., Juraev H.F. Investigation of the dynamic flow structure of mineral fertilizers in a drum dryer	105
Shakirov B.M., Shakirov B.M.B. Improvement of transient processes in pressurized pipelines during the startup of centrifugal (d) pumps	112

BUILDING

Boborazhabov B.N., Ibadullaev A., Ikromov M.H., Teshabayeva E.U. Development of sulfur-containing polymer-bitumen compositions	119
Akramov X.A., Rakhimov Sh.T., Khudoynazarova Q.D. Physical and mechanical properties of fine-grained concrete	125

ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES

Olimov J.S., Shirinov S.G. Theoretical analysis of the study of energy efficiency improvement of cone crushers used in the mining industry	130
Rakhmatov O.A. A brief overview of research on aerodynamic loads on solar arrays installed on the roofs of buildings	136

CONTENTS

Umurzakova D.M., Xakimov A.A. Design and modelling of adaptive-fuzzy control system temperature control system in thermal power engineering	147
Tovboyev A.N., Togaev I.B. Assessment of the influence of nonlinear loads in the power supply systems of industrial enterprises on the quality of electricity	159
Ergashev O.M., Abdullayev J.A. Advancing the accuracy and reliability of object segmentation systems in low-light environments through the implementation of enhanced convolutional neural network architectures	165
Siddikov I., Mamasodikova N., Xusanova U. Fuzzy PI - control of dynamic objects in matlab environment	173
Mamasodikova N.Yu., Xusanova U.Yu. Synthesis of a terminal control system for dynamic objects	177
Ergashev O.M. Development of stable dynamic filtering algorithms taking into account the inertia of measuring devices	181
Khurramov M.G., Nazirov Z.Sh., Khurramova D.M., Juraeva N.B. Energy- and resource-saving method of processing sewage sludge to obtain components that increase soil productivity	187
Porubay O.V., Turdimatov M.M. Models for controlling and optimizing the operation of modern power systems	192
Jo'rayeva N.A., Atadjanova M.Z. Efficiency of using various sensors in automatic control systems	203
Muhamediyeva D.T., Mamatov N.S., Ametova G.E., Fayziyev V.O. Edge detection algorithm based on quantum median filter and QSP algorithm	207
CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY	
Umarova M.M., Dekhkanov Z.K., Rahmonov O.K. Potassium sulphate production prospects	215
Turdialieva Sh.I., Khoshimov I.E., Namazov Sh.S., Radjabov R., Seitnazarov A.R., Kakharov E.M. Balanced NP-fertilizers based on evaporated wet process phosphoric acid and urea	221
Khoshimov K.N., Sodikjonov S.K., Ergashev Yu.T. Egamberdiev E.A. The use of local wood waste and polymers as building elements in wood-polymer composites	226
Ismailov F.S. Investigation of the effect of newly synthesized polycarboxylate superplasticizer composition on cement mixtures	232
Khamdamova Sh.Sh., Igamberdiev B.G., Isakov B.Sh. Development of a technology for producing an anti-caking agent for ammonium nitrate from used industrial oil	237
Usmonova Y.Sh., Davlyatova Z.M., Alimova M.T., Tadzhieva G.A., Kadirov Kh.I. Synthesis of a corrosion inhibitor based on alkylimidozoline	241
SOCIAL AND ECONOMIC SCIENCES	
Tukhtarov I. Science, innovative education, and shaping the beliefs of youth	251
SHORT MESSAGES	
Jumaniyazov M.J., Sapaeva S.G. Possibilities of obtaining compositions for cleaning rusty structural equipment and protecting it from further rusting	255
Mamatov X.A., Pasiyeva Z.J. flexural scratch strength characteristics of low gravel concrete based on secondary fillers	257
Akhmadaliev Sh.Sh. Steels used for hot stamping dies	261
Information to the authors !	266

УДК 538.911, 935, 958, 975

СПЕКТРАЛЬНОЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЕ, ОПТИЧЕСКОЕ И ТЕРМИЧЕСКОЕ ГАШЕНИЕ ПРОДОЛЬНОЙ ФОТОПРОВОДИМОСТИ ПЛЕНОК CdSe/SnO₂

М. Айибжанов, Б.К. Туйчибаев, Н.Х. Юлдашев

Ферганский политехнический институт, e-mail: uzferfizika@mail.ru

(Получена 18.11.2024 г.)

Annotatsiya. CdSe dan fotosensitiv plyonka olish usuli ishlab chiqilgan bo'lib, u CdSe ni shaffof SnO₂ qatlamiga ega bo'lgan taglikga vakuumda termik o'tqazish va yangi tayyorlangan plyonkani CdCl₂ yoki CuCl₂ bug'lari ishtirokida havoda issiqlik bilan ishlov berishni o'z ichiga oladi, bu esa sezgirlik orttiruvchi moddalarning bir tekis diffuziyalanishini ta'minlaydi.

Tayanch so'zlar: yupqa plyonkalar, fotodetektorlar, bo'ylama fotoo'tkazuvchanlik, shaffof kontakt, kadmiy selenid, qalay dioksidi, katodli purkash, vakuumda termik changlatib o'tqazish.

Аннотация Разработан способ изготовления фоточувствительной пленки из CdSe, включающий термовакuumного осаждения CdSe на подложку с прозрачным слоем SnO₂ и термическую обработку свежеприготовленной пленки в квазизамкнутой камере на воздухе в присутствии паров CdCl₂ или CuCl₂, обеспечивающий равномерную диффузию очувствляющих веществ.

Ключевые слова: тонкие пленки, фотоприемники, продольная фотопроводимость, прозрачный контакт, селенид кадмия, диоксид олова, катодное распыление, термовакuumное осаждение.

Abstract. A method has been developed for producing a photosensitive film made of CdSe, including thermal vacuum deposition of CdSe on a substrate with a transparent layer of SnO₂ and thermal treatment of the freshly prepared film in a quasi-closed chamber in air in the presence of CdCl₂ or CuCl₂ vapors, ensuring uniform diffusion of the sensitizing substances.

Keywords: thin films, photodetectors, longitudinal photoconductivity, transparent contact, cadmium selenide, tin dioxide, cathode sputtering, thermal vacuum deposition.

1. Введение. Среди широкозонных полупроводниковых соединений A^{II}B^{VI} селенид кадмия является самым чувствительным в видимой и ближней инфракрасной области спектра. Достигнутые за последние годы успехи в области технологии изготовления поликристаллических пленок селенида кадмия, функционирующих в продольном режиме фотопроводимости, привели к созданию ряда фотоэлектрических приборов для микро- и оптоэлектроники, акустоэлектроники и автоматики, нелинейной оптики [1-7]. При этом субструктура пленок определяется в направлении, перпендикулярном к подложке, как и ток в продольных фоточувствительных структурах. Одним из распространенным способом получения таких пленок CdSe является вакуумное осаждение их при температуре 200-400°C. Известно [6-9], что свежеприготовленные пленки, как правило, обладают малой фоточувствительностью. Эффективным способом варьирования фотоэлектрических свойств пленок селенида кадмия является их термическая обработка (ТО) в вакууме, на воздухе, а также в присутствии паров, содержащих различные хлориды и др. В процессе ТО наряду с изменениями электрофизических свойств происходят и изменения фазового состава, параметров кристаллической решетки, преобладающей ориентации кристаллитов, размеры блоков и внутренние микродеформации решетки. Однако до настоящего времени детально не выяснены вопросы влияния структурных несовершенств, обусловленные ТО, на фотоэлектрические свойства в продольном режиме фотопроводимости. Имеющиеся литературные данные по исследованию субструктуры, состава и фотоэлектрических свойств пленок CdSe недостаточны. Поэтому целью настоящей работы является исследование влияния процессов ТО в различных средах на фоточувствительность свежеприготовленных пленок CdSe, функционирующих в продольном режиме фотопроводимости со стабильными

электрофизическими характеристиками. Показано, что на электрические, фотоэлектрические и спектральные свойства пленок селенида кадмия весьма большое влияние оказывают локальные уровни в его запрещенной зоне. Дефекты кристаллической решетки, обуславливающие эти уровни, являются центрами прилипания основных и неосновных носителей, а также центрами рекомбинации. Поэтому вполне понятно, что более детальное изучение энергии активации локальных уровней $CdSe$ в зависимости от условий получения и термической обработки в различных средах, позволяет более глубоко понять физические процессы в изготовленных пленках. По анализу кривых спектрального распределения, оптического и температурного гашения фотопроводимости, а также термостимулированного тока (ТСТ) определены энергии активации очерствляющих центров, уровней прилипания электронов и дырок, для пленок с продольной фотопроводимостью, изготовленных в различных технологических условиях.

2. Экспериментальные результаты и их обсуждение. Разработан способ изготовления фоточувствительной пленки из $CdSe$, включающий термовакuumного осаждения $CdSe$ толщиной 3-5 мкм на стеклянную подложку с предварительно нанесенным прозрачным слоем SnO_2 и TO свежеприготовленной пленки в квазизамкнутой камере на воздухе в присутствии паров $CdCl_2$ или $CuCl_2$, обеспечивающий равномерную диффузию очуствляющих веществ [10,11]. Изменением длительности нанесения (5-50 мин.) и количества вводимых примесей сурьмы получены пленки толщиной в пределах 0,1–1 мкм двуокиси олова с сопротивлением 150-200 Ом и прозрачностью 70-85%, что соответствует требованиям к прозрачным контактам при работе продольных фоторезисторов.

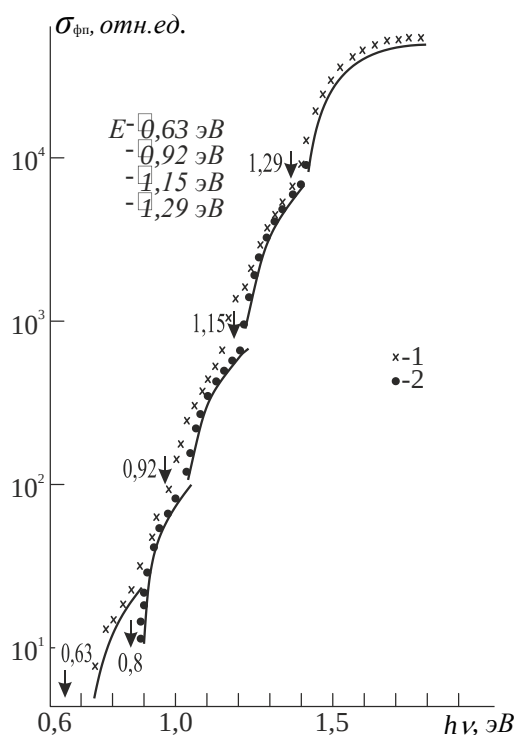


Рис.1. Спектральная зависимость σ_{ph} пленок $CdSe$, полученных при $T_n=350^\circ C$. Кривые 1-эксперимент, сплошная-теория, 2-разность эксперимента и теории.

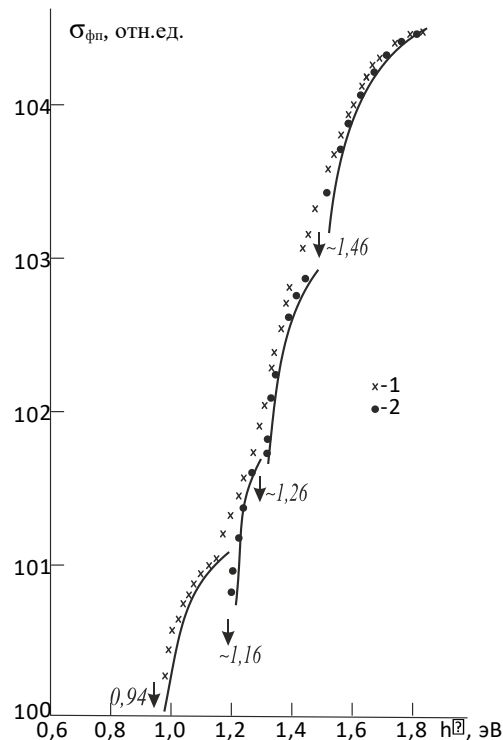


Рис. 2. Спектральная зависимость σ_{ph} пленок $CdSe$, термообработанных на воздухе в присутствии паров $CdCl_2$ в течение 4 мин.

Исследования спектрального распределения фотопроводимости (σ_{ph}) показали, что исходные пленки, полученные при различных температурах подложки, имеют похожие спектры локальных уровней. Кривые спектральных зависимостей σ_{ph} для пленок, полученных при $T_n = 350^\circ C$, измеренные при температуре 300 К, представлены на рис. 1. На

основании сопоставления экспериментальных результатов (кривая 1) с теоретическими кривыми 2, рассчитанными по формуле Луковского [12], и графического анализа этих результатов установлено, что свежеприготовленные пленки, полученные при $T_n = 350^\circ\text{C}$, имеют локальные уровни с энергией активации: $E_v + 0,63$; $E_v + 0,8$; $E_v + 0,925$; $E_c - 0,55$ и $E_c - 0,41$ эВ. Во всех свежеприготовленных пленках, полученных при различных температурах подложки, при энергии квантов света $\sim 0,6$ эВ и $\sim 1,2$ эВ наблюдается небольшая ступенька. Графический анализ показал, что эти ступеньки обусловлены локальными уровнями ($E_v + 0,63$) и ($E_c - 0,41$) эВ.

Отметим, что для увеличения фоточувствительности свежеприготовленные пленки нами подвергались термической обработке в различных средах. Уже при кратковременной термообработке на воздухе в присутствии паров CdCl_2 в спектральном распределении фотопроводимости отчетливо проявляется дополнительный локальный уровень $E_c - 0,24$ эВ у дна зоны проводимости (рис. 2), а на кривых оптического гашения фотопроводимости - уровень ($E_v + 0,43$) эВ у потолка валентной зоны (рис. 3). Точки 2 на рисунках 1 и 2 получены путем вычитания теоретически рассчитанных кривых из экспериментальных данных 1. Стрелки на рисунке указывают

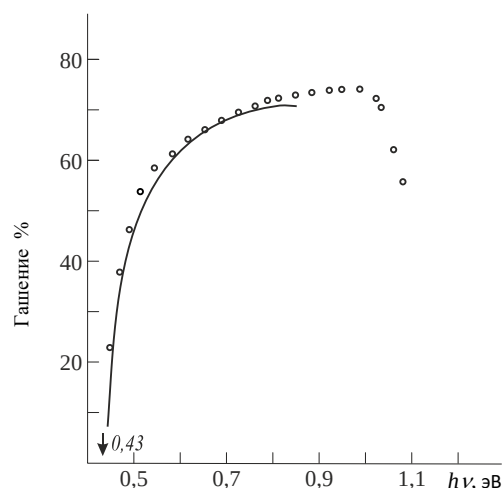


Рис. 3. Кривые оптического гашения фотопроводимости для пленок CdSe , ТО на воздухе в присутствии CdCl_2 ($t=4$ мин.).

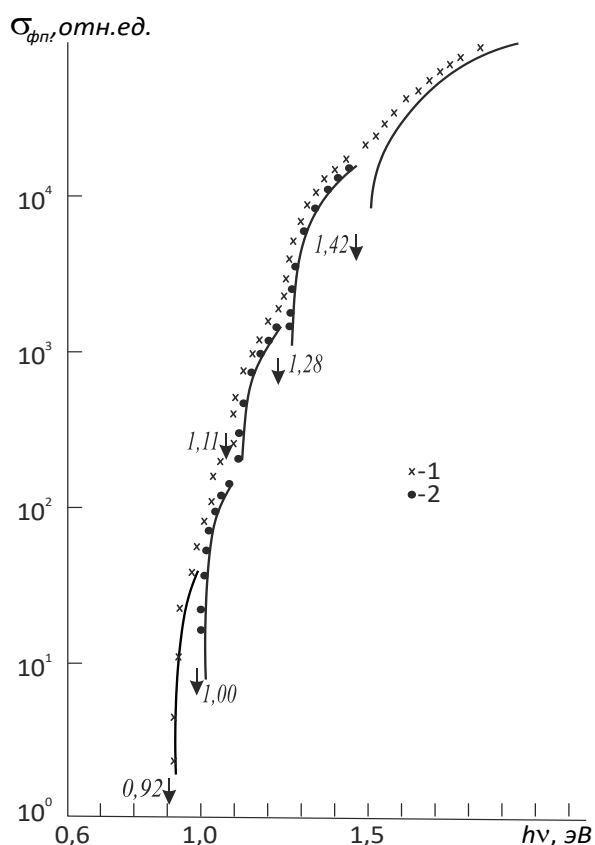


Рис. 4. Спектральная зависимость σ_{ph} пленок CdSe , ТО на воздухе в присутствии CdCl_2 в течение 6 мин.

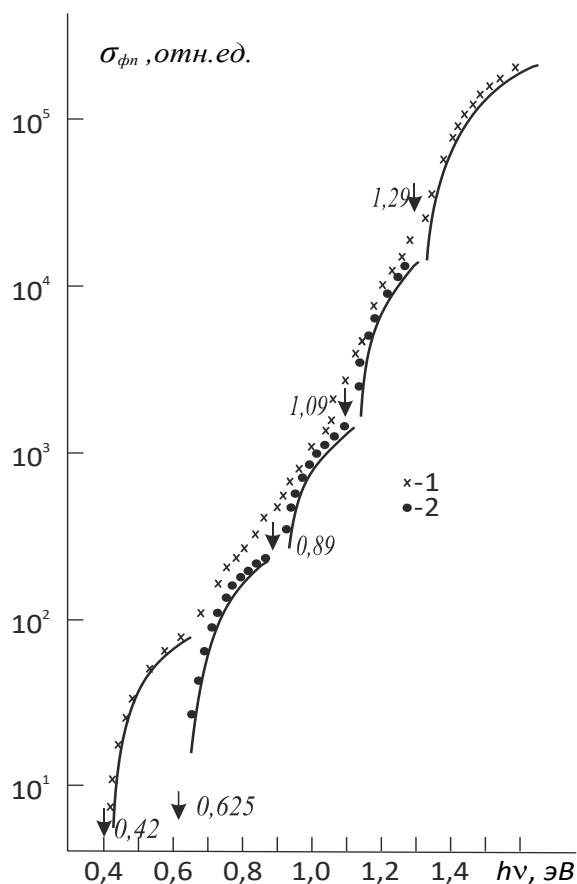


Рис. 5. Спектральная зависимость σ_{ph} пленок CdSe , ТО на воздухе в присутствии CdCl_2 в течение 8 мин

энергию оптической ионизации центра, использованную при расчете теоретических кривых

(сплошные линии). С увеличением времени термообработки спектр локальных уровней изменяется незначительно (рисунки 4-6). В длинноволновой области спектра $h\nu < 1$ эВ ход кривых спектра фотопроводимости обуславливаются как локальными уровнями, расположенными в верхней половине запрещенной зоны (с увеличением концентрации которых фоточувствительность в указанной области спектра возрастает), так и локальными уровнями, расположенными в нижней половине запрещенной зоны (большинство которых являются центрами чувствительности, что установлено по полосам инфракрасного гашения фотопроводимости). По кривым спектральной зависимости фотопроводимости также установлены глубины залегания уровней прилипания для электронов $[E_c - (0,19 \pm 0,03)]$ и $[E_c - (0,42 \pm 0,02)]$ эВ (рисунки 4 и 5).

Как известно, возможными типами простых собственных дефектов селенида кадмия являются междоузельные атомы кадмия и селена (Cd_i , Se_i) и их вакансии (V_{Cd} , V_{Se}). При температурах, близких к комнатной, возможны большие концентрации комплексов собственных дефектов, а также комплексов собственных дефектов и примесями. Авторами работ [13, 14] показаны, что донорные уровни могут быть как однозарядными, так и двухзарядными. Такой же вывод был сделан и относительно акцепторных уровней [15]. Как следует из вышеизложенного, только простых дефектов в $CdSe$ может быть 8 типов, и они соответственно обуславливают широкий спектр локальных уровней.

Очевидно, что в исследованных нами свежеприготовленных пленках локальные уровни обусловлены собственными дефектами кристалла $CdSe$, т.к. конденсировался особо чистый селенид кадмия. Так, донорный уровень ($E_c - 0,41$) эВ обусловлен комплексами двукратно заряженных вакансий селена с междоузельными атомами кадмия или селена, а уровень ($E_c - 0,55$) эВ обусловлен двукратно заряженными вакансиями селена, что согласуется с литературными данными [15]. Акцепторные уровни ($E_v + 0,95$) и ($E_v + 0,63$) эВ, как известно, обусловлены вакансиями кадмия [16].

Термическая обработка пленок в различных средах приводит к изменению концентрации различных дефектов, а следовательно и к изменению концентрации обусловленных или локальных уровней, а также к появлению новых уровней, обусловленных легирующими примесями. Примесный атом может внедриться в пленку, занимая в кристаллите либо узел, либо междоузлие, а также может находиться в междоузельной области. Местоположение введенного примесного атома в основном определяется величиной его ионного радиуса. Если последний меньше ионных радиусов компонент пленки, то такой атом имеет большую вероятность расположиться в узле компонент, радиус которого не менее радиуса примеси. Будет ли примесь, замещая атом основного вещества, действовать как донор или акцептор, зависит от числа валентных электронов на примесном и замещаемом атомах. Считается, что примесный атом действует как донор, если количество валентных электронов у него больше, чем у замещаемого, и как акцептор, если у него валентных электронов меньше.

В начальные моменты термической обработки на воздухе в присутствии хлорида кадмия, как уже было отмечено, диссоциированные атомы хлора, внедренные в объем

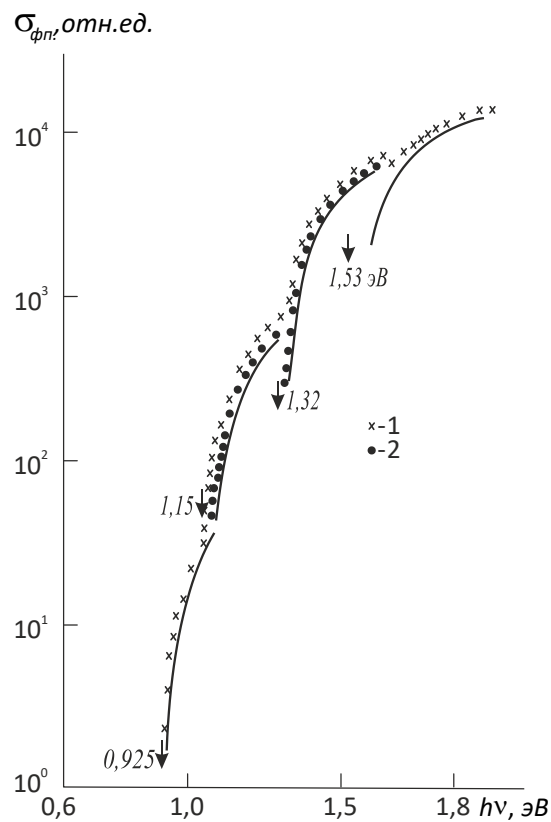


Рис.6. Спектральная зависимость $\sigma_{\phi n}$ пленок $CdSe$, ТО на воздухе в присутствии $CdCl_2$ в течение 12 мин.

кристаллитов и замещающие Se или их вакансии, образуют мелкий донорный уровень, а часть из них реагируют с атомами кадмия и их вакансиями. Появляется компенсирующий акцепторный уровень ($E_v + 0,42$) эВ, обусловленным комплексом вакансии кадмия с хлором ($V_{Cd}^{--}D_{Se}^{+}$) (рис. 6). Появление фото очувствляющих центров ($E_v + 0,42$) эВ приводит к увеличению фоточувствительности (рис. 4). Увеличение времени ТО до 6-8 минут приводит к увеличению концентрации вакансий кадмия и комплексов вакансий кадмия с хлором, т.е. к увеличению концентрации очувствляющих центров ($E_v + 0,42$) и $E_v + (0,6 \pm 0,05)$ эВ и, соответственно фоточувствительности.

В случае ТО на воздухе в присутствии $CuCl$ диссоциированные атомы меди и хлора диффундируют в объем кристаллитов и межкристаллитные области пленки. Поскольку ковалентный радиус меди меньше радиуса кадмия, то атом меди замещает в узле решетки атом кадмия. Атомы хлора ускоряют этот процесс, так как реагируя с кадмием приводят к увеличению концентрации вакансий кадмия и атомы меди легче занимают эту вакансию. Это приводит к образованию компенсирующего акцепторного уровня ($E_v + 0,66$) эВ (рис. 7) и к увеличению его концентрации, что определяет увеличение фоточувствительности.

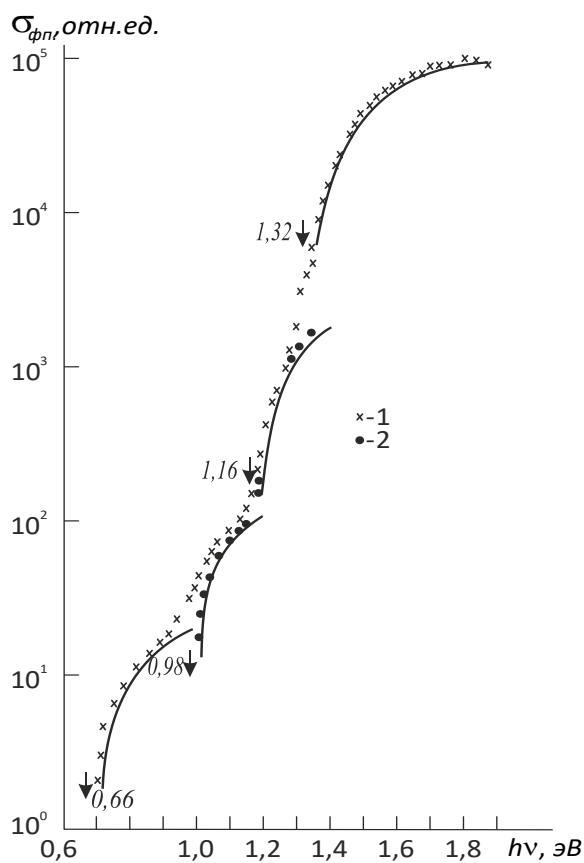


Рис. 7. Спектральная зависимость фотопроводимости для пленок $CdSe$, ТО на воздухе в присутствии $CuCl_2$ в течение 4 мин. ($T_n = 350^\circ C$).

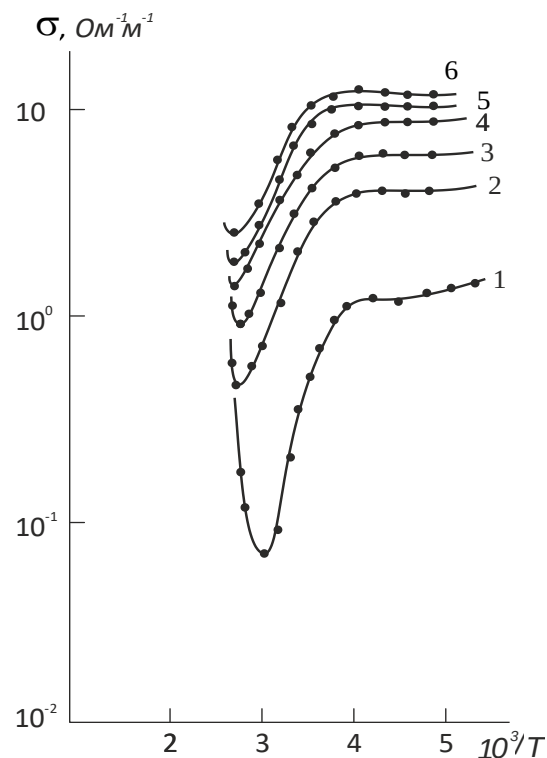


Рис. 8. Кривые ТГФ для пленки $CdSe$, полученной ТО на воздухе в присутствии $CdCl_2$ при различных интенсивностях освещения L , лк: 1-10; 2-50; 3-100; 3-200; 4-300; 5-400; 6-500.

Итак, в процессе фотоочувствления посредством термической обработки пленок селенида кадмия на воздухе в присутствии $CuCl$ основную роль играют атомы хлора, которые приводят к образованию и увеличению концентрации фотоочувствляющих центров. В случае образования комплекса атома хлора с вакансией кадмия появляется уровень с энергией активации ($E_v + 0,42$) эВ, а в случае образования вакансии кадмия – уровень $E_v + (0,6 \pm 0,06)$, а также центр быстрой рекомбинации $E_v - (0,95 \pm 0,05)$ эВ (см. также [17-20]). Образование вакансий селена, обусловленное внедрением хлора и соединением его с кадмием, приводит к появлению уровня прилипания $E_c - (0,19 \pm 0,03)$ эВ. В случае ТО в присутствии $CuCl_2$ основную роль играют атомы меди и хлора, которые стимулируют

образование компенсирующих акцепторных уровней и увеличение концентрации донорных центров.

Энергия активации центров чувствительности нами определена из кривых температурного гашения фотопроводимости (ТГФ). Выявлено, что ТГФ в пленках селенида кадмия, изготовленных при различных условиях, наиболее хорошо наблюдается только после достижения достаточно определенной величины фотопроводимости. Кривые ТГФ для термически обработанных на воздухе пленок $CdSe$ в присутствии $CdCl_2$ представлены на рис. 8, которые построены при различных освещенностях. Как видно из рисунка, с увеличением температуры до определенного значения $T \sim 250$ К существенного изменения проводимости не происходит. Однако с дальнейшим увеличением температуры σ_ϕ резко уменьшается, т.е. наблюдается гашение фотопроводимости. С увеличением освещенности, температура, при которой начинается гашение фотопроводимости, увеличивается. Такой ход кривых ТГФ можно объяснить следующим образом. При освещении пленки светом постоянной интенсивности при достаточно низких температурах, когда вероятность захвата дырки на r -центры превышает вероятность ее термического возбуждения в валентную зону, происходит преимущественное заполнение r -центров дырками, а s -центров – электронами, поскольку выполняется $S_{pr}, S_{ps}, S_{ns} \gg S_{nr}$ (где S_{nr}, S_{pr} – сечение захвата электрона и дырки r -центром, соответственно, S_{ns}, S_{ps} – сечение захвата электрона и дырки s -центром). При этом процесс рекомбинации электронов совершается главным образом через r -центры. С увеличением температуры при постоянной интенсивности освещения демаркационный уровень для дырок подымается вверх и пересекает уровень s -центра, в результате чего они превращаются в эффективные центры прилипания для дырок. Поэтому дырки начинают перелокализоваться на уровне s -центров. Поскольку $S_{nr} < S_{ns}$, то скорость рекомбинации свободных носителей увеличивается и это приводит к уменьшению времени жизни электронов в зоне проводимости, т.е. к температурному гашению фотопроводимости.

Энергия термической ионизации E_r^T определялась по методу Бьюба [16], согласно которому условие перехода от высокой чувствительности к меньшей при увеличении температуры при постоянной интенсивности света дается уравнением

$$\ln n = \ln \left(\frac{N_v S_{pr}}{S_{nr}} \right) - \frac{E_r^T}{kT} \quad (1)$$

где N_v - количество состояний в валентной зоне $\frac{S_{pr}}{S_{nr}}$ - отношение сечения захвата дырок к сечению захвата электронов рекомбинационным центром, k - постоянная Больцмана, T - абсолютная температура, n - концентрация свободных носителей заряда.

Для определения параметров чувствительности по методу [16] использовались участки кривых, где процесс ТГФ только начинается или кончается. По наклону кривых $\ln \sigma_\phi = f\left(\frac{1}{T}\right)$ построенных по точкам, где начинается или кончается ТГФ, снятых при различных интенсивностях освещения, определялась энергия активации r -центра.

На основании экспериментальных результатов установлено, что значение E_r^T для пленок, изготовленных путем термической обработки на воздухе в присутствии $CdCl_2$, оказалось равно 0,48 эВ.

Из точки пересечения кривой $\ln \sigma_\phi \left(\frac{10^3}{T} \right)$ с угловым коэффициентом $-\frac{E_r^T}{k}$, построенным по

точкам, где начинается ТГФ, с осью ординат $\frac{10^3}{T} = 0$ находились значения $\ln N_v S_{pr} - \ln S_{nr}$.

При $N_v = 10^{19} \text{ см}^{-3}$ определялись отношения сечений захвата электронов и дырок. Они

оказались равны $\approx 10^5 \div 10^6$.

С целью получения информации о параметрах ловушек для электронов исследовались термостимулированные токи (ТСТ) в пленках. Измерения проводились в вакууме 10^{-3} мм рт. ст. при линейном увеличении температуры со скоростью $\beta = 0,1$ град/с.

Известно, что ТСТ обуславливается термическим выбросом свободных носителей, захваченных на ловушках, в зону проводимости. Глубина залегания ловушек определялась по методу [16]

$$\Delta E_t = kT_m \ln \frac{e\mu N_c}{\sigma_m} \quad (2)$$

и методу [13,14], который основан на анализе начальных участков нарастания ТСТ, где ток экспоненциально увеличивается с температурой следующим образом:

$$I \propto \exp\left(-\frac{\Delta E}{kT}\right), \quad (3)$$

а проводимость:

$$\sigma = g\mu_n n_{t_0} \tau_n S_{nt} g_t N_c \exp\left(-\frac{\Delta E}{kT}\right). \quad (4)$$

Тогда для концентрации электронов можно написать

$$n = \gamma Q_c \exp\left(-\frac{\Delta E}{kT}\right), \quad (5)$$

где $\gamma = S_{nt}/S_{nr}$, g -заряд электрона, Q -стат. фактор зоны проводимости, S_{nr} -сечение захвата электрона r -центром, S_{nt} –сечение захвата электрона t -центром прилипания.

С дальнейшим повышением температуры спадающий участок ТСТ описывается выражением

$$n' = \frac{\beta E_{rt}}{g_n S_{nr} kT^2}, \quad (6)$$

где β -скорость нагрева, g_n - тепловая скорость носителей заряда. Сечение захвата электрона ловушками определялось по формуле

$$S_{nt} = \frac{I_0 \beta}{Q_{TCT} g_n N_c}, \quad (7)$$

где I_0 - экстраполированное экспоненциальному начальному участку ТСТ значение тока при $(1/T) = 0$, Q_{TCT} - площадь под максимумом ТСТ.

Концентрация ловушек N_t определялась с помощью выражения для площади под кривой ТСТ [16]

$$Q_{TCT} = \beta^{-1} \int_{T_1}^{T_2} \sigma dT = g\mu_n \varepsilon_n N_t. \quad (8)$$

На рис. 9 приведены кривые ТСТ для пленок, отожженных на воздухе в присутствии $CdCl_2$. Установлено, что энергия ионизации ловушек для исследованных пленок лежит в диапазоне $(0,21 \div 0,41)$ эВ. Концентрация их $10^{13} \div 10^{14}$ см³, а сечение захвата электрона ловушками $S_{nt} \approx 10^{-18} \div 10^{-19}$ см².

Как видим, глубина залегания очувствляющих центров и ловушек, определенные из оптических и термических измерений, совпадают.

Заключение.

1. Разработан способ изготовления поликристаллической пленки с продольной

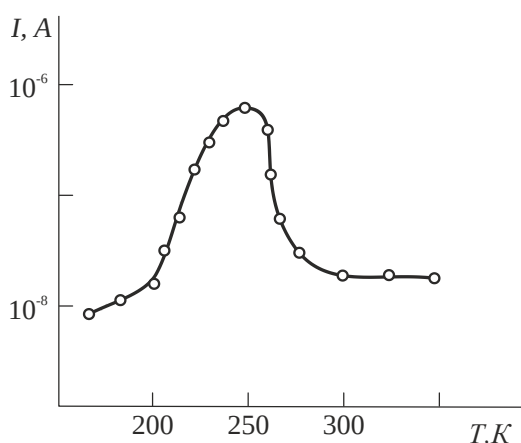


Рис. 9. Кривые ТСТ для пленки $CdSe$, полученной ТО на воздухе в присутствии паров $CdCl_2$.

фотопроводимостью, включающий термовакуумного осаждения CdSe на стеклянную подложку с предварительно нанесенным прозрачным слоем SnO₂ и термическую обработку свежеприготовленной пленки в квазизамкнутой камере на воздухе в присутствии паров CdCl₂ или CuCl₂, обеспечивающий равномерную диффузию фотоочувствляющих примесей.

2. По анализу кривых спектрального распределения, оптического и температурного гашения фотопроводимости, а также термомодулированного тока определены энергии активации фотоочувствляющих центров, уровней прилипания электронов и дырок, для пленок CdSe/SnO₂, изготовленных в различных технологических условиях.
3. Свежеприготовленные пленки, полученные при T_п = 350°C, имеют локальные уровни с энергией активации: E_v + 0,63; E_v + 0,8; E_v + 0,925; E_c - 0,55 и E_c - 0,41 эВ. В процессе фотоочувствления посредством термической обработки пленок селенида кадмия на воздухе в присутствии CuCl основную роль играют атомы хлора, которые приводят к образованию и увеличению концентрации фотоочувствляющих центров. В случае образования комплекса атома хлора с вакансией кадмия появляется уровень с энергией активации (E_v+0,42) эВ, а в случае образования вакансии кадмия – уровень E_v+(0,6±0,06) , а также центр быстрой рекомбинации E_v-(0,95±0,05) эВ.

Список литературы

- [1]. Mahato S., Kar A.K. The effect of annealing on structural, optical and photosensitive properties of electrodeposited cadmium selenide thin films // Journal of Science: Advanced Materials and Devices. - 2017. - Vol. 2. - P. 165-171.
- [2]. Henriquez R. and et al. Optical properties of CdSe and CdO thin films electrochemically prepared // Thin Solid Films. - 2010. - Vol. 518. - P. 1774-1778.
- [3]. Ярмонов А.Н., Ларионов Д.Д., Яхиханов Р.Р. Получение оптически прозрачных токопроводящих покрытий термическим испарением. // Известия Самарского научного центра Российской академии наук, 2015, том 17, №2(4), сс. 936-939.
- [4]. Маловичко А.В., Чалая В.Г., Свечников С.В., Шульга Е.П., Фастыковский П.И. Высокоомные слои CdS в режиме продольной фотопроводимости. – В кн.: Полупроводниковая техника и микроэлектроника. Киев, 1973, с.103-107.
- [5]. Aibzhonov, M., et al. Anomalous temperature dependence and infrared quenching of equilibrium conductivity in polycrystalline CdSe films. // Semiconductors 30.9 (1996): 827-830.
- [6]. Антипов В.В., Кукушкин С.А., Осипов А.В., Рубец В.П. Эпитаксиальный рост пленок селенида кадмия на кремнии с буферным слоем карбида кремния // Физика твердого тела, 2018, том 60, вып. 3, сс.499-504.
- [7]. Корсаков В.Г., Сычев М.М., Бахметьев В.В. Синтез и свойства нанодисперсных полупроводников A₂B₆ и наноломинофоров. Обзор // Конденсированные среды и межфазные границы. - 2012. - Том 14, № 1. - С. 4152.
- [8]. Джафаров М. А., Мамедова С. А., Мехтиев Р. Ф., Насиров Э. Ф. Фотопроводимость пленок твердых растворов на основе A^{II}B^{VI}, осажденных из раствора- // Неорганические материалы, 2013, том 49, № 11, с. 1168–1172
- [9]. Каримов М.А., Юлдашев Н.Х. Инфракрасный фотоприемник излучения на основе легированной поликристаллической пленки CdSe // Узбекский физический журнал – Ташкент. 2004. -№4(6). - С.270 – 275.
- [10]. Bakhodir K.Tuychibaev. Thermal vacuum method for producing photoconductive CdSe films with transparent SnO₂ contacts // Eurasian Research Bulletin, Volume 41|March 2025, pp. 17-22.
- [11]. Б.К.Туйчибаев, В.Т.Мирзаев, Т.И.Рахмонов. Характеристики электрических свойств нано кристаллических систем селенида кадмия. // Andijan state university. Scientific Bulletin. Physical and Mathematical Research Vol. 6 Iss. 1 2024.
- [12]. Lucovsky G. V. “On the photoionization of deep impurity centers in semiconductors”. // Sol. St. Commun., No. 3. 1965. PP. 299–302.
- [13]. Smith F.T.J. High temperature electrical properties of CdSe; evidence for a native donor. - Sol. Stat. Comm., 1970, v. 8, № 4, p. 263-266.
- [14]. Callister W.D., Varotto J.F., Stevenson D.A. The high temperature defect equilibria of CdSe. - J. Solid. Stat. Chem., 1972, v. 5, № 2, p. 369-375.
- [15]. Martinaitis A.V., Sakalas A.P., Januskevicius Z.V., Viscakas J.K. Defect structure of CdSe in selenium vapors. - Phys. Stat. sol (a), 1978, v. 47, № 1, p. 187-194.
- [16]. Бьюб Р. Фотопроводимость твердых тел. // М.: ИЛ, 1962, 558 с. - Bube, R.H. (1960) Photoconductivity of Solids. Wiley, New York.

- [17]. Tapan Kumar Das; P. Ilaiyaraja; C. Sudakar. Coexistence of strongly and weakly confined energy levels in (Cd,Zn)Se quantum dots: Tailoring the near-band-edge and defect-levels for white light emission // J. Appl. Phys. 121, 183102 (2017). <https://doi.org/10.1063/1.4983094>
- [18]. D. J. Norris and M. G. Bawendi, "Measurement and assignment of the size-dependent optical spectrum in CdSe quantum dots," Phys. Rev. B 53, 16338–16346 (1996). <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.53.16338>
- [19]. Zhang, Z.; Thung, Y.T.; Chen, X.; Wang, L.; Fan, W.; Ding, W.L.; Sun, H. Study of Complex Optical Constants of Neat Cadmium Selenide Nanoplatelets Thin Films by Spectroscopic Ellipsometry. J. Phys. Chem. Lett. 2021, 12, 191–198. [Google Scholar] [Cross Ref].

RELIABILITY ANALYSIS OF SHORT-TERM RESIDENTIAL LOAD FORECASTING MODELS

N. Abdurazakov

Andijan State University,

(Received on March 10, 2025)

Annotatsiya. *Elektr tizimlarining ishonchli faoliyatida iste'mol va ishlab chiqarilayotgan energiya miqdorining o'zaro muvozanatda bo'lishi muhim hisoblanib, aniq bashoratlash amali ushbu vazifani bajarishga imkon beradi. Iste'mol va ishlab chiqarish quvvatlarini bashoratlashning ko'plab statistik, mashinali o'qitish va chuqur o'qitish algoritmlari asosidagi usullari ishlab chiqilgan. So'nggi yillarda chuqur o'qitish algoritmlarining elektr iste'molidagi turli nochiziqli bo'g'liqliklarni yaxshi modellashtira olishi tadqiqotchilar orasida katta qiziqish uyg'onishiga sabab bo'ldi. Shuningdek algoritmgga kiruvchi ma'lumot xususiyatlarini avtomatik va manual hosil qilish orqali yuqori aniqlikdagi modellarni yaratish ustida faol ishlar davom etmoqda. Ushbi ishda CNN neyron tarmog'i asosida ma'lumot xususiyatlarini avtomatik yaratish va obi havo ma'lumotidan manual xususiyat hosil qilish usullarining RNN oilasidagi LSTM, GRU va ikki yo'nalishli LSTM arxitekturalari asosidagi modellarning imkoniyatlariga ta'siri o'rganildi. Modellarning ishonchlilik oraliqlari bo'yicha taqqoslash natijalari taklif etilgan manual usulning avtomatik usulga nisbatan samarali ekanligini ko'rsatdi.*

Tayanch so'zlar: *Elektr iste'moli, bashoratlash, algoritim, model, manual usul, ishonchlilik intervali.*

Аннотация. *Поддержание баланса между энергопотреблением и вырабатываемой энергией играет важную роль в надежной работе энергосистемы, а точное прогнозирование позволяет выполнить эту задачу. Разработано множество методов прогнозирования потребления и производственных мощностей на основе статистических, машинных и глубоко обучающих алгоритмов. В последние годы способность алгоритмов глубокого обучения эффективно моделировать различные нелинейные зависимости в потреблении электроэнергии вызвала большой интерес у исследователей. Они активно работают над ручными и автоматическими методами извлечения признаков для достижения точных моделей прогнозирования. В этой работе изучался вклад метода автоматического проектирования признаков на основе CNN и ручного метода в производительность моделей LSTM, GRU и двунаправленной LSTM. Результаты сравнения доверительных интервалов моделей показали, что предложенный ручной метод более эффективен, чем автоматический метод.*

Ключевые слова: *Потребление электроэнергии, прогнозирование, алгоритм, модель, ручной метод, доверительный интервал.*

Abstract. *Balancing power consumption with the produced energy plays an important role in the reliable operation of the power system and accurate forecasting allows to perform this task. Many methods for forecasting consumption and production capacities have been developed based on statistical, machine learning, and deep learning algorithms. In recent years, the ability of deep learning algorithms to effectively model various nonlinear relationships in electricity consumption has caused great interest among researchers. They are working actively on manual and automatic feature extraction methods to achieve accurate forecasting models. This work studied the contribution of the CNN-based automatic and manual feature engineering method to the performance of LSTM, GRU, and bidirectional LSTM models. The results of the comparison of the models' confidence intervals proved that the proposed manual method is more effective than the automatic method.*

Keywords: *Power consumption, forecasting, algorithm, feature extraction, model, confidence interval.*

1. Introduction

The efficiency of the power systems is an important characteristic that measures consumers' utilized share of the total produced energy. Power loss in the entire system is accumulated due to the transmission and distribution loss on the lines, loss in substations, and transforming points. However, another major factor contributes to the mass of loss. It is a sudden drop of consumers on the network especially at night. Consumption patterns of all consumers are not always stable and residential users are very stochastic. Energy traders and bulk producers are sensitive to this situation as the deactivation of the production blocks is expensive and energy is lost in the system. The solution is to redirect the produced energy to the other consumers. Thus, robust management of energy flow requires accurate forecasting of future power demand. Various lengths of load prediction are used in the power system and short-time load forecasting (STLF) is important for accurate scheduling of power generation and distribution. Thus accurate forecasting is mandatory for a robust scheduling system [1].

A complete architecture of the short-term power load forecasting system has been proposed in this work. The contribution of the input features to the model's performance has been studied. Manual and automatic feature extraction methods have been deployed on the five-year historical aggregate load and average temperature data of the Andijan region. Models have been trained based on the base features, as well as on the manual and automatically created features.

2. Literature review

Short-term load forecasting has a long evolution starting from statistical AR, ARMA, ARIMA, and SARIMA techniques to linear regression, support vector machines, and neural networks. However, accurate demand prediction remains a challenging issue among researchers. In particular, complex non-linearity and seasonality patterns need to be considered while load profiling at an individual household scale. As studied by E. Mocanu et al, many factors affect the power consumption of households, such as weather conditions, installed appliances, thermal properties of the building, and most importantly the consumption behavior of each resident [2]. Proper selection and engineering of input features is considered a vital step hence it helps to improve the proposed model's performance in terms of the model's complexity, training time, and forecasting accuracy. Yearly, monthly, and weakly seasonality features of consumption were considered in the work of H.J.Sadaei et. al [3]. In our previous work, Andijan region's aggregate power consumption in 2019-2023 was analyzed. Detected seasonality was modeled using sine and cosine pairs as input features to the linear regression model. The proposed model performed quite well (4.75% mean absolute percentage error) on the test set [4]. In most works, additional features were extracted from historical load data. Koprinskaya et al. deployed autocorrelation-based feature selection on the lagged load data. They proposed a model with 50 input features from solely load data [5]. However, this led to an increase in the number of estimated parameters and model complexity which requires a huge amount of computer resources. In recent works, a one-dimensional convolutional neural network (1d-CNN) was successfully deployed for automatic feature extraction for time series modeling. Two-dimensional CNN was superior in automatically extracting patterns on image data by convolving a small size filter to the image matrix. Later, its one-dimensional form was invented to get a better result on serial data. Ch. Wang et al. first used 1d-CNN to extract features automatically and then model them using an extended LSTM network. Input data consisting of 10 features of historical load, weather, and calendar data were first passed by 3 3-layer CNN networks to create additional features. The resulting features were modelled using 3 3-layer extended LSTM networks with 128 neurons in each layer. The proposed method was compared against several state-of-the-art models. It showed the best result, 0.98% mean absolute percentage error among all models. However, the complexity of the proposed model is high and it requires more computer resources and time to train the model. Considering all the above-mentioned challenges, it is aimed to build a lighter model with less architectural complexity using a manually created small number of features.

3. Proposed forecasting method

3.1 Data preprocessing and manual feature extraction

Data preprocessing is important in finding a relationship between input features and output values. Detecting hidden features and patterns allows us to correctly model long and short term fluctuations in the input data. 5-year load and weather data of the Andijan region were carefully analyzed in this work. Load data consists of aggregate daily measurements of consumed electricity. Weather data includes daily minimum, maximum, and average temperature, wind speed, relative humidity, and weather conditions. As mentioned above, only two input data, daily load, and average temperature, are selected as basic features to escape the models' increasing number of estimated coefficients. Missing values and outliers in the real data require applying statistical and mathematical corrections on the values before feeding them to the models. This work deployed an exponential moving average method to restore missing values. Missing value in the day X_{i+1} :

$$X_{i+1} = EMA_i = (X_i - EMA_{i-1}) * \frac{K}{n+1} + EMA_{i-1}, \quad (1)$$

where, X_i is the value of i_{th} timestep, K is the smoothing coefficient equal to $\frac{2}{n+1}$, n is the length of the period under consideration.

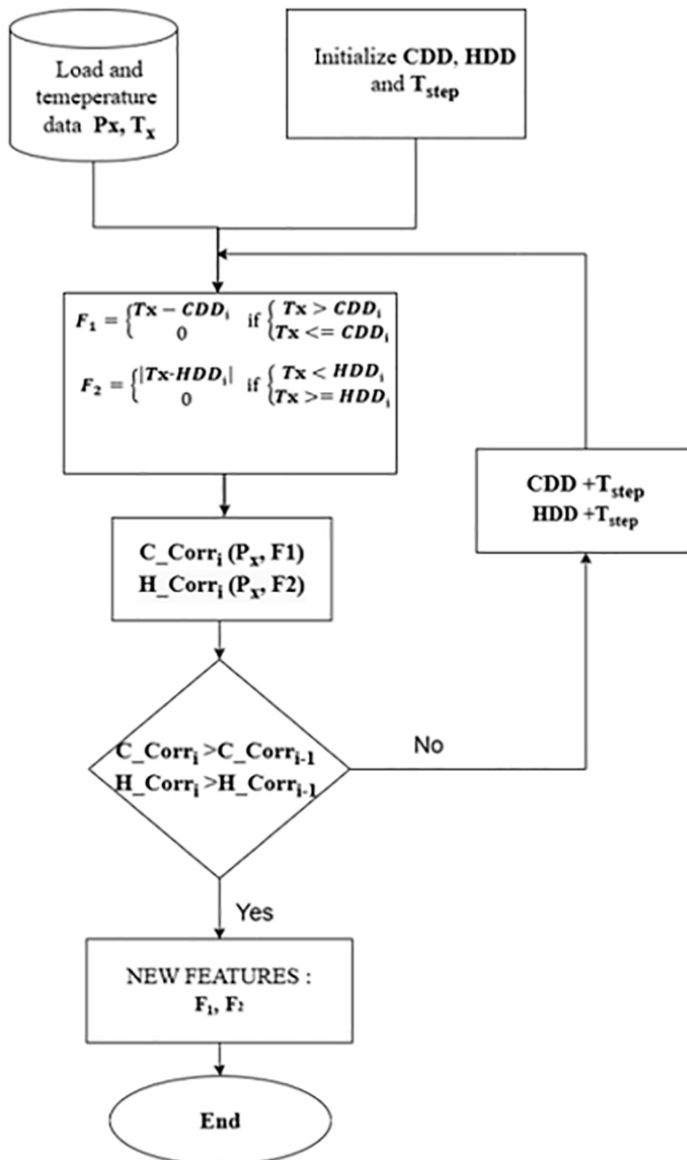


Figure 1. Block diagram of the proposed manual feature generating algorithm.

The current value of the EMA depends on the value of the EMA of the previous day. So, the initial value of EMA starts from the particular previous day, it is equal to the simple moving (SMA) and is defined as follows:

$$SMA = \frac{X_1 + X_2 + \dots + X_n}{n}, \quad (2)$$

Numeric features in the cleaned data were scaled with the widely used statistical MinMax scaling method to transform it to an appropriate range (-1,1) for RNN models. Predicted values were inverse transformed for comparison with actual consumption.

The purpose of this work is to predict residential power consumption, and the main contributors to electricity consumption in households are heating and cooling devices. Considering this property, we proposed that the duration of active time of climatic appliances characterizes daily power usage in the houses. Thus, it is necessary to estimate the duration of operating time of heating and cooling devices from the daily average temperature. Spinoni et al. pioneered the use of degree day term to estimate daily heating energy for the European weather condition [6], [7]. They proposed temperature threshold values, so-called Cooling Degree Day (CDD) and Heating Degree Day (HDD) to represent the activation of climatic appliances. Thus, the deviation of daily average

temperature from these threshold values may easily define the active duration of the home appliances. Pearson correlation is deployed to find optimal values of CDD and HDD. They are selected when the maximum correlation coefficient is achieved (Fig. 1). Such an approach was successfully used by J. Spinoni, I. Koprinskaya, K. Kokkinen to select input features [6], [8], [9]. In summary, base models were trained with two input features, and feature-enhanced models were trained with four features (two manual features added to base inputs). As a result, we could achieve lighter models that require fewer computing resources and more time. A huge difference in the scale of each feature has a negative effect on model training. A MinMax scaling is performed on each input data, hence a change in each feature has the same effect on the models [10].

3.2. Power usage prediction with sequential models.

Deep learning methods, especially sequential models such as LSTM, Bidirectional LSTM, and GRU, became popular for modeling sequential tasks. Recurrent neural networks are alternatives to feedforward networks that can memorize long sequences with their internal memory. The internal structures of LSTM and GRU allow them to remember historical data in the memory. A proposed short-term load forecasting framework is shown in Figure 2. A vanishing/exploding gradient problem of vanilla RNNs is solved on LSTM, GRU, and Bidirectional LSTM networks [11]. Thus, the proposed framework deployed them to model load using input features. Power and weather data are first cleaned, concatenated, and used as basic features. Two new features were manually derived from the temperature data and concatenated to the basic features to train feature enhanced models. The CNN model is used as an automatic feature extractor and integrated into the sequential models. In addition, the 1d_CNN model is evaluated in load forecasting.

All sequential and widely used 1d_CNN models were compared based on their performance. As in the previous works, the same hyper-parameters were selected for each model: Adam optimizer, mean squared error loss function, and the learning rate is 0.0002. The experiments were performed using the open source Keras library and Python language on Google's standard Colaboratory environment with CPU hardware. environment with CPU hardware.

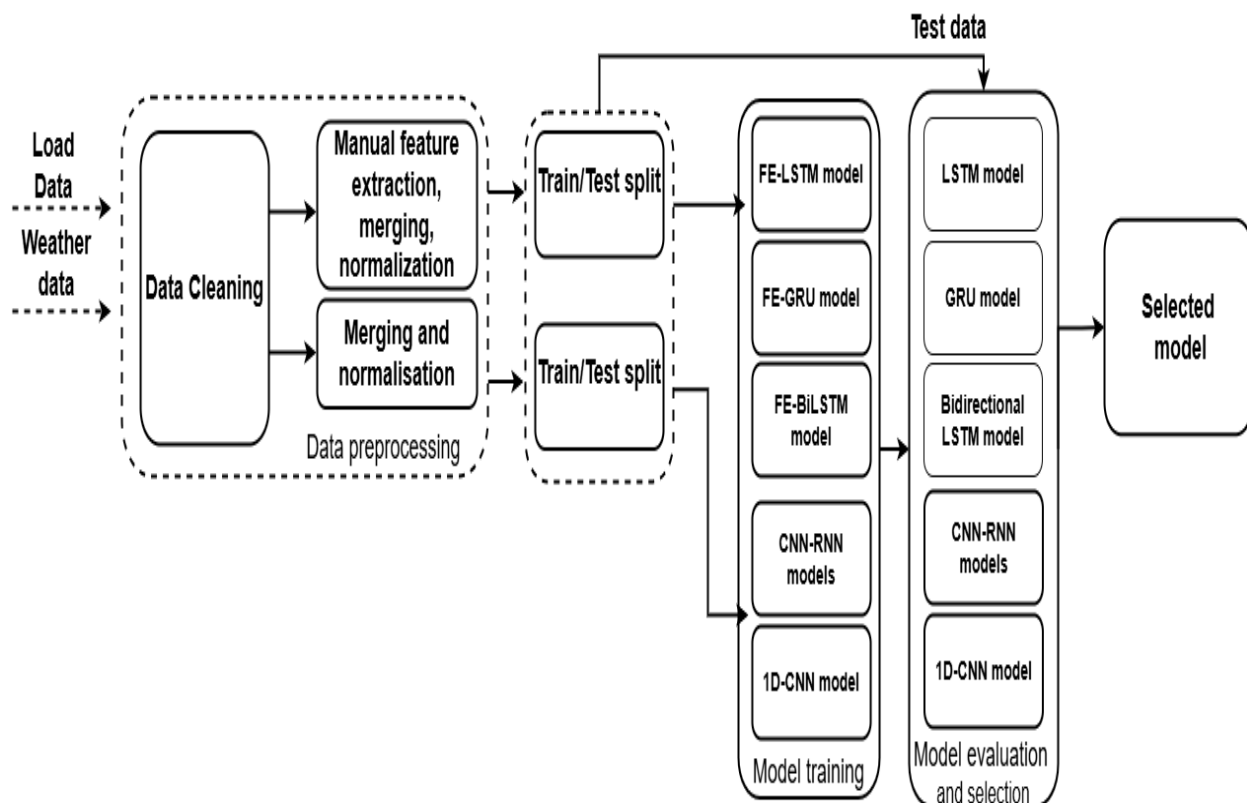


Figure 2. Proposed load forecasting framework based on the sequential models.

4. Results and analysis

This work studied the contribution of manual and automatic feature extraction methods on the performance of the sequential models. In regression problems, the efficiency of the proposed models is measured using absolute, squared, and percentage errors between actual and predicted values. This work compares all models' mean absolute error (MAE) and mean absolute percentage error (MAPE) to test their point forecast. More importantly, the reliability of the models is measured using confidence intervals, which is a more robust method in statistics. The width of the model's confidence interval represents the variance of prediction errors, which is high in different situations. Thus, the model is not stable on noisy data [12]. In other words, having small errors and a narrow distribution of errors when the model is trained and tested several times shows the model is robust in all cases.

Three advanced RNN algorithms were trained on two base input features. As well as they were trained on 16 automatic features created by a CNN model with 8 filters. Finally, they were trained on 2 base and 2 manual features generated by our proposed method. Hence, all 9 RNN-based and widely used 1d-CNN models were compared using MAE and MAPE values as in Table 1. Results prove that properly selected features contribute to the model's performance. Because of manual features, the MAE of the LSTM model decreased from 126.7 kWh to 76.6 kWh. However, the automatic method did not affect the performance and MAE was 128.5 kWh. Similarly, the MAPE of the LSTM model improved from 1.13 % to 0.48% with manual features and 1.15 % with automatic features. The GRU model achieved lower errors with manual features than the automatic method. Its MAE decreased from 125.3 kWh to 118.6 kWh with CNN and even to 76.9 kWh with the manual method. Consequently, MAPE dropped from 1.11 % to 1.03% and 0.49%. The table shows that the best model was feature-enhanced bidirectional LSTM (FE_BiLSTM). Its MAE improved from 120.7 kWh to 73.8 kWh and MAPE from 1.05 % to 0.43% compared to basic models. The 1d-CNN model showed slightly higher error values, 180 kWh MAE, and 1.57 % MAPE on the test set.

Table 1.

Performance of the models on the training and the test sets.

Models	Training		Test	
	MAE	MAPE	MAE	MAPE
simple_LSTM	93,2	0,74	126,7	1,13
simple_GRU	86,4	0,7	125,3	1,11
simple_BiLSTM	83	0,63	120,7	1,05
CNN_LSTM	92,1	0,73	128,5	1,15
CNN_GRU	85,7	0,68	118,6	1,03
CNN_BiLSTM	85	0,67	119,6	1,05
1d_CNN	117,3	0,97	180	1,57
FE_LSTM	52,2	0,42	76,6	0,48
FE_GRU	52,7	0,42	76,9	0,49
FE_BiLSTM	51,5	0,41	73,8	0,43

Confidence intervals of the RNN-based sequential models trained on the base, automatic, and manual features are illustrated in Figure 3. Plots show the prediction range of the models with 70, 80, and 95 percent confidence. It can be seen from the figure that automatic features did not

enhance the models' performance. However, manual features narrowed down the confidence interval to be close to the actual consumption plot.

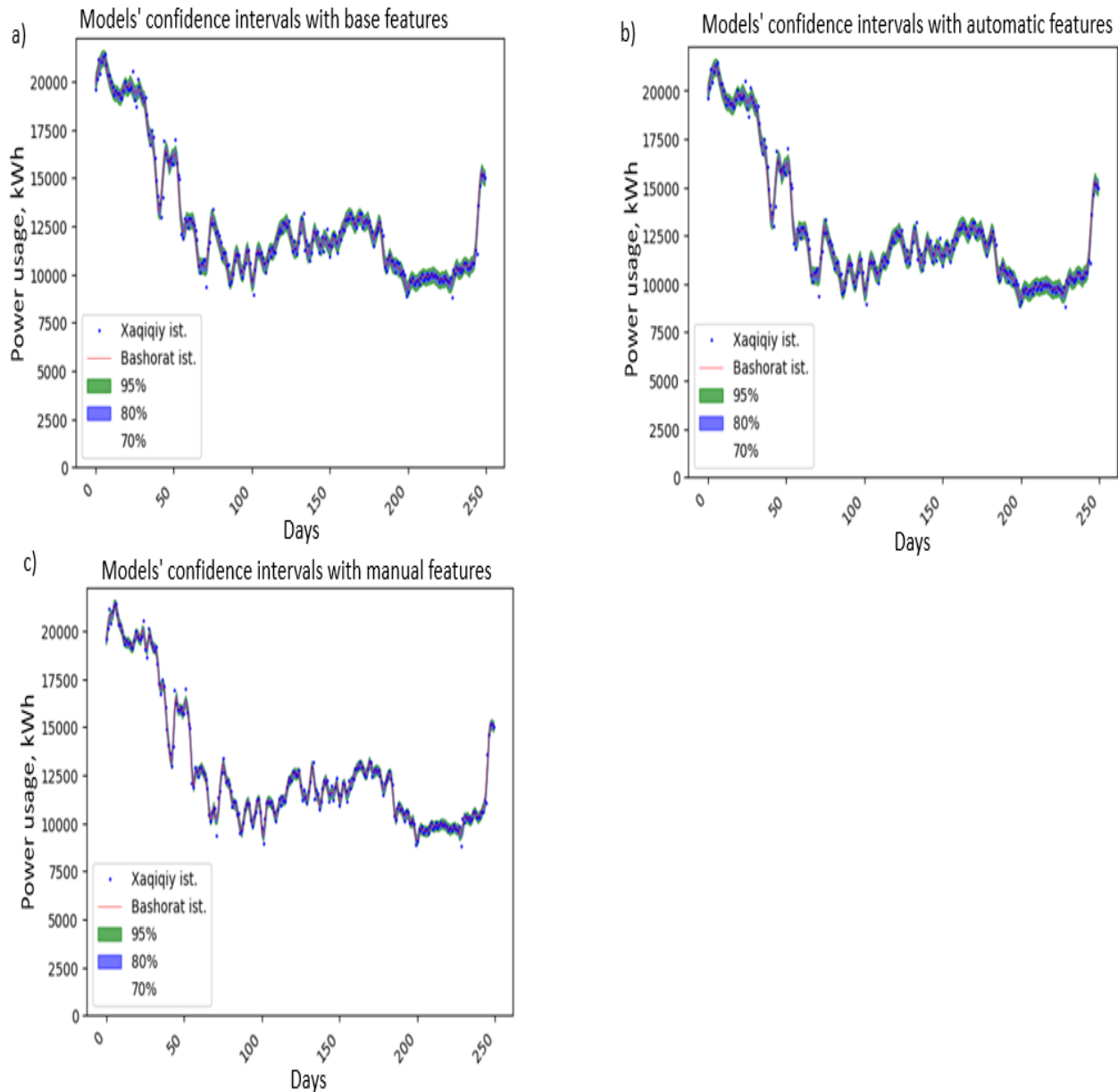


Figure 3. Models' confidence intervals based on base, automatic, and manual features

Figures 4-5 illustrate the distribution of MAE and MAPE values of the models on the training and testing datasets. They highlight that models with manual features have smaller and narrower distribution of error values on both the training and testing sets. MAE and MAPE values of FE_LSTM, FE_GRU, and FE_BiLSTM models have a very narrow distribution range. On the other hand, the models simple_LSTM, simple_GRU, and simple_BiLSTM that are trained with base features and 1d_CNN, CNN_LSTM, CNN_GRU, and CNN_BiLSTM models trained on the automatic features have a wider distribution and values of huge deviation from the mean. This shows that the predictions with the later models are not stable in all cases. Boxplots are perfect to illustrate the mean, first, and third quantile of the quantity range and they spotlight outliers that are very far from the main distribution. Simple models and even CNN-integrated models have a wider inter-quantile range and one or two error values located far from the main error distribution proving that they are uncertain in many cases.

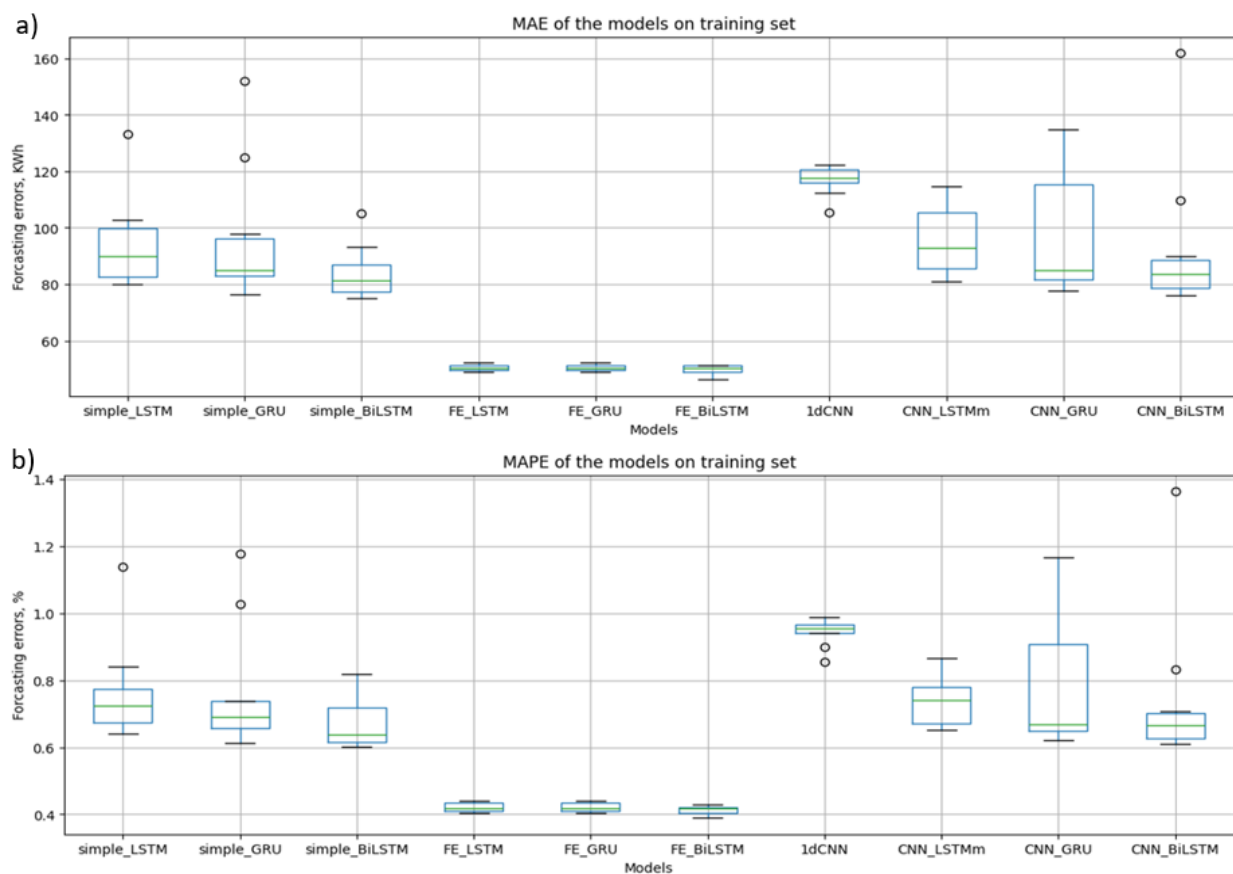


Figure 4. The MAE and MAPE distribution of the models on the training data set.

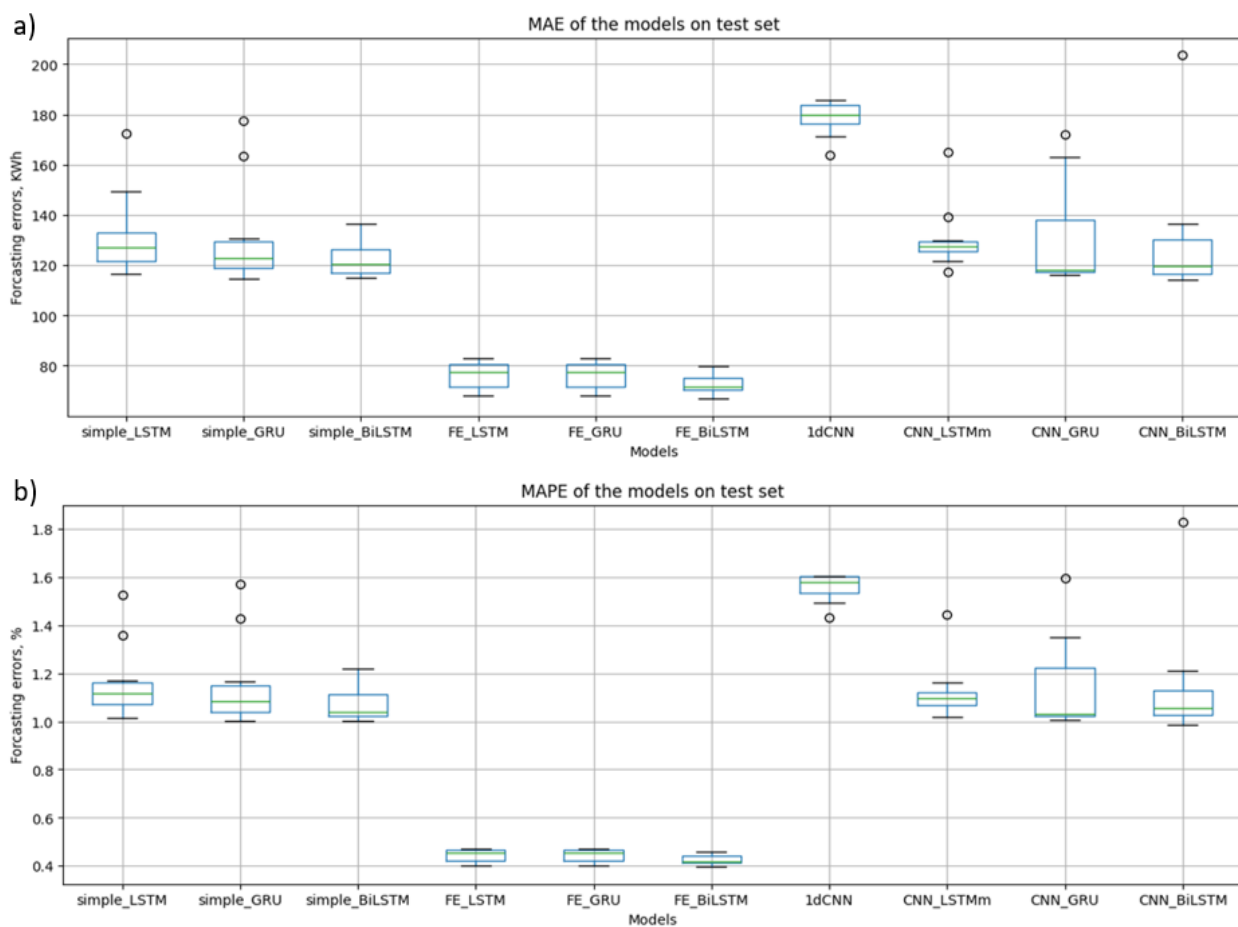


Figure 5. The MAE and MAPE distribution of the models on the testing data set.

5. Conclusion

This paper proposed a manual feature extraction method for day-ahead power load forecasting using RNN-family neural networks. Real-world regional load and outside temperature data were used for model training and testing. Temperature data was manually processed to extract useful features to improve the models' robustness. Baseline RNN-based models were developed using two feature input data with power and outside temperature. New features were extracted manually from temperature data as a deviation of daily average temperature from CDD and HDD. These new features caused an improvement in the models' prediction and confidence interval. The comparison showed that feature-enhanced models are significantly accurate and precise in prediction. It is concluded that temperature data carries more hidden information and manually extracted features can be used successfully for residential power forecasting.

References

- [1]. L. Burg, G. Gürses-Tran, R. Madlener, and A. Monti, "Comparative analysis of load forecasting models for varying time horizons and load aggregation levels," *Energies* (Basel), vol. 14, no. 21, 2021, doi: 10.3390/en14217128.
- [2]. E. Mocanu, P. H. Nguyen, M. Gibescu, and W. L. Kling, "Comparison of machine learning methods for estimating energy consumption in buildings," in *2014 International Conference on Probabilistic Methods Applied to Power Systems, PMAPS 2014 - Conference Proceedings*, 2014. doi: 10.1109/PMAPS.2014.6960635.
- [3]. H. J. Sadaei, F. G. Guimarães, C. José da Silva, M. H. Lee, and T. Eslami, "Short-term load forecasting method based on fuzzy time series, seasonality and long memory process," *International Journal of Approximate Reasoning*, vol. 83, 2017, doi: 10.1016/j.ijar.2017.01.006.
- [4]. N. N. Abdurazakov, R. Aliev, G. O. Tadjibayev, "Power load forecasting using linear regression method of the machine learning," in *Oct 12-13, 2023. International scientific and practical conference on semiconductor opto- and nanoelectronics, alternative energy sources and their prospects*, Andijan.
- [5]. I. Koprinska, M. Rana, and V. G. Agelidis, "Yearly and seasonal models for electricity load forecasting," in *Proceedings of the International Joint Conference on Neural Networks*, 2011. doi: 10.1109/IJCNN.2011.6033398.
- [6]. J. Spinoni, J. Vogt, and P. Barbosa, "European degree-day climatologies and trends for the period 1951-2011," *International Journal of Climatology*, vol. 35, no. 1, 2015, doi: 10.1002/joc.3959.
- [7]. J. Spinoni et al., "Changes of heating and cooling degree-days in Europe from 1981 to 2100," *International Journal of Climatology*, vol. 38, 2018, doi: 10.1002/joc.5362.
- [8]. K. Kokkinen, V. Turunen, M. Kosunen, S. Chaudhari, V. Koivunen, and J. Ryyänen, "On the implementation of autocorrelation-based feature detector," in *Final Program and Abstract Book - 4th International Symposium on Communications, Control, and Signal Processing, ISCCSP 2010*, 2010. doi: 10.1109/ISCCSP.2010.5463304.
- [9]. I. Koprinska, M. Rana, and V. G. Agelidis, "Correlation and instance based feature selection for electricity load forecasting," *Knowl Based Syst*, vol. 82, 2015, doi: 10.1016/j.knosys.2015.02.017.
- [10]. M. M. Ahsan, M. A. P. Mahmud, P. K. Saha, K. D. Gupta, and Z. Siddique, "Effect of Data Scaling Methods on Machine Learning Algorithms and Model Performance," *Technologies* (Basel), vol. 9, no. 3, 2021, doi: 10.3390/technologies9030052.
- [11]. T. Stérin, N. Farrugia, and V. Gripon, "An Intrinsic Difference Between Vanilla RNNs and GRU Models," *Cognitive* 2017, no. c, 2017.
- [12]. Smithson, M. (2003). *Confidence intervals* (No. 140). Sage.

KARTOSHKA KOVLASH MASHINALARINING EKSPLOATATSION KO'RSATGICHLARINI OSHIRISH USULLARI

N.G. Bayboboev, Sh.A. Toshtillaev, A.L. Muminov, A.M. Yuldashev

Namangan muhandislik-qurilish instituti, wohrukhan@gmail.com
(Qabul qilindi 10.03.2025 y.)

Annotatsiya. Hozirda kartoshka kovlash mashinalarini ishlatish jarayonida ularga texnik xizmat ko'rsatish, ishchi qismlarni, uzellarni va boshqalarni ta'mirlash yoki almashtirishning maqbul muddatlarini aniqlash dolzarb vazifadir. Shu sababli, ishchi qismlar, uzellar yoki agregatning ishlamay qolguncha o'rtacha ish vaqtini va texnik xizmat ko'rsatish vaqtini aniqlash muxim xisoblanadi. Ushbu maqolada ehtimollik nazariyasi, Laplas funksiyasining jadval qiymatlaridan foydalangan holda kartoshka kovlash mashinalariga texnik xizmat ko'rsatish muddatlari bilan birgalikda ishchi qismlarning ishdan chiqishigacha bo'lgan o'rtacha ish vaqtini hisoblash usullari keltirilgan. Taklif etilgan usulga asoslanib, boshqa qishloq xo'jaligi mashinalarining har qanday ishchi qismlari uchun o'rtacha ishlamay qolish muddatlarini aniqlash mumkin.

Tayanch so'zlar: kartoshka kovlash mashinasi, texnik xizmat ko'rsatish, ishlamay qolish vaqti, detal, ishonchlilik, ekspluatatsiya, tasodifiy miqdor, normal taqsimot, o'rta qiymat, o'rtacha kvadratik chetlanish.

Аннотация. В настоящее время в процессе эксплуатации картофелеуборочных машин актуальной задачей является определение оптимальных сроков их технического обслуживания, ремонта или замены рабочих органов, узлов и т.д. Поэтому важно определить среднее время работы и время технического обслуживания рабочих органов, узлов или агрегата до отказа. В данной статье представлены методы расчета среднего рабочего времени до выхода из строя рабочих органов в сочетании со сроками технического обслуживания картофелеуборочных машин с использованием теории вероятностей и табличных значений функции Лапласа. На основе предложенного метода можно определить средние сроки отказов для любых рабочих органов других сельскохозяйственных машин.

Ключевые слова: картофелеуборочная машина, техническое обслуживание, время простоя, деталь, надежность, эксплуатация, случайная величина, нормальное распределение, среднее значение, среднеквадратическое отклонение.

Abstract. Currently, during the operation of potato harvesting machines, determining the optimal timeframe for their maintenance, repair, or replacement of working parts, assemblies, etc., is a pressing task. Therefore, it is important to determine the average operating time and the maintenance time of working parts, assemblies, or units until failure. This article presents methods for calculating the average working time before the failure of working parts in conjunction with the maintenance periods of potato harvesters using probability theory and tabular values of the Laplace function. Based on the proposed method, it is possible to determine the average failure times for any working parts of other agricultural machinery.

Keywords: potato harvester, maintenance, downtime, part, reliability, operation, random variable, normal distribution, average value, standard deviation.

KIRISH

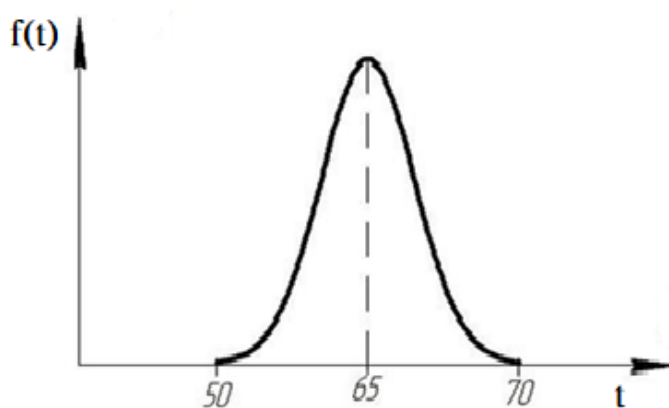
Qishloq xo'jaligi mashinalari murakkab texnologik operatsiyalarni bajaradi, shuning uchun foydalanuvchilar ishlab chiqaruvchilardan mashinalar ishonchlilik ko'rsatkichlarini yuqori bo'lishini talab qilishadi [1,2]. Biroq, qishloq xo'jaligida foydalanuvchilar ushbu mashinani, masalan, kartoshka kovlash mashinasini kamida 0,98 tayyorlik koeffitsientiga ega bo'lish kerakligiga e'tibor xam berishmaydi. Foydalanuvchilar uchun bu kartoshka kovlash mashinasi yig'im-terim mavsumida muammosiz ishlashi kerak. Shu sababli, kartoshka kovlash mashinasini ishlab chiqaruvchi firmalar o'zlarining foydalanish yo'riqnomalari va xizmat ko'rsatish kitoblarida, odatda, kartoshka kovlash mashinalarining ma'lum ekspluatatsion talablarga rioya qilgan xolda ishlatilsa mavsum davomida muammosiz ishlashini ta'kidlaydilar [3,4,5,6].

TADQIQOT MATERIALLARI

Kartoshka kovlash mashinasining ishonchliligini oshirish qo'shimcha xarajatlarni talab qiladi. Qishloq xo'jaligi mashinalarini ishlatish bo'yicha barcha ko'rsatkichlar texnik xizmat ko'rsatishni (TXK) o'z ichiga oladi. Masalan kartoshka kovlash mashinalari bo'yicha ko'rsatkichlar

har 60 soatda 1-TXK, 120 soatda 2-TXK va hokazolarni o'z ichiga oladi. Tabiiyki, kartoshka kovlash mashinasida ishlaydigan mexanizator hech qachon belgilangan vaqtdan keyin texnik xizmat ko'rsatmaydi. Bundan tashqari, hech kim texnik xizmat ko'rsatish muddatini o'zi belgilamaydi. Texnik xizmat ko'rsatish muddati bir smena vaqtini oladi. Masalan, kartoshka kovlash mashinasining smenasini vaqti 8-10 soatlik ekanligidan kelib chiqadigan bo'lsak 1-TXK olti kunlik ishning oxirida 60 dan 70 soatgacha bo'lgan vaqt oralig'ida amalga oshirilishi mumkin va 8-10 soatgacha vaqtini oladi. Bunday holda, texnik xizmat ko'rsatishning ehtimollik xususiyatiga asoslanib, 1-TXK ni o'tkazish vaqti ma'lum bir taqsimot qonuniga bo'ysunadi deb taxmin qilish mumkin, masalan, o'rtacha $T_{TXK} = 65$ soat va standart chetlanish shartli $\sigma_{TXK} = 15,1$ soatni tashkil etadi (1-rasm).

Kartoshka kovlash mashinalarining ishlatish bo'yicha ko'rsatmalarida mashinaning smenali ishlashini hisobga olgan holda texnik xizmat ko'rsatishning vaqti va qat'iy qoidalari (1-TXK uchun bu 60-70 soat) belgilanishi kerak. Shuningdek, bunday tartib 2-TXK, 3-TXK va ehtiyot qismlarni almashtirish kerak bo'lganda yoki ularni joriy ta'mirlash uchun ham qo'llanilishi kerak. Buning uchun statistik ma'lumotlarni yuritish, texnik xizmat ko'rsatish vaqtini hisobga olish, ular bilan ishchi qismlarni, uzellarni va agregatlarning buzilib qolguncha ishlash vaqtini solishtirish orqali ularni ishdan chiqishidan avval ta'mirlash yoki ehtiyot qismlar bilan almashtirish orqali mashinani ishonchliligini saqlab qolish yoki oshirish mumkin bo'ladi. Yuqoridagilarga asoslanib kartoshka kovlash mashinalariga texnik xizmat ko'rsatish muddatlarini ko'rib chiqamiz. Kartoshka kovlash mashinasining texnik shart bo'yicha bir mavsumda ishlash vaqti 1-jadvalda berilgan.



1 – rasm. Mexanizator tomonidan bajariladigan 1-TXK intervali.

1-Jadval.

Kartoshka kovlash mashinalariga texnik xizmat ko'rsatish muddatlari

№ t/r	TXK turi	TXK muddatlari, soat	TXKga sarflanadigan vaqt, soat
1	1-TXK	60	8÷10
2	2-TXK	120	
3	3-TXK	180	
4	4-TXK	240	

Mexanizatorlarga texnik xizmat ko'rsatish uchun 8-10 soatlik bir smena vaqti kerak bo'ladi. Mexanizatorlar tomonidan texnik xizmat ko'rsatish jarayoni stoxastikdir. Shuning uchun texnik xizmat ko'rsatish muddatlari bo'yicha ishlamay qolguncha o'rtacha ishlash vaqti T_{CPOi} va o'rtacha kvadratik chetlanishi σ_{oi} ehtiyot qismlarining ishdan chiqishigacha bo'lgan o'rtacha ish vaqtini baholash uchun normal taqsimot qonunidan foydalanamiz.

TADQIQOT NATIJALARI VA TAXLILI

Agregatlarning ishdan chiqishining o'rtacha vaqtini hisoblash va unga zarur bo'ladigan ehtiyot qismlar, uzellar uchun, texnik xizmat ko'rsatish vaqti bilan birga bog'lanishining quyidagi tenglamasi va Laplas funksiyasining berilgan qiymatlaridan foydalanamiz [7,8,9].

$$u = \frac{-(T_{TXK} - T_{CPOi})}{\sqrt{\sigma_{TXK}^2 + \sigma_{oi}^2}} \quad (2)$$

bu erda T_{TXK} – texnik xizmat ko'rsatish davrlarining o'rtacha qiymati;

$\sigma_{ТХК}$ – texnik xizmat ko‘rsatish davrlarining o‘rtacha kvadratik chetlanishi;

T_{cpoi} – ishchi qism ishlaymay qolguncha o‘rtacha ish vaqti;

σ_{oi} – o‘rtacha kvadratik chetlanish.

Yuqoridagi (2) formula, kuzatish natijasida xosil bo‘ladigan kattaliklarni umumlashtirib, hamda normallashtirib qaralayotgan tasodifiy miqdorni uzluksiz standart taqsimotga ega ekanligini aniqlash uchun foydalaniladi.

O‘rtacha xizmat ko‘rsatish vaqtini quyidagi formuladan foydalanib topamiz [10].

$$T_{ТХК} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n T_i \quad (3)$$

O‘rtacha kvadartik chetlanish esa quyidagicha topiladi:

$$\sigma_{ТХК} = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (T_i - T_{ТХК})^2} \quad (4)$$

Nazariy jihatdan yuqoridagilar ifodalar orqali ular o‘rtasidagi farqni grafik ko‘rinishida 2-rasmda ifodalangan.

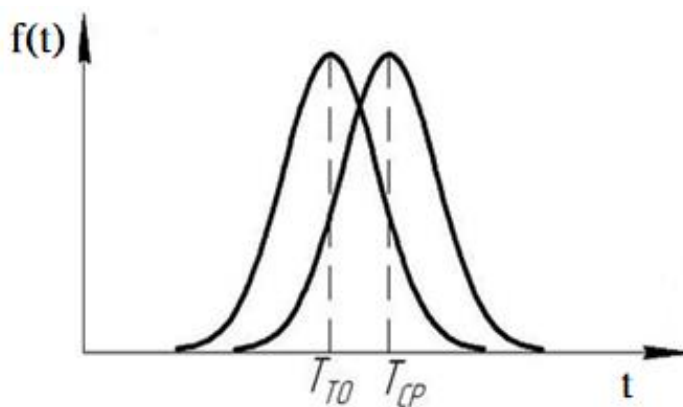
P extimollik ($P=0,95$) bilan tasodifiy miqdorni qabul qiladigan qiymatlar orasidagi bog‘lanishni Laplas funksiyasi:

$$F(t) = \frac{2}{\sqrt{2\pi}} \int_0^t e^{-\frac{t^2}{2}} dt \quad (5)$$

orqali tanlab olamiz.

Laplas funksiyasining jadval qiymatlarini hisobga olgan holda, tegishli texnik xizmat ko‘rsatish davrlari uchun ishchi qismlarning ishlaymay qolish vaqtining o‘rtacha qiymatlarini hisoblash uchun dastlabki ma’lumotlarning jadvalini tuzamiz:

- kartoshka kovlash mashinalari uchun buzilmay ishlash vaqti extimolini $P = 0,95$ ga teng bo‘lishidan kelib chiqib, Laplas jadvalidan: $u = 1,96$ ga teng bo‘lishini topamiz (2-jadval);
- texnik xizmat ko‘rsatish $T_{ТХК}$ va ishchi qismlar ishlaymay qolishi uchun o‘rtacha kvadratik chetlanishlari $\sigma_{ТХК}$ va σ_{oi} larning qiymatlarini (3) va (4) ifodalar orqali xisoblab topamiz (3-jadval).



2-rasm. Texnik xizmat ko‘rsatish va buzulguncha ishlash vaqti o‘rtasidagi nazariy interval grafigi.

2-jadval.

Ishchi qismlarga texnik xizmat ko‘rsatish vaqtiga qarab o‘rtacha ishlaymay qolish vaqtining diapazoni

№	1-ТХК	2-ТХК	3-ТХК	4-ТХК
1	40	95	146	187
2	42	97	147	188
3	45	100	148	190
4	47	102	149	192
5	50	105	150	195
6	52	107	151	198
7	55	110	152	200
8	57	112	153	202
9	60	115	155	204

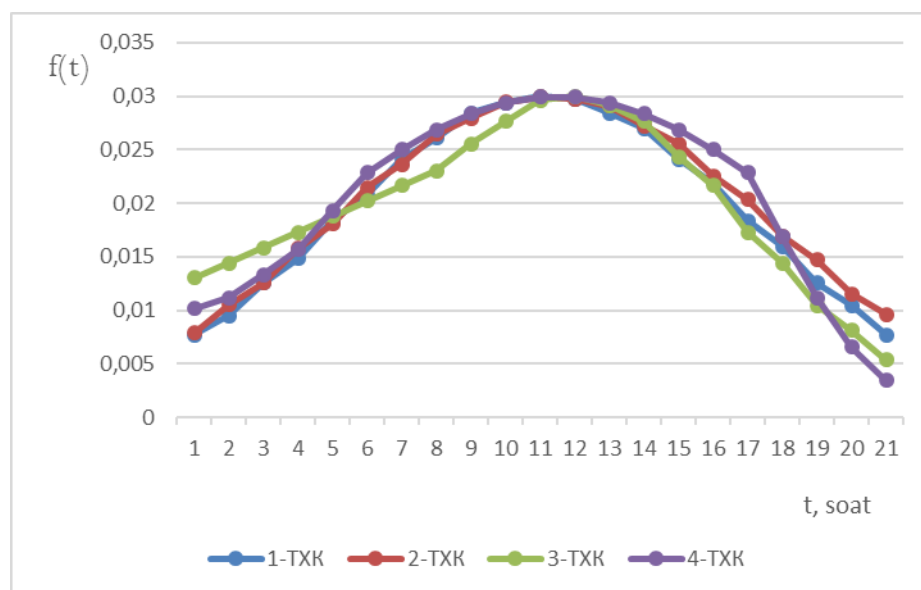
10	62	117	157	206
11	65	120	160	208
12	67	122	162	210
13	70	125	165	212
14	72	127	167	214
15	75	130	170	216
16	77	132	172	218
17	80	135	175	220
18	82	137	177	225
19	85	140	180	230
20	87	142	182	235
21	90	145	185	240

3-jadval.

Hisoblab topilgan ko'rsatgichlar

$T_{\text{ТХК}}$	65	118	162	209
Θ_{oi}	15,1	15,8	12,4	14,92
T_{Cpoi}	106,8551	161,7954	196,371	250,3561

Hisoblash natijalari asosida birinchi, ikkinchi, uchinchi va to'rtinchi ТХК muddatini kartoshka kovlash mashinasini ishlash vaqtiga bog'liqlik grafigi 3-rasmda keltirilgan.



3-rasm. Birinchi, ikkinchi, uchinchi va to'rtinchi ТХК muddatini vaqtga bog'liqlik grafigi.

Yuqoridagilardan kelib chiqib kartoshka kovlash mashinasidan foydalanuvchilar 1-jadvalni inobatga olgan holda, ishdan chiqish vaqtining o'rtacha qiymatlari 2 va 3 jadvallarga asoslanib ishchi qismlarni ta'mirlash yoki almashtirish uchun zamin yaratib qo'yish kerak bo'ladi, aks xolda kartoshka kovlash mashinasini ishlamay bo'sh qolishiga olib keladi, bu esa iqtisodiy zarar keltiradi.

Yukoridagi tavsiyalar asosida boshqa qishloq xo'jaligi mashinalarining ham ishchi qismlarining texnik shartlarida belgilangan foydalanish muddati bo'yicha, texnik xizmat ko'rsatish muddatlariga muvofiq uning buzilib qolguncha ishlash vaqtini o'rtacha qiymatlarini aniqlash mumkin.

XULOSA

Mashinalarning ekpluatasion ko'rsatgichlarini oshirish uchun quyidagilar talab etiladi:

- texnik shartlarda barcha ishchi qismlar uchun almashtirish yoki ta'mirlash muddatlarini joylashtirish zarurati, ularni texnik xizmat ko'rsatish oralig'ini (1-rasm) hisobga olgan holda texnik xizmat ko'rsatish muddatlariga bog'lash;

- texnikalardan foydalanuvchilarga texnik xizmat ko'rsatish va ishchi qismlarni ta'milash yoki almashtirish muddatlariga qat'iy amal qilish kerak.

Adabiyotlar

- [1]. ГОСТ, Р. (2016). Р 27.002-2015. Надежность в технике. Термины и определения. М.: Стандартинформ.
- [2]. Царев, Ю. А., Адамчукова, Е. Ю., Белоусов, С. В., & Мельников, Д. Г. (2020). Сервисная книжка или как повысить надежность сложной сельскохозяйственной техники. Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета, (161), 290-297.
- [3]. Yuldoshyev, S. U. (1994). Mashinalar ishonchliligi va ularni ta'mirlash asoslari. Toshkent, O'zbekiston.
- [4]. Махкамов, К. Х. (2002). Расчет износостойкости машин: учебное пособие.
- [5]. Bayboboev, N. G., & Toshtillayev, S. A. (2024). Influence of Plasma Hardening Parameters on the Final Track Dimensions. Russian Engineering Research, 44(11), 1560-1563.
- [6]. Bayboboyev, N., Toshtillayev, S., Akbarov, S., & Umirzokov, J. (2024, August). Increasing the strength of potato digger elevator rods. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 1390, No. 1, p. 012017). IOP Publishing.
- [7]. Яхьяев, Н. Я., & Кораблин, А. В. (2009). Основы теории надежности и диагностика.
- [8]. Гнеденко, Б. В., Беляев, Ю. К., & Соловьев, А. Д. (1965). Математические методы в теории надежности. Основные характеристики надежности и их статистический анализ.
- [9]. Любимов, А. К. (2012). Введение в теорию надежности.
- [10]. Qosimov, K., Bekkulov, B., & Qayumov, U. (2023). Development of a modern pneumatic dryer and prospects for its solar-type working principle. Journal of innovations in scientific and educational research, 6(3), 200-205.

БАРАБАНЛИ ҚУРИТГИЧЛАРИДА ИССИҚЛИК АЛМАШИНИШИ ЖАРАЁНЛАРИНИ ТАКОМИЛЛАШТИРИШ

Н.Р. Ражабова

*Фаргона политехника институти
(Қабул қилинди 24.01.2025 й.)*

Аннотация: Мақолада қуритиш барабанидаги дисперс материалларни ҳаракатланиш жараёнида иссиқлик алмашилиш жараёниларини интенсификаштириш учун аппаратдаги ички қурилмаларни конструкциялари таҳлили асосида такомиллаштириш омиллари таҳлил қилинган.

Таянч сўзлар: қуритиш барабани, насадка, барабан кўндаланг кесим юзаси.

Аннотация: В статье анализируются оптимизация на основе анализа конструкции внутренних устройств в аппарате для интенсификации процессов теплообмена при движении дисперсных материалов в сушильном барабане.

Ключевые слова: сушильный барабан, насадка, поверхность поперечного сечения барабана.

Abstract: The article analyzes optimization based on the analysis of the design of internal devices in the apparatus for the intensification of heat exchange processes during the movement of dispersed materials in the drying drum.

Keywords: drying drum, nozzle, drum cross-sectional surface.

Кириш. Ҳозирда ишлаб чиқариш корхоналарида маҳсулотни қуритиш учун турли қурилмалардан фойдаланилади. Кенг қўлланиладиган қуритиш барабанларининг бошқа аппаратлардан афзаллиги: уларнинг конструктив соддалиги, бошқариш осонлиги ва нисбатан орзонлигидир. Қуритиш барабани горизонтга нисбатан қия жойлашган цилиндрик корпусдан иборат бўлиб, ишлов бериладиган маҳсулот унинг бир учидан юкланиб, иккинчи учидан чиқарилади. Материални қуритиш учун зарур бўлган иссиқлик миқдори қарама-қарши ёки паралел йўналтирилган иссиқ агент ёрдамида берилади. Материални иситувчи ҳаво билан контактини яхшилаш учун цилиндрик барабан ичига маҳсус насадка (куррак)лар ўрнатилади. Барабан айланганда маҳсулот зарраларини насадкалар барабан ички девори бўйича юқорига олиб чиқади ва маълум баландликдан қаттиқ зарралар ёмғири сифатида иссиқ ҳаво оқими ичига сочиб берилади [1]. Қуритиш жараёнининг асосий қисми шу қаттиқ зарраларнинг иссиқ ҳаво оқими ичидан ўтиш даврида амалга оширилади. Шунинг учун, насадкалар материални қанчалар даражада теккис ва барабан кўндаланг кесим юзаси бўйича раван сочиб бериши қуритиш жараёнининг интенсификасини белгилаб беради [2].

Қуритиш барабанидаги газ ва қаттиқ фаза орасида иссиқлик ва масса алмашилиш

жараёнларини жадаллаштириш учун иссиқ газлар энергиясидан тўлиқроқ фойдаланиш билан эришиш мумкин. Бу масалани ечими газ ва қаттиқ фаза орасида контакт юзасини ва вақтини ошириш билан ҳал қилинади. Бунда кўриб чиқилган турли вариантлар ичида энг муҳими қуйидагилар ҳисобланади [3]:

- насадкалар билан сочилаётган материал ёмғирини барабаннинг кўндаланг кесими бўйича бир текис тақсимланишини таъминлаш;

- барабанни материал билан тўлиш коэффицентини орттириш;

- материал зарраларини қуришиш ҳудудида бўлиш вақтини кўпайтириш.

Материалнинг насадкадаги миқдорини, насадкалардан сочилаётган материал ёмғирининг миқдорини билиш аппаратнинг оптимал юкланиш коэффицентини аниқлашда жуда муҳим ҳисобланади. Барабандаги материал миқдорини оптимал кўрсаткичдан кам бўлиши, унинг иш унумдорлигини пасайишига олиб келади. Аксинча, материал миқдорининг ортиқча бўлиши аппаратда қуришиш жараёнида қатнашмайдиган қатламнинг ҳосил бўлишига ва аппаратнинг ортиқча юкланишига олиб келади. Бу эса, қуришиш жараёнининг интенсивлигини пасайишига ва ортиқча энергетик ҳаражатларга олиб келади. Насадкадан сочилаётган материал ёмғирининг шакли ва қийматлари барабаннинг ишлаш самарадорлигини белгиловчи омиллардан бири ҳисобланади. Барабанли қуритгичда материалларни қуришишни интенсивлаш, барабанли қуритгич насадкаларидан тушаётган материал пардасининг юзасига боғлиқ. Ўз навбатида материалнинг барабан кесими бўйлаб сочилиш юзасини кўпайтиришни таъминлаш қуритгич насадкаларининг конструктив тузилишига боғлиқ бўлади. Бунда материал билан тўлдириш унумдорлиги, барабаннинг қиялик бурчаги, унинг айланиш тезлиги ва қуриувчи агент тезлигини танлашни эътиборга олиш зарур.

Қуришиш жараёнини самарали амалга ошириш учун маълум бир материал учун керакли қуришиш вақтини тўғри ҳисоблаш муҳим аҳамиятга эга. Ишлаб чиқариш шароитида янги материал учун мос ҳолатлар принципи ва намунавий материалларнинг қуришиш кинетикаси ҳақидаги маълумотлардан фойдаланган ҳолда керакли қуришиш вақтини ҳисоблаш мумкин.

Дисперс материаллар учун сорбция хусусиятларига кўра, қурилган материалларнинг адгезион- ёпишқоқлик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда таснифлаш тавсия этилиши мумкин. Ушбу тасниф маълум бир материални қуришишда критик капилярлар ўлчамига, диффузион қаршилиқ қийматига (ва бунинг оқибатида қуришиш жараёнининг давомийлигига) асосланиб, қуришилаётган заррачаларнинг аппарат деворларига тўпланиш ва ёпишиш даражасини белгилайдиган адгезион- ёпишқоқлик коэффицентини қиймати билан мос келадиган самарали типик аппаратни аниқлаш имконини беради.

Маълумки, барабанли қуритгичларда иссиқлик ташувчи агент қуритгич ичида ва каналларда ҳаракат қилганда гидравлик қаршилиққа учрайди. Улар ишқаланиш $P_{ишқ}$, маҳаллий $P_{мах}$, қуритгичнинг ичида $P_{қ,и}$ ва калориферда P_k ташкил топади. У ҳолда қурилманинг умумий гидравлик қаршилигини қуйидагича ёзиш мумкин бўлади, Па [3]

$$\Delta P = P_{ишқ} + P_{мах} + P_{кол} + P_{қ,и} \quad (1)$$

бунда $P_{ишқ}$ - қурилмада ҳаракатланаётган иссиқлик агенти оқимининг ишқаланиш кучи туфайли йўқотилган босими бўлиб, у қуйидаги тенглама орқали аниқланади, Па

$$P_{ишқ} = \lambda \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2} \quad (2)$$

бунда l —қуритгичнинг узунлиги, м; λ -ишқаланиш қаршилиги коэффицентини бўлиб, у оқимнинг ҳаракат режимига боғлиқ бўлади ва уни Блазиус тенгламаси орқали аниқланади

$$\lambda = \frac{1}{\sqrt[4]{Re}} \quad (3)$$

бу тенгламада Рейнольдс сони қуйидагича ифодаланади:

$$Re = \frac{w \cdot d \cdot \rho}{\mu} \quad (4)$$

У ҳолда (3) тенгламага (4) тенгламани қўйсақ, қуйидаги қўринишга келади;

$$\lambda = 4 \sqrt{\frac{\mu}{w \cdot d \cdot \rho}} \quad (5)$$

бунда w –қуритувчи агентнинг тезлиги, м/с.

Одатда уни 10-20 м/с атрофида олиш мумкин; d –калорифер қувурининг диаметри бўлиб, уни секундли сарф тенграмасидан аниқланади, м

$$d = \sqrt{\frac{V_c}{0,785 \cdot w}} \quad (6)$$

Бунда: V_c –қуритувчи агентнинг секундли хажмий сарфи, м³/с;

ρ –ҳавонинг зичлиги.

У ҳолда (2) тенгламада математик амалларни бажарсак, қуйидаги қўринишга келади.

$$P_{\text{ишк}} = \sqrt[4]{\frac{\mu}{w \cdot \rho \sqrt{\frac{V_c}{0,785 \cdot w}}}} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2} \quad (7)$$

$P_{\text{мах}}$ –қуритгичдаги маҳаллий йўқотилган босим бўлиб, у қуйидаги тенглама бўйича аниқланади, Па [45];

$$P_{\text{мах}} = \zeta_{\text{мах}} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2} \quad (8)$$

$P_{\text{кол}}$ –колорейфердаги йўқотилган босим бўлиб, Па. Уни аниқлашда қуритгичга танланадиган калорифер маркаси ҳисобга олинади ва гидравлик қаршилик қийматлари калориферни ҳисоблаш жадвалидан олинади [5].

$P_{\text{қ.и}}$ –қуритувчи агентнинг қурилма ишчи юзаларидаги йўқотилган босими бўлиб, у қуйидаги тенглама орқали аниқланади, Па;

$$P_{\text{ио}} = \zeta_{\text{ио}} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2} \quad (9)$$

бунда, $\zeta_{\text{ио}}$ –ишчи юзанинг қаршилик коэффиценти бўлиб, бир неча омилларга боғлиқ. Уни аниқлаш мураккаб ва турли четга чиқишларни талаб этади.

Ҳавонинг сарфи ушбу турдаги ва синфдаги ўлчов воситаларига қўйиладиган талаблар асосида бажарилган ўлчов диафрагмаси билан ўлчанди [6]. Ўлчов диафрагмаси қувур коэффиценти 0,95 га тенг бўлган ММАД-120 Пито-Прандл найчаси ёрдамида ҳаво сарфи тезлиги 3 м/с гача чегарасида тарировка қилинди.

Ҳароратни ўлчаш ва қайд этиш тизимига термоэлектродлар диаметри $0,1 \cdot 10^{-3}$ м бўлган хромел-копел термопаралари билан жиҳозланган термоэлектр зонд, нол-теомостат, бириктириш блоки, В7-21 ампер-вольтметр ва бир вақтнинг ўзида ўн саккизта каналдан ёзиб олиш мумкин бўлган 18 каналли Н-145 шлейф осциллограф киради. Ҳарорат сигналлари УВ-67 ултрабинафша қоғозга ёзилади, у ёруғлик тушганда дарҳол ўзини намоён қилади, бу тажрибаларни ўтказиш учун шароитларни сезиларли даражада яхшилайти ва шу билан бирга жараёни визуал кузатувлари билан биргаликда таҳлил қилишда кенг маълумот беради.

Нам материал билан таъсирлашишдан олдин ва кейин иссиқ иссиқлик ташувчининг намлиги нам ва қуруқ термометрларнинг ҳароратини аниқлаш орқали аниқланди.

Йўқотилган намлик миқдори, яъни ҳавонинг намлиги билвосита усул билан Уз-8 намлик ўлчаш учун кетма-кет қурилмада маълум бўлган усул бўйича аниқланди.

Тажриба тадқиқотларнинг тўғрилигини баҳолаш учун маълум техникага мувофиқ ўлчанган қийматларнинг хатолари аниқланди [5]. Тажрибаларда ўлчаш мосламалари ва

тизимларининг хатоларининг тақсимланиши нормал тақсимот қонунига бўйсунди.

Ҳарорат. Калорифердан чиқиш жойида иссиқлик ташувчи ҳарорати бўлиниш чегараси $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ бўлган симоб термометри билан амалга оширилди, шунинг учун биз $\Delta T_{\text{п}} = 0,05^{\circ}\text{C}$ қабул қиламиз. Аппаратдаги иссиқлик ташувчи ҳарорати Н-145 кўп каналли отсиллограф билан мажмуада ишлайдиган хромел-копел термопаралари томонидан аниқланди;

$$\Delta T_p = \Delta E \frac{\partial T}{\partial E} + \Delta T_{\text{map}} \quad (10)$$

бунда ΔE - термодес термопаралар ўлчаш хатолиги; T_{map} – тарировка хатолиги. Хромел-копел термопаралар учун $\delta T / \delta E = 100^{\circ}\text{C} / 6,95\text{мВ}$.

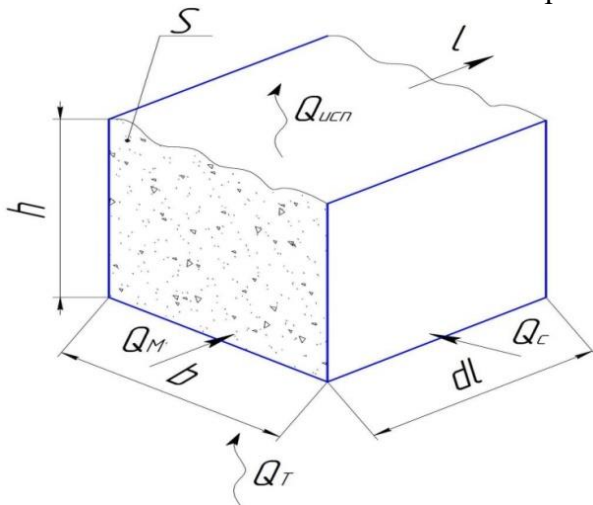
Х-145 асбобнинг максимал рухсат этилган хатолиги $\Delta E = 0,05\text{ мВ}$. У ҳолда, $\Delta T_{\text{map}} = 0,15^{\circ}\text{C}$ эканлигини инобатга олиб:

$$\Delta T = 0,05 \frac{100}{6,95} + 0,15 = 0,85^{\circ}\text{C} \quad (11)$$

Газ тақсимлаш қурилмасида иссиқлик ташувчи ҳароратини ўлчаш бўлиниш чегараси $0,1\text{ }^{\circ}\text{C}$ бўлган симоб термометри билан амалга оширилди, яъни $\Delta T_{\text{map}} = 0,05^{\circ}\text{C}$.

Қатламнинг ва газ тақсимлаш панжарасининг гидравлик қаршилиги қиймати ММН-240 микроманометри ёрдамида аниқланди, унинг келтирилган хатолиги $1,0\%$ ни ташкил қилади.

Қурилманинг моделини ишлаб чиқишда қилинган тахминларга асосланиб аппаратнинг иш жойидан (2.5-расм) қурилма ўқи бўйлаб узунлиги dl ва кесма майдонга эга кенглиги b элементини танлаймиз. Ажратилган ҳажмда қуририлаётган материал мавжуд.



1-расм. Моддий қатлам элементининг схемаси.

ифодаланиши мумкин:

Материал билан тўлдирилган қуриллаётган материалнинг танланган элементи учун иссиқлик мувозанати тенгламаси қуйидагича шаклида ифодаланиши мумкин.

$$Q_M = Q_{\text{исп}} + Q_C + Q_T, \quad (12)$$

бунда: Q_M , $Q_{\text{исп}}$, Q_C , Q_T – мос равишда, материал билан келган, материалдан намлик буғланиш орқали, контакт ва конвектив иссиқлик алмашиш туфайли иссиқлик миқдори сарфи, Вт.

Кўриб чиқилагаётган элементдаги материални қурийтиш жараёнида чиқарилган иссиқлик миқдори қуйидаги тенглама билан

$$dQ_M = \rho_m \cdot c_m \cdot S \cdot \frac{dT}{d\tau} \cdot dl, \quad (13)$$

бунда: ρ_m – материал зичлиги, $\text{кг}/\text{м}^3$; c_m – материалнинг солиштирма иссиқлик сифими, $\text{Дж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$; T – материал ҳарорати, К ; τ – вақт, с .

Материалнинг эркин юзасидан намликнинг буғланиши туфайли иссиқлик миқдори қуйидаги тенгламадан иборат

$$dQ_{\text{исп}} = r \cdot \rho_m \cdot S \cdot \frac{dU}{d\tau} \cdot dl \quad (14)$$

бунда: r – сувнинг буғланиш иссиқлиги, $\text{Дж}/\text{кг}$; U – материал намлиги.

Материалнинг қуритилаётган юза билан контакт иссиқлик алмашинуви туфайли берилаётган иссиқлик миқдори қуйидаги ифода билан белгиланади

$$dQ_c = \alpha_c \cdot k_c \cdot (T - T_c) \cdot b \cdot dl \quad (15)$$

бунда: α_c -совутилаётган юзадан материалга иссиқлик узатиш коэффиценти, Вт/(м²·К); k_c –иссиқлик алмашинуви юзаси фойдаланиш коэффиценти; T_c – совутилаётган юза ҳарорати, К.

Барабандаги иситувчи ҳаво тезлигини ортиши материалнинг охириги намлигини камайишига ва чиқишдаги ҳаво ҳароратининг ортишига олиб келади.

Адабиётлар

- [1]. Н.Р.Ражабова Методология и усовершенствование сушилки минеральных удобрений Fan va ishlab chiqarish integratsiyalashuvi sharoitida kimyotexnologiya, kimyo va oziq-ovqat sohasidagi muammolarning innovatsion yechimlari xalqaro ilmiy-amaliy anjuman NamMTI 6-7-noyabr
- [2]. Н.Р.Ражабова Минерал ўғитларни қуритувчи барабанли қуритгич гидродинамикаси “Qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash: ilm va innovatsiya” mavzusidagi xalqaro ilmiy va ilmiy texnik anjuman
- [3]. R.J.Tojiyev., N.R.Rajabova., A.S.Isomidinov. Study of the effect of dryer hydraulic resistance on material temperature. Universum технические науки № 6 (123) Москва 2024 июль 54-60 стр.
- [4]. Н.Р.Ражабова Кимёвий жараёнидаги материални қуритиш ички иссиқлик ва масса алмашинув ҳолати «Саноат инжинирингида инновацион ечимлар» мавзусида Халқаро илмий-амалий анжумани материаллари (2023 yil, 24-25 noyabr)
- [5]. Н.Р.Ражабова ʋ - симон насадка билан жиҳозланган барабанли қуритгич гидродинамикаси. Scientific-technical journal (STJ FerPI, ФарПИ ИТЖ, НТЖ ФерПИ, 2024,Т.28. спец.выпуск №1
- [6]. Н.Р.Ражабова Гидравлическое сопротивление воздушного потока в барабанных сушилках “Texnik jihatdan tartibga solish, metrologiya va standartlashtirishning ishlab chiqarishdagi o‘rni va vazifalari” respublika ilmiy-amaliy anjumani materiallari 2024 yil 17-18 may
- [7]. Н.Р.Ражабова Цемент хом ашёсининг қуритгичда бўлиш вақтига таъсирини тадқиқ этиш Fan-taraqqiyot 2024: muammolar va rivojlanish tendensiyalari” Xalqaro ilmiy-amaliy konferensiya materiallari to‘plami Namangan-2024-yil.

ANALYSIS OF GAS-GENERATING COMPONENTS IN THE ELECTRODE COATING

I.R. Maxmudov, A.M. Umarov

Andijan machine-building institute

mahmudovikrorhon@gmail.com tel: +998993649493;

abdurahimumarov27@gmail.com tel: (99) 910 0427;

(Received on January 21 th, 2025)

Аннотация. Ushbu maqolada mahalliy elektrodلarning gaz hosil qiluvchi komponentلarining haroratga bog‘liq holdagi kimyoviy reaksiyalari keltirilgan.

Tayanch so‘zlar: elektrod, kimyoviy, reaksiya, gaz, payvandlash, oksid, harorat, metall, material.

Аннотация. В статье представлены температурно-зависимые химические реакции газогенерирующих компонентов локальных электродов..

Ключевые слова: электрод, химический, реакция, газ, сварка, оксид, температура, металл, материал.

Abstract. The article presents temperature-dependent chemical reactions of gas-generating components of local electrodes.

Keywords: electrode, chemical, reaction, gas, welding, oxide, temperature, metal, material.

Gas protection of the welding reaction zone and the molten metal of the basic type electrodes is provided by carbonates of alkaline and alkaline earth metals, the oxide of which, after decomposition of the carbonate, participates in the formation of slag.

Marble CaCO_3 , magnesite MgCO_3 , siderite FeCO_3 , potash K_2CO_3 , sodium carbonate Na_2CO_3 , carbonates of other metals, as well as combined materials are used as carbonates in electrode coatings.

The presence of CaO , and Na_2O oxides improves the stability of arc combustion, helps remove harmful sulfur and phosphorus impurities from the deposited metal, and also affects the

physicochemical properties of slags.

Dissociation of carbonates proceeds according to the following scheme:



When carbonates of different metals dissociate, different amounts of carbon dioxide are released. The amount of gases formed during the dissociation of carbonates that are part of the electrode coating charge can be determined by the method of G. L. Petrov [1]. The calculation of the amount of CO_2 formed during the dissociation of carbonates is considered using the example of dissociation CaCO_3

The coating mass coefficient is $K_{\text{MP}} = 0.30 \dots 0.32$, the proportion of CaCO_3 , which gives during CO_2 , in the electrode charge is 5.6 %. Then, for 1 g of the molten electrode, 0.37 g of the charge falls, and in terms of the amount of CaCO_3 in grams.

To determine the mass of the released, it is necessary to know the molecular weight of all substances in the chemical reaction of carbonate decomposition. In relation to the dissociation of CaCO_3 , the molecular weights of substances are $M_{\text{CaCO}_3} = 100$, $M_{\text{CaO}} = 56$, $M_{\text{CO}_2} = 44$.

Calculation of the amount of carbon dioxide per 1 g of molten electrode metal gave the following results

$$m_{\text{CO}_2} = m_{\text{CaCO}_3} \frac{M_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CaCO}_3}}. \quad (3)$$

When determining the volume of CO_2 formed by melting 1 g of an electrode, it is necessary to take into account that the volume of a gram-molecule of gas is 22400 sm^3 . Then

$$V_{\text{CO}_2} = 22400 \frac{m_{\text{CO}_2}}{M_{\text{CO}_2}}. \quad (4)$$

The calculated gas volume value is conditional, since it corresponds to a temperature of 273 K. As the temperature increases, the gas volume increases and is determined by the formula

$$V_\alpha = V_T + \alpha(T - 273) \text{ where } \alpha \text{ is the gas volume expansion coefficient, } \alpha = 0.00366 \text{ K}^{-1},$$

T is the gas temperature, K.

The results of calculating the amount of CO_2 released the above method for various carbonates are shown in Table 1.1.

Table 1.1

Carbonate	$T_{\text{dis.}}, ^\circ \text{C}$	$m_{\text{CO}_2}, \text{y}$	$V_{\text{CO}_2}^{273}, \text{sm}^3$	$V_{\text{CO}_2}^{1700}, \text{sm}^3$	$V_{\text{CO}_2}^{2500}, \text{sm}^3$	$V_{\text{CO}_2}^{2700}, \text{sm}^3$
CaSO_3	880-1200	0,0078	4,0	26,2	35,3	40,6
MnSO_3	350-650	0,0093	4,7	31,3	42,0	48,2
Na_2CO_3	1000	0,0074	3,8	24,9	33,0	38,3
K_2CO_3	1200	0,0057	2,9	19,1	25,6	29,3

Results of calculating the volume of CO_2 for released various carbonates.

Calcium and sodium carbonates contain a fairly large amount of carbon dioxide, but due to the relatively high dissociation temperature and high velocity of movement in the arc gap, they do not dissociate completely [2] and continue to dissociate in the welding bath, contributing to the formation of porosity in the deposited metal.

Magnesium carbonate exhibits high protective properties and is characterized by a lower dissociation temperature. It completely dissociates in the arc gap [3], increasing the resistance of the deposited metal against pores. Potassium carbonates emit a lower amount of CO_2 , have a high dissociation temperature, which worsens the protective properties and contributes to the formation of porosity.

When developing an electrode coating that provides a complex alloyed cast metal, they face the problem of reducing the number of components of the electrode coating. The content of alloying components (ferroalloys) in the electrode coating in the required amount allows optimizing the gas-slag component of the coating. This is achieved by reducing the slag-forming and gas-forming components in the coating composition and can lead to a deterioration in the protection of cast metal, leading to the appearance of internal defects and a decrease in strength properties. In this regard, an urgent task is to optimize the content of gas-and slag-forming components in the electrode coating to provide reliable protection against interaction with air nitrogen.

To preserve the protective properties, reduce the gas content in the cast metal, in particular nitrogen and oxygen, and ensure the necessary degree of doping, a number of authors [6, 64] use a composition of metal carbonates as gas-forming components. For the created compositions, they strive to ensure uniform release of protective gases in a wide temperature range from 400 ° C to 1500 ° C. This ensures that the molten metal is reliably protected from air. It is also known that thermal dissociation of carbonates in the composition is initiated at lower temperatures than in individual carbonates, with a general expansion of the dissociation temperature range itself. The effectiveness of protection when using a carbonate composition is higher than when using a separate carbonate, even if the amount of protective gases formed during heating and melting of the coated electrode is greater for a separate carbonate [4]. This is due to the fact that when using a separate carbonate, the process of formation of a protective atmosphere occurs in a relatively narrow temperature range, and the use of a composition of carbonates allows for uniform release of protective gases in a wide temperature range.

In addition, the oxidation processes during the decomposition of carbonates develop much more slowly. It was found that uniform thermal dissociation of carbonates in the gas-slag-forming part of the electrode coating is facilitated by the presence of fluorides in the mixture with them, which form a melt in which the development of gas formation reactions is initiated. This creates a protective gas environment from a mixture of and CO₂ volatile fluorides, the presence of which allows you to bind hydrogen in the melting zone.

Thus, the use of compositions of carbonates and fluorides, which provide reliable protection of the molten metal during melting of the electrode coating, reduces the amount of gas and slag-forming substances to 6 ... 8 %.

The analysis of these data served as the basis for creating a rational composition of the gas-slag-forming part of the coating. Varying the content of the composition of gas-and-slag-forming components makes it possible to influence the kinetics of gas formation, uniformity and completeness of decomposition of the gas-forming components of the electrode coating. Based on the results of calculating the volume of CO₂ released during the dissociation of carbonates and data on the temperature of their dissociation, a composition, CaCO₃, and Na₂CO₃ carbonates was used as an object of study, K₂CO₃, Na₂CO₃ as a gas-forming part of the electrode coating.

The dependence of the nitrogen content in the cast metal of the weld on the percentage composition of sodium, potassium, magnesium, and calcium carbonates was studied. To develop a mathematical model of the dependence of the nitrogen content in the cast metal of the weld on the percentage composition of sodium, potassium, magnesium, and calcium carbonates, 15 compositions of coating electrodes for manual arc welding were studied in which the content of alkaline and alkaline-earth metal carbonates was recorded (Table 2.2). The content of the main slag-forming components CaF₂ and SiO₂ in the electrode coating charge is 80%.

The nitrogen content in the cast metal of the weld obtained by eight-layer surfacing was determined on special cut samples with a diameter of 4 mm using a TS-136 gas analyzer no later than 36 hours after surfacing. The following surfacing mode was used: I_{SV} = 160...180 A, U_D = 29...30 V, V_{SV} = 19.3 m/h.

To analyze the results and build a mathematical model, we used the program, which is a software package for statistical analysis developed by StatSoft, which implements the functions of data analysis, data management, data mining, and data visualization using statistical methods.

The mathematical model is based on a simplex-centroid experimental plan with 4 factors, a randomized order of experiments, and a special cubic model [5].

The results of the study showing the effect of the ratio of components of the carbonates composition on the nitrogen content are shown in Table 1.2.

As can be seen from Table 1.3. The adequacy of the results obtained according to the mathematical model is checked by the Fischer F criterion. The calculated statistic F is compared with the tabular value of the Fisher criterion.

Results of the experiment

Table 1.2

№	Content of carbonates, relative units				Average value of nitrogen content in surfacing [N], %
	CaCO ₃	MgCO ₃	Na ₂ CO ₃	K ₂ CO ₃	
1	1	0	0	0	0,0362
2	0	1	0	0	0,0326
3	0	0	1	0	0,0378
4	0	0	0	1	0,029
5	0,5	0,5	0	0	0,0333
6	0,5	0	0,5	0	0,0376
7	0,5	0	0	0,5	0,0325
8	0	0,5	0,5	0	0,0338
9	0	0,5	0	0,5	0,0297
10	0	0	0,5	0,5	0,0336
11	0,334	0,333	0,333	0	0,0354
12	0,334	0,333	0	0,333	0,0319
13	0,334	0	0,333	0,333	0,0341
14	0	0,334	0,333	0,333	0,0328
15	0,25	0,25	0,25	0,25	0,0337

If the model is not adequate, then it is necessary to switch to a more complex model [6]. The significance value when checking the adequacy of this model is $p=0.011$, therefore the resulting model is adequate with a confidence level of 98.9 %.

The significance of regression coefficients is estimated using the Student's criterion. According to the Student's criterion, the coefficients of the model for various factors are considered statistically significant at the significance level $p=0.05$. If $p=0.05$, then the coefficient is considered insignificant and excluded from the model.

Taking into account the significance of the model coefficients for all factors, the mathematical description of the response surface is as follows:

$$\begin{aligned}
 [N] = & 0,0362 \cdot \text{CaCO}_3 + 0,0326 \cdot \text{MgCO}_3 + 0,0378 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 + 0,029 \cdot \text{K}_2\text{CO}_3 - \\
 & - 0,004785 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 - 0,004785 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 + \\
 & + 0,002617 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{K}_2\text{CO}_3 + 0,022295 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 - \\
 & - 0,01973 \cdot \text{CaCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{K}_2\text{CO}_3 + 0,01609 \cdot \text{MgCO}_3 \cdot \text{Na}_2\text{CO}_3 \cdot \text{K}_2\text{CO}_3 \quad (4)
 \end{aligned}$$

For models with more than three mixture components, the response surfaces are constructed for some discrete values of the remaining components. As the basic component of the studied composition of carbonates, our model uses calcium carbonate CaCO₃, which is the most widely used gas-forming component of self-protective powder wire fillers [6, 57, 60, 87], it provides protection of the welding arc zone and stability of the arc process combustion. In addition, the main oxide CaO, in comparison with other oxides formed during the dissociation of this composition of carbonates, contributes most to the refining of the weld metal, binding sulfur and phosphorus, facilitating their transition to slag.

The response surfaces are obtained with fixed values of CaCO₃ and a change in the other three factors.

A graphical representation of the response surfaces is shown.

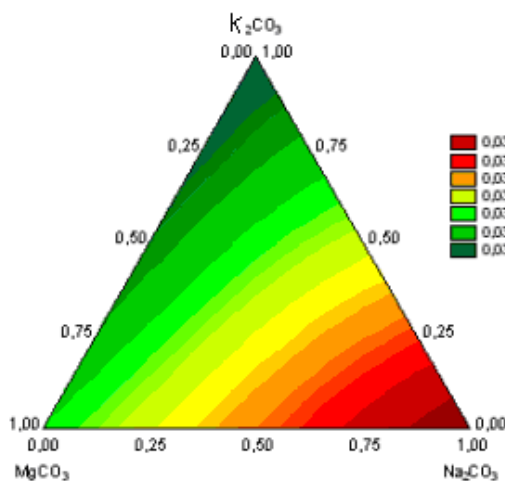


Figure 2.1. Graphical representation of response surfaces at $\text{CaCO}_3 = 90\%$.

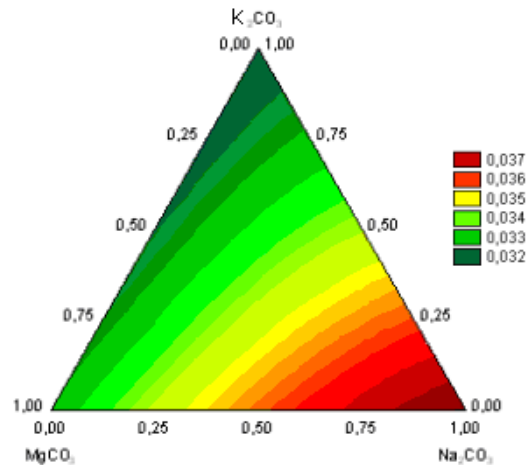


Figure 2.2. Graphical representation of response surfaces at $\text{CaCO}_3 = 93\%$.

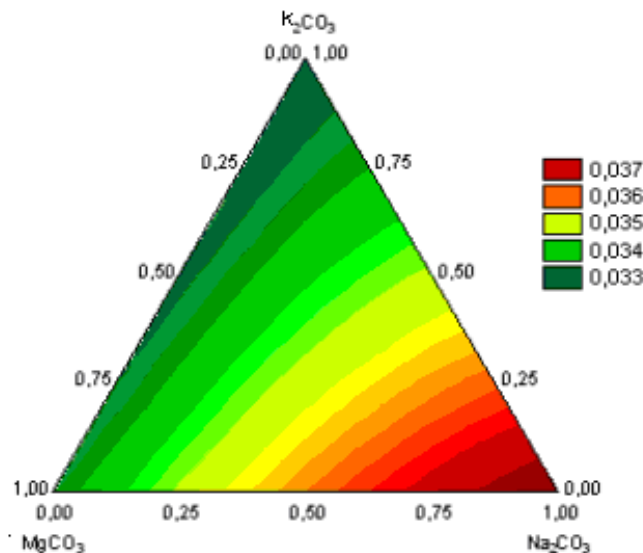


Figure 2.3. Graphical representation of response surfaces at $\text{CaCO}_3 = 96\%$.

Graphical images of the response surfaces were analyzed at a minimum nitrogen content in the deposited metal $[\text{N}] = 0.032 \dots 0.033 \%$. It is established that the most effective ratios of the composition of carbonates lie in the region of:

- when the content of $\text{CaCO}_3 = 90\%$, the contents of the remaining components are as follows: $\text{K}_2\text{CO}_3 = 3 \dots 4\%$, $\text{MgCO}_3 = 5 \dots 6\%$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 1 \dots 2\%$;
- when the content of $\text{CaCO}_3 = 93\%$, the contents of the remaining components are as follows: $\text{K}_2\text{CO}_3 = 1 \dots 2\%$, $\text{MgCO}_3 = 2 \dots 3\%$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 1 \dots 2\%$;
- when the content of $\text{CaCO}_3 = 96\%$, the contents of the remaining components are as follows: $\text{K}_2\text{CO}_3 = 1 \dots 2\%$, $\text{MgCO}_3 = 1 \dots 2\%$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 1 \dots 2\%$.

The obtained ratios of the components of the composition due to complete and gradual dissociation provide high-quality protection of the arc and molten metal. The $[\text{N}]$ content in the deposited metal remains constant with an increase in the K_2CO_3 content to 5% and a decrease in Na_2CO_3 MgCO_3 .

Magnesium carbonate has the lowest dissociation temperature [7], it completely dissociates when approaching the arc gap and provides gas protection at relatively low temperatures. Sodium

carbonate has the highest temperature of the beginning of dissociation; in the arc gap, with an excessive content in the composition, it does not dissociate completely [6] and continues to dissociate in the welding bath, contributing to the formation of porosity in the deposited metal. Calcium carbonate begins to dissociate at lower temperatures than sodium carbonate, which ensures their more complete dissociation directly in the arc gap, preventing the formation of pores in the deposited metal. The established effect of the composition of carbonates is due to a decrease at an early stage of the arc process, which is compensated by an increase in the volume directly in the arc zone and the molten metal. The presence of calcium oxide also has a positive effect on the efficiency of removing harmful impurities of sulfur and phosphorus from the deposited metal.

Thus, based on the analysis of graphical dependencies and the literature data, the following ratio of the composition of carbonates $\text{CaCO}_3 = 96 \%$, $\text{K}_2\text{CO}_3 = 1...2 \%$, $\text{MgCO}_3 = 2...3 \%$, Na_2CO_3 is accepted as the most effective composition of carbonates that provides a low nitrogen content in the weld metal $= 2...3 \%$, $\text{Na}_2\text{CO}_3 = 1...2 \%$. This ratio provides reliable protection of the metal from nitrogen due to the uniform release of protective gases in a wide temperature range, increases the resistance of the deposited metal against pores and improves the physical and technological properties of slags.

CONCLUSION.

The results of the study confirmed that the quality of the gas-generating components of electrode coatings depends on factors such as the preparation technology, composition, moisture, mixing time, and temperature.

References

- [1]. Sh.O. Umarova., A.I. Jurayev., Vibor elektrodov dlya svarki teploustoychivix, visokolegi staley i svetnix metallov. Novosti obrazovaniya: issledovaniye v XXI veke, (2023). 1(6), 624-634.
- [2]. A. M.Umarov, K.Z.Qosimov, Temir yo'llarida harakatlanuvchi vagon detallarining yeyilish sabablari, turlari va miqdorlarini o'rganish bo'yicha o'tkazilgan tadqiqotlarning qisqacha sharxi. Novosti obrazovaniya: issledovaniye v XXI veke, (2023). 1(6), 689-698.
- [3]. Sh.O. Umarova, A.M. Umarov Nagrev i plavleniye elektrodov s ekzotermicheskoy smesyu v pokritii. Universum: texnicheskoye nauki, (2020). 1 (70), 33-36.
- [4]. A. Umarov, K. Qosimov, T. Isaboyev, Payvandlab qoplangan detallarning yeyilishga sinash natijalari. Akademicheskoye iss v sovremennoy nauke, (2023). 2(21), 10-12.
- [5]. A.Umarov, va T. Isaboyev, Vagon detallarini payvandlab qoplab resursini oshirishning texnik-iqtisodiy ko'rsatkichlari. Zamonaviy fanda modellar va usullar , (2023). 2 (10), 5-8.
- [6]. A. M.Umarov., A. Sh.Muydinov, Rezultati ispitaniy naplavlennix obrazsov na kontaktiy iznos ploskix detaley avtossepki vagonov. Universum: texni nauki, (2023) (10-2 (115)), 26-29. [7]. A.M. Umarov Q. K. Zuxriddinovich, Muydinov, A.Sh. Iznosostoykaya naplavka iznoshennix detaley vagonov (na primere avtossepki) elektrodami so spetsialnim pokritiyem. (2023). Universum: texnicheskoye nauki, (10-2 (115)), 22-25.
- [7]. K.Z. Qosimov., A. M. Umarov., M. R. Raxmonov, Legirlovchi elementlarning payvand chok strukturasiga ta'siri. Oriental renaissance: Innovative, educational, natural and social sciences, (2023). 3(4-2), 560-566.
- [8]. K. Z. Qosimov., A. M. Umarov, U. Parpieva, Vagonlarni yeyilgan detallarni payvandlash orqali qoplama qoplab qayta tiklash usullari. Educational Research in Universal Sciences, (2022). 1(4), 381-388.

УДК 677.021.152

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ ЭФФЕКТИВНОГО ВИНТОВОГО КОНВЕЙЕРА ТРАНСПОРТИРУЮЩЕГО И ОЧИЩАЮЩЕГО ХЛОПОК, ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ ВИНТА

О.А. Тешабоев

Андижанский машиностроительный институт,

E mail: teshaboyevoybek1112@gamil.com

(Получена 24.01.2025 г.)

Аннотация. В статье представлены результаты разработки конструкции эффективной винтового конвейера транспортирующего и очищающего хлопок, обоснование параметров винта. Построены характеристики взаимодействия с транспортируемой частью хлопком при движении винта конвейера, графики связи. На основе анализа графиков параметров

определены значения угла наклона винта, обеспечивающие достаточную эффективность очистки и высокую производительность.

Ключевые слова. Винтовой конвейер, угол подъема, диаметр, угловая скорость, сетчатая поверхность, инерция, транспортировка.

Annotatsiya. Maqolada paxtani tashish va tozalash uchun samarali vintli konveyer loyihasini ishlab chiqish natijalari va vint parametrlarini asoslash keltirilgan. Konveyer vintining harakatida paxtaning tashilgan qismi bilan o'zaro ta'sir qilish xususiyatlari va ulanish grafiklari tuziladi. Parametr grafiklarini tahlil qilish asosida vintning egilish burchagi qiymatlari aniqlandi, bu etarli tozalash samaradorligi va yuqori mahsuldorlikni ta'minlaydi.

Kalit so'zlar. Vintli konveyer, ko'tarish burchagi, diametri, burchak tezligi, to'r yuzasi, inertsiya, tashish.

Abstract. The article presents the results of developing the design of an efficient screw conveyor transporting and cleaning cotton, substantiating the screw parameters. The characteristics of interaction with the transported part of cotton during the movement of the conveyor screw, and the graphs of the relationship are constructed. Based on the analysis of the graphs of the parameters, the values of the screw inclination angle are determined, ensuring sufficient cleaning efficiency and high productivity.

Key words. Screw conveyor, lifting angle, diameter, angular velocity, mesh surface, inertia, transportation.

Введение. Известен винтовой конвейер содержащий неподвижный желоб, нижняя часть которого имеет форму полуцилиндра, закрытого сверху крышкой, и установленный внутри желоба по его оси приводной винт в подшипниках, закрепленных на желобе. Нижняя рабочая часть желобе выполнена в виде сетчатой поверхности. Перемещение груза по желобу осуществляется витками вращающегося винта [1].

Недостатком этой конструкции винтового конвейера является высокий расход энергии и возможность забоя груза в желобе при увеличенной подаче материала.

Другой известный конвейер, который содержит желоб, нижняя часть которого имеет форму полуцилиндра, закрытый сверху крышкой. К желобу в нижней цилиндрической части прикреплены кольцевые бандажи, посредством которых желоб установлен на роликах с возможностью колебания желоба вокруг своей оси. Ролики упираются в торцевые плоскости кольцевого бандажа на желобе. Желоб для возможности колебания подвешен на подшипниках на валу винта. Крышка имеет в левой части входное отверстие, а желоб имеет в правой части выходное отверстие [2].

Недостатком данной конструкции является невозможность удаления из общей массы транспортируемых семян хлопка сорных примесей, выделяемые в результате винтового движения. Вследствие этого, выделенные сорные примеси попадают в технологическую машину-линтер и сильно загрязняют получаемый продукт-линт (хлопах).

В следующей известной конструкции винтового конвейера, содержится желоб с нижней полуцилиндрической частью, установленный с возможностью колебания вокруг своей оси винт, установленный внутри желоба по его оси в подшипниках закрепленных в нижней полуцилиндрической части желоба выполнены отверстия [3]. Недостатком данной конструкции является недостаточное транспортирование сыпучего материала (хлопка, волокнистых отходов) из-за значительного торможения материала за счет их взаимодействия с кромками отверстий и недостаточного трения между поверхностью витков винта и транспортируемым хлопком.

В винтовом конвейере содержащий желоб с нижней полуцилиндрической частью и установленной сверху крышкой, внутри желоба по его оси установлен приводной винт с криволинейной рабочей поверхностью, при этом криволинейная рабочая поверхность витков винта выполнена зигзагообразной формы, причем высота треугольных выступов составляет от 4,0 до 7,0 мм [4]. Недостатком данной конструкции является, низкий

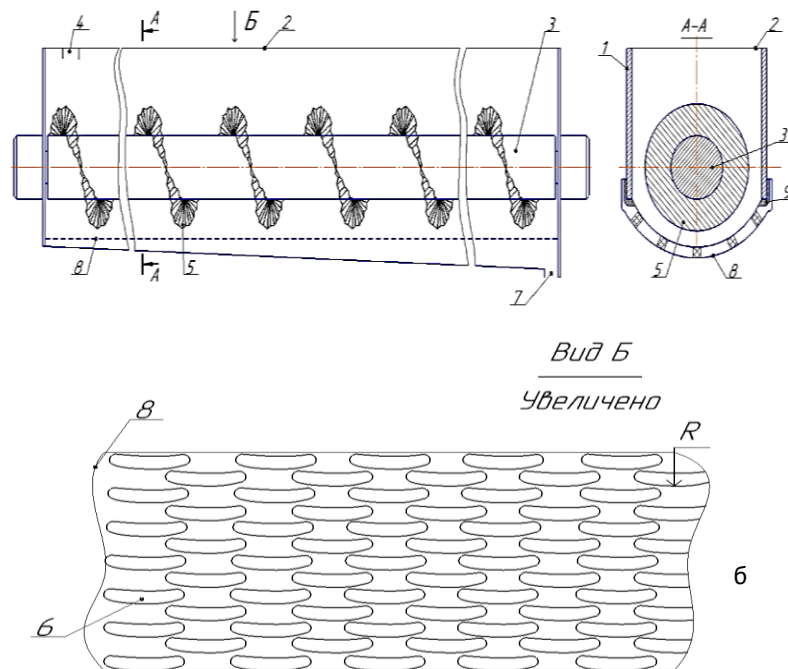
эффект выделения и отвода сорных примесей из хлопка.

Следует отметить, что в существующих винтовых конвейерах при транспортировке волокнистых материалов, особенно хлопковых из-за не достаточного разрыхления материала происходит не достаточное выделение сора. Кроме того из-за не достаточного трения между винтовой поверхностью и волокнистым материалом происходит отставание их при транспортировке, что приводит к дополнительным механическим повреждениям волокнистого материала (хлопка и их отходов). Взаимодействие винтовой поверхности на волокнистый материал происходит монотонно в одном направлении, с постоянной движущейся силой, что не обеспечивает эффективность их очистки. Конструкция сетчатой поверхности не обеспечивает интенсивное выпадение через них выделенных сорных примесей.

Разработка эффективной конструктивной схемы винтового конвейера.

Для обеспечения необходимого разрыхления транспортируемого волокнистого материала и равномерности на очистки по всей длине винтового конвейера, а также интенсивный отвод сора через сетчатую поверхность совершенствована конструкция винтового конвейера за счет увеличения площади контакта, увеличения силы трения, а также изменения значений направления силы взаимодействия винта с транспортируемым материалом по всей длине винтового конвейера по вибрирующей сетчатой поверхности.

Сущность конструкции заключается в этом, что винтовой конвейер содержит неподвижный желоб, нижняя часть которого имеет форму полуцилиндра, закрытого сверху крышкой, и установленный внутри желоба по его оси приводной винт в подшипниках, закрепленных на желобе. Нижняя рабочая часть желоба выполнена в виде сетчатой поверхности. Перемещение груза по желобу осуществляется витками вращающегося винта, рабочая поверхность витков винта может быть выполнена волнистой. Нижняя часть желоба прикреплены к верхней части посредством резиновых прокладок (амортизаторов) и по длине разделены на три части, причем толщина резиновых амортизаторов выполнены уменьшающимся по ходу движения транспортируемого материала, отверстия сетчатых поверхностей выполнены криволинейными, установлены перпендикулярно образующих винта. При этом радиусы кривизны отверстий выполнены увеличивающимся по ходу протаскивания материала по длине винта.



а- винтовой вид, б- сетчатой поверхности.

Рисунок 1. Винтовой конвейер.

Следует отметить, что в начальной зоне винта линт (хлопок) будет менее разрыхленным, а в конце более разрыхленным. Поэтому вибрация сетчатой поверхности в первой зоне будет максимальным за счет большей толщины резинового амортизатора (до 5,0 мм), а в третьей выходной зоне с минимальным амплитудой (толщина резинового амортизатора 3,0 мм). Радиусы кривизны отверстий сетки в первой зоне позволяют увеличенную её площадь, для отвода большого количества сора, а в выходной зоне, площадь отверстий уменьшаются и позволяют отвод оставшихся сора.

Винтовой конвейер содержит желоб 1, нижняя часть которого имеет форму полуцилиндра, закрытый сверху крышкой 2. Внутри желоба 1 по его оси транспортирующий материал винт 3. Сверху желоба 1 имеется входное отверстие 4, а в конце, внизу имеется выходное отверстие 7. Нижняя рабочая часть желоба 1 выполнена в виде сетчатой поверхности 8. Рабочая поверхность винта (витка) 3 может быть выполнена волнистой формы 5. Нижняя часть 8 желоба выполнена в виде сетчатой поверхности с криволинейными отверстиями 6 прикреплена к желобу 1 посредством резиновых прокладок (амортизаторов) 10. При этом сетчатая поверхность 8 разделена на три равные части по длине винта 3, а толщина резиновых прокладок 9 выбраны уместающимися по ходу транспортирования материала. Радиусы кривизны R отверстий 6 выполнены увеличивающимися по ходу транспортирования материала.

Конструкция работает следующим образом. Волокнистый материал (хлопок-сырец, волокнистые отходы) подается в желоб 1 через входное отверстие 4 в крышке 2 и при вращении винта 3 продвигается скольжением вдоль желоба 1 протаскиваемые волнообразной рабочей поверхностью 5 вращающегося винта 3 к выходному отверстию 8. Волнистая поверхность 5 рабочих поверхностей винта 3 воздействует на семена и летучки хлопка (линт) с различной по величине и направлению силой, что приводит к дополнительному разрыхлению хлопка, это позволяет эффективному выделению сора из волокнистого материала (хлопка). Сорные примеси выделенные из волокнистого материала выпадают через отверстия 6 сетчатой поверхности 8 желоба 1 и отводятся в самоотвод через отверстие 7.

В первой из трех зон по длине винтового конвейера сетчатая поверхность 8 будет совершать сложные колебания с большой амплитудой за счет большой толщины резиновой прокладки (амортизатора) 9. Это позволяет интенсивное разрыхление и выделение сора из транспортируемого хлопка (линта). В конце конвейера, в третьей зоне резиновая прокладка 9 с меньшей толщиной приводит к колебаниям сетки 8 с меньшей амплитудой. Это способствует выделению оставшихся сорных примесей более разрыхленного хлопка. Кроме того, выполнение отверстий 6 сетки 8 криволинейной формы с уваливающимся радиусом R по ходу транспортирования, перпендикулярное расположение отверстия 6 к образующей винта 5 приводит к дополнительному выделению сора из хлопка.

Анализ движения куска хлопка на сетчатой поверхности по винтовой поверхности.

Для эффективного отделения отходов от кусочков хлопка в предлагаемом конвейере, а также для очистки и транспортировки кусочков хлопка, отверстия на сетчатой поверхности выполнены криволинейными и равными углу винтовых поверхностей. Важно определить закон движения при взаимодействии куска хлопка с поверхностью винта и обосновать угол подъема винта.

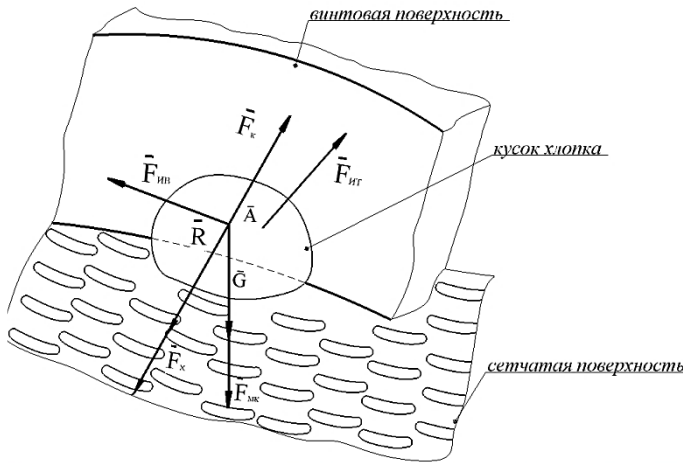
На рис. 2 представлена схема расчета удара винта по хлопку. Исходя из расчетной схемы, на кусок хлопка при транспортировке и очистке действуют следующие силы: $\vec{G}$ -сила тяжести; $\vec{R}$ - сила реакции поверхности винта на ватный диск; $\vec{F}_x$ - сила влияния воздушного потока; $\vec{F}_k$ - сила Кориолиса; $\vec{F}_{м.ц}$ - центробежная сила; $\vec{F}_{ив}$ - сила трения между хлопком и поверхностью винта; $\vec{F}_{ит}$ - сила трения куска хлопком с сетчатой поверхностью; $\vec{F}_{и-}$ сила инерции.

Движение куска хлопка по поверхности винта конвейера в зоне транспортирования и очистки по осям «X» и «Y» определяли с помощью уравнения Лагранжа второго

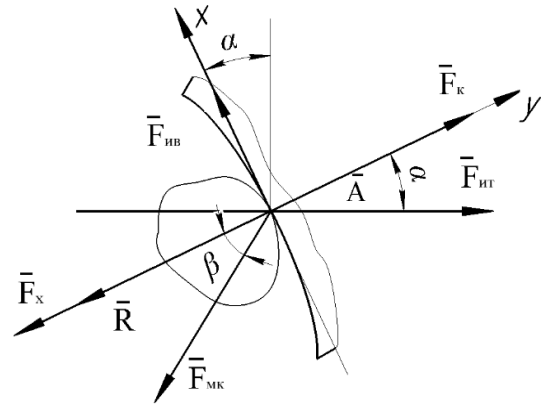
порядка [5,6]:

$$\begin{aligned} m_{\text{п}} \ddot{X} &= F_{\text{ив}} - F_{\text{кор}} \sin \beta - F_{\text{ит}} \cos \alpha \\ m_{\text{п}} y &= F_{\text{ир}} - F_x - F_{\text{кор}} \cos \beta - F_{\text{ит}} \sin \alpha - R \end{aligned} \quad (1)$$

где, $m_{\text{п}}$ – масса куса хлопка; β – угол, образующий вектор центробежной силы с осью «X»; α – угол наклона винта.



а-пространственная схема.



б-вид сверху.

Рисунок 2. Расчетная схема, изображающая векторы сил, действующих на кусок хлопка конвейерным винтом.

Если принять силу трения куса хлопка с поверхностью винта, равной $F_{\text{ир}} = f_{\text{в}} R$, а движение куса хлопка по оси y равно нулю, то получится следующее дифференциальное уравнение:

$$m_{\text{п}} \ddot{X} = m_{\text{п}} \omega_{\text{в}}^2 R_{\text{в}} \sin \beta + f_{\text{в}} F_{\text{кор}} - f_{\text{в}} K V_x^2 - f_{\text{в}} m_{\text{п}} \omega_{\text{в}}^2 R_{\text{в}} \cos \beta - f_{\text{т}} m_{\text{п}} g \sin \alpha - f_{\text{т}} m_{\text{п}} g \cos \alpha \quad (2)$$

Здесь $\omega_{\text{в}}$ – угловая скорость винта конвейера; $R_{\text{в}}$ – радиус винта; $f_{\text{в}}$, $f_{\text{т}}$ – коэффициенты трения куса хлопка с винтовой и сетчатой поверхностью; V_x – расход воздуха; g – ускорение свободного падения.

Кусок хлопка имеет пять степеней свободы при очистке и транспортировке по конвейерной ленте [7]. В этом случае кусок хлопка не перемещается только в направлении, перпендикулярном поверхности сетки. Для уменьшения спутывания и повреждения его волокон при движении хлопчатобумажной ткани оптимальное значение угла α находится в мгновенном движении, т.е. $t \rightarrow 0$, когда $X=0$; $\dot{X}=0$; $\ddot{X}=0$. Используя это условие, можно будет определить угол подъема винта конвейера, то есть угол удара хлопкового куса [7,8].

В этом случае из (2) следует следующее выражение:

$$f_{\text{в}} F_{\text{кор}} - m_{\text{п}} \omega_{\text{в}}^2 R_{\text{в}} \sin \beta - f_{\text{в}} K V_x^2 - f_{\text{в}} m_{\text{п}} \omega_{\text{в}}^2 R_{\text{в}} \cos \beta - f_{\text{т}} m_{\text{п}} g \sin \alpha - f_{\text{т}} m_{\text{п}} g \cos \alpha = 0 \quad (3)$$

Известно, что кусок хлопка не должен скользить, когда он удерживается на поверхности винта и перемещается по поверхности сетки. При этом на поверхности винта остается кусочек хлопка. Считается, что $f_{\text{в}} = 1,0$, чтобы кусочек хлопка (линт) не скользил по поверхности винта. Согласно тригонометрическим соотношениям [9,10]:

$$\sin \alpha + \cos \alpha = \sqrt{2} \cos \left(\frac{\pi}{4} - \alpha \right) \quad (4)$$

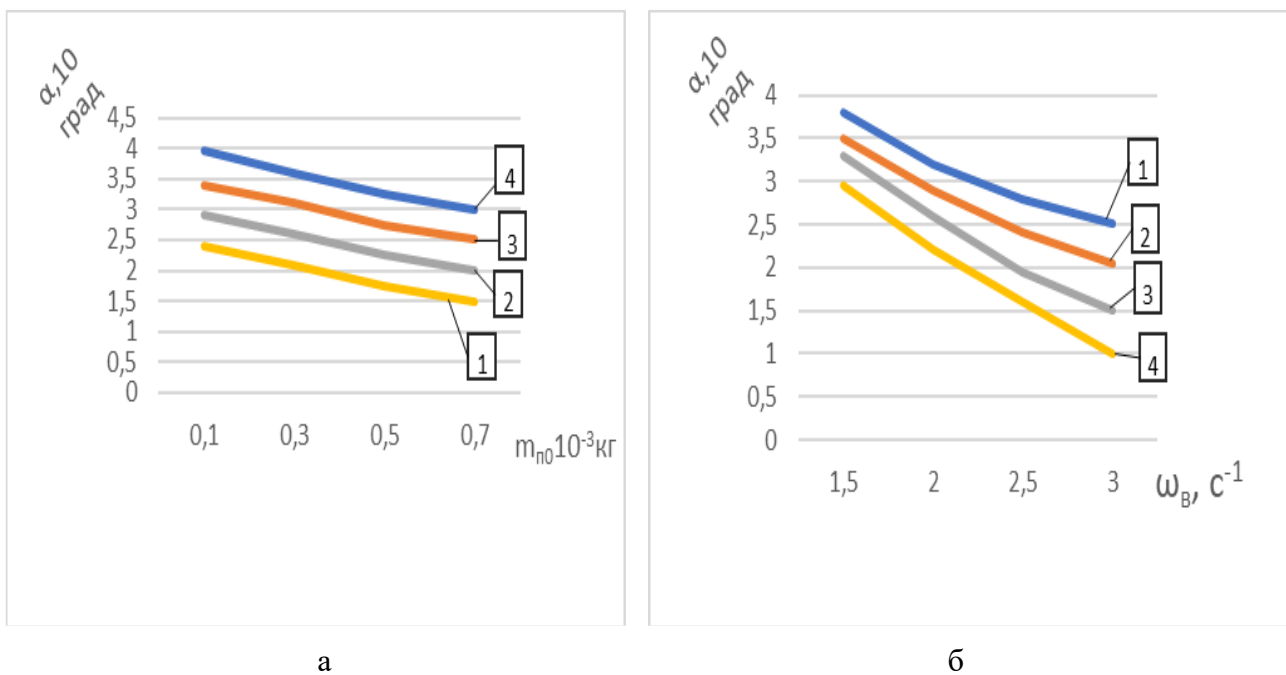
В этом случае составим формулу для определения угла возвышения винта:

$$\begin{aligned} \alpha &\leq \frac{\pi}{4} - A \\ A &= \arccos \left[f_{\text{в}} F_{\text{кор}} - f_{\text{в}} K V_x^2 - f_{\text{в}} m_{\text{п}} \omega_{\text{в}}^2 R_{\text{в}} \cos \beta - m_{\text{п}} \omega_{\text{в}}^2 R_{\text{в}} \sin \beta \right] \frac{1}{\sqrt{2} f_{\text{т}} m_{\text{п}} g} \end{aligned} \quad (5)$$

Анализ результатов и численное решение задачи. Численное решение выражения (5) для определения угла подъема винта конвейера проводилось при следующих начальных значениях параметров [11,12]:

$$\begin{aligned} m_{\text{п}} &= (0,15 \div 0,85) 10^{-3} \text{ кг}; f_{\text{в}} = (0,3 \div 1,0); f_{\text{т}} = (0,2 \div 0,4); \omega_{\text{в}} = (3,0 \div 4,0) \text{ с}^{-1}; g = 9,8 \text{ м/с}^2; \\ R_{\text{в}} &= 0,15 \text{ м}; t_{\text{в}} = 0,21 \text{ м}; \alpha_{\text{в}0} = 30^\circ; \beta = (25^\circ \div 35^\circ); V_x = (0,45 \div 1,2) \text{ м/с}; K = (0,2 \div 0,3) \end{aligned}$$

Численное решение для определения угла подъема винта конвейера выполнялось с помощью программы Рунге-Кутты ЭВМ. В результате были получены параметры системы и диаметр винта, угловая скорость, коэффициенты трения хлопков о поверхность винта и сетчатую поверхность, масса куска хлопчатобумажного куска, влияние скорости воздушного потока на угол шага винта. В частности, на рис. 3 представлены графики изменения угла подъема винта конвейера в зависимости от массы хлопчатобумажного куска и диаметра винта. Известно, что увеличение массы куска хлопчатобумажного куска затрудняет его транспортировку. При этом необходимо достаточно уменьшить угол подъема винта. Согласно анализу полученных законов связи, при увеличении массы хлопчатобумажного куска с $0,15 \cdot 10^{-3}$ кг до $0,8 \cdot 10^{-3}$ кг и $R_v = 0,2$ м угол подъема винта конвейера уменьшается с $21,8^\circ$ до $13,1^\circ$. в нелинейной связи. Однако при массе куска хлопчатобумажного куска $R_v = 0,11$ м влияние на угол « α » увеличивается почти параллельно, и видно, что он уменьшается с $36,7^\circ$ до $24,9^\circ$ (рис. 3, график 4). Так, чем качественнее хлопок, тем выше должен быть угол наклона винта при его транспортировке.

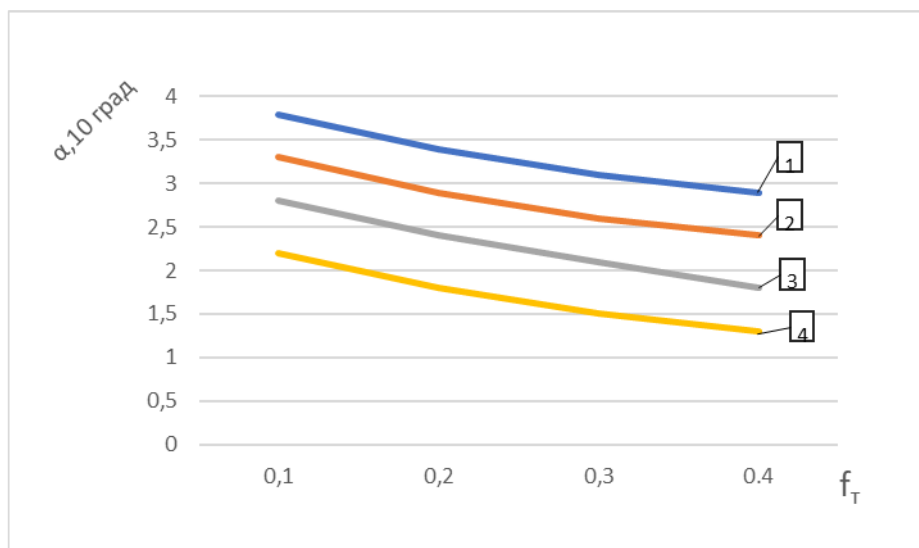


1- $R_v=0,2$ м; 2- $R_v=0,17$ м;
3- $R_v=0,14$ м; 4- $R_v=0,11$ м;

1- $m_п=1,15 \cdot 10^{-3}$ кг; 2- $m_п=0,3 \cdot 10^{-3}$ кг;
3- $m_п=0,45 \cdot 10^{-3}$ кг; 4- $m_п=0,62 \cdot 10^{-3}$ кг

Рисунок 3. а – графики зависимости изменения угла подъема винта конвейера от массы куска хлопчатобумажного куска (линты) и диаметра винта; б – показана зависимость между изменением угла подъема винта конвейера и изменением угловой скорости винта.

На основании анализа графиков при увеличении значений угловой скорости винта от $1,8 \text{ с}^{-1}$ до $3,5 \text{ с}^{-1}$ и $m_п=0,62 \cdot 10^{-3}$ кг значения подъема винта угол α линейно уменьшается с $28,1^\circ$ до $12,1^\circ$. Соответственно, при уменьшении значений ω_v до $3,5 \text{ с}^{-1}$ и массе куска хлопчатобумажного куска (линты) $0,15 \cdot 10^{-3}$ кг угол подъема винта транспортера линейная связь уменьшается с $32,2^\circ$ до $25,3^\circ$ в нерабочем состоянии. Следовательно, высокая угловая скорость вала винта приводит к транспортировке кусков хлопчатобумажного куска, то есть к увеличению производительности. В этом случае требуется, чтобы кусочки хлопчатобумажного куска были достаточно измельчены. Рекомендуемые значения: $\omega_v=(2,7 \div 3,2) \text{ с}^{-1}$, $m_п \leq (0,15 \div 3,2) \cdot 10^{-3}$ кг. Обеспечивается, чтобы угол подъема винта конвейера находился в пределах ($28^\circ \div 30^\circ$).



1- $R_b=0,2$ м; 2- $R_b=0,17$ м; 3- $R_b=0,14$ м; 4- $R_b=0,11$ м;

Рисунок 4. Графики зависимости изменения угла подъема винта конвейера от коэффициента трения куска хлопка с сетчатой поверхностью и изменения радиуса винта.

На рис.4 представлены графики зависимости изменения угла подъема винта конвейера от коэффициента трения куска хлопка с сетчатой поверхностью и изменения радиуса винта. Выше при определении угла подъема винта куска хлопка транспортируется без проскальзывания по поверхности винта, т. е. коэффициент трения принимается условно равным единице. Но в процессе транспортировки и очистки хлопка важно изменение коэффициента трения с поверхностью сетки с криволинейным профилем. При увеличении этого коэффициента трения от 0,15 до 0,4 угол подъема винта конвейера « α » нелинейно уменьшается с 34° до $27,6^\circ$ при значениях $R_b = 0,2$ м, при уменьшении радиуса шнека до 0,19 м угол « α » значения уменьшаются с $17,3^\circ$ до $13,4^\circ$. Поэтому для увеличения значений f_T отверстия криволинейной формы делают перпендикулярно направлению движения кусочков хлопка. Рекомендуемые значения: $f_T \geq (0,5 \div 0,35)$; При $R_b = (0,17 \div 0,2)$ м обеспечивается значение α ($28^\circ \div 36^\circ$).

Вывод. Разработана конструкция винта для транспортирования и очистки хлопка, исходя из значений параметров винта.

Список литературы

- [1]. Спиваковский А.О. и Дьячков В.К. Транспортирующие машины. Изд. 2-е перераб. И доп. М., Машиностроение, 1968 г., с. 356.
- [2]. Шукуров М.М. и др. Патент Рес. Узб. Винтовой конвейер. UZ IAP 032701, Бюлл. №2, 2007.
- [3]. Абдугафаров Х.Ж. и др. Патент Рес. Узб. Винтовой конвейер. FAP №01141, Бюлл. №10, 2016
- [4]. 4. А.Джураев и др. Винтовой конвейер. Патент UZ IAP 06472, Бюлл. №5, 2021
- [5]. VINTLI KONVEYER MASHINA AGREGATI YURITGICH-REDUKTORI VA VINT VALINI HARAKAT QONUNLARINI ANIQLASH. (2024). Научно-технический журнал «Машиностроение», 4, 42-47. <https://journal.andmiedu.uz/index.php/mashinasozlik/article/view/114>
- [6]. Анализ результатов сравнительных испытаний очистительной конструкции из волокна с рекомендуемой модернизацией винтового конвейера. (2024). Научно-технический журнал «Машиностроение», 4, 82-85. <https://journal.andmiedu.uz/index.php/mashinasozlik/article/view/13>
- [7]. Djuraev, A. D., Yuldashev, K. K., & Teshaboyev, O. A. o'g'li. (2022). Determination of radial speed in screw conveyor shafts based on experimental research. research and education, 1(8), 191–198. Retrieved from <https://researchedu.org/index.php/re/article/view/918>
- [8]. Dzhuraev A, Zukhriddinov A, Mukhammedjonova S, Mavlonova I and Tursunova G 2020 Dynamics of machine aggregates with mechanisms of working bodies for cleaning cotton from fine impurities. Solid State technology. Blind Peer Review Referred Journal 63(6) pp 169-81

- [9]. Anvar Dzuraev, Sardor Sayitkulov, Bekzod Bozorov. Investigation of working bodies of cotton cleaning machine // Modern Innovation, System and Technologies, 2021, 1(4).
- [10]. A.Djurayev, K.Yuldashev, O.Teshaboyev. Results of experimental determination of torque moments and noise on fluff transporter and cleaner screw conveyor shafts. Technical science and innovation journal №3/2022. p 188
- [11]. A.Djurayev, K.Yuldashev, O.Teshaboyev. Determination of radial speed in screw conveyor shafts based on experimental research. Scientific Journal Research and education Volume 1, Issue 8. 2022. p 192.

УДК 677.021.

ВИНТЛИ КОНВЕЙЕР ИШЛАШ ЖАРАЁНИДА МОМИҚ БЎЛАГИНИ ТЎЛҚИНСИМОН ВИНТ ЮЗАСИДАГИ ИШЧИ ЗОНАЛАР БЎЙИЧА ТОРТИШ КУЧЕНИ ХИСОБЛАШ

К.К. Юлдашев

Андижон машинасозлик институти,

E mail: kozimjon590@gmail.com

(Қабул қилинди 24.01.2025 й.)

Аннотация. Мақолада пахта момигини транспортировка қилиш ва тозалаш бўйича ишлаб чиқилган самарали тўлқинсимон винтли, оғма тешикли ва қайишқоқ таянчларга ўрнатилган учта зонали тебранувчи тўрли юзали момикни тортиш кучени назария томондан аниқлаш натижалари келтирилган. Тўрли юза ҳар уччала зонадаги тортиш кучени аниқлаш формулалари боғланиш графиклари аниқланган. Олинган боғланишларни тахлили асосида параметрларнинг тавсия қийматлари берилган.

Калит сўзлар. Винтли конвейер, тўрли юза, тўлқинсимон сирт, оғма тешиклар, қайишқоқ таянчлар, масса, куч, реакция, ишқаланиш, момик, тортиш кучи, силжии, оғии бурчаги.

Аннотация. В статье представлены результаты теоретического определения силы протягивания хлопкового линта трехзонной вибрирующей сетчатой поверхностью, установленной на эффективных волнообразных винтах, криволинейных отверстиях и ленточных опорах, предназначенной для транспортировки и очистки хлопкового линта. Определены формулы для определения силы тяжести в каждой из трех зон твердой поверхности и графики ее связи. На основании анализа полученных связей даны рекомендуемые значения параметров.

Ключевые слова. Винтовой конвейер, сетчатая поверхность, волнистая поверхность, криволинейные отверстия, полые опоры, масса, сила, реакция, трение, пух, сила тяжести, смещение, угол наклона.

Abstract. The article presents the results of theoretical determination of the pulling force of cotton lint by a three-zone vibrating mesh surface installed on effective wave-shaped screws, curved holes and belt supports, designed for transporting and cleaning cotton lint. Formulas for determining the gravity in each of the three zones of the solid surface and graphs of its connection are determined. Based on the analysis of the obtained connections, recommended parameter values are given.

Key words. Screw conveyor, mesh surface, wavy surface, curved holes, hollow supports, mass, force, reaction, friction, fluff, gravity, displacement, angle of inclination.

Тавсия қилинган тўлқинсимон сиртли винтли конвейерда момик ҳаракати траекторияси маълум бўлиб, босиб ўтилган йўли ортади [3,4]. Бунда момик бўлагини ушбу тўлқинсимон сирт бўйлаб ҳаракатланишида таъсир қилувчи кучлар схемаси 1-расмда келтирилган. Момик бўлагига оғирлик кучи ($\vec{G}$), реакция кучи ($\vec{N}$), сурувчи куч ($\vec{P}$), ва момик билан тўлқинсимон юза орасидаги ишқаланиш кучи ($\vec{F}_u$) таъсир қилади.

Уларни мувозанат шарт [3], қуйидаги ифода орқали белгиланади:

$$\begin{aligned}\vec{G}_1 + \vec{F}_{u_1} + \vec{N} + \vec{P} &= 0 \\ \vec{G}_2 + \vec{F}_{u_2} + \vec{N} + \vec{P} &= 0 \\ \vec{G}_3 + \vec{F}_{u_3} + \vec{N} + \vec{P} &= 0\end{aligned}\quad (1)$$

бу ерда G_1, G_2, G_3 – ишчи зоналари бўйича момиқни оғирлик кучи; $F_{u_1}, F_{u_2}, F_{u_3}$ – уччала зона бўйича момиқни винт сирти билан ишқаланиш кучи.

Маълумки [3,5], винтли конвейерларда винт сирти бўйича юкни силжитиш асосан қия текислик бўйича ҳаракат тарзида кўрилади. Бизни асосан момиқ бўлагини тўлқинсимон винтли юза бўйлаб мувозанат кучини таъсир қилувчи кучларини X ва Y ўқларидаги проекциялари орқали аниқлаймиз [3]:

$$\sum_{i=1}^{i=4} F_i(x) = 0; \quad \sum_{i=1}^{i=4} F_i = 0 \quad (2)$$

Кучларни тегишли ўқларга проекциялари схемалари 1-расмда кўрсатилган. У холда қуйидаги тенгламалар системасини умумий холда ёзишимиз мумкин:

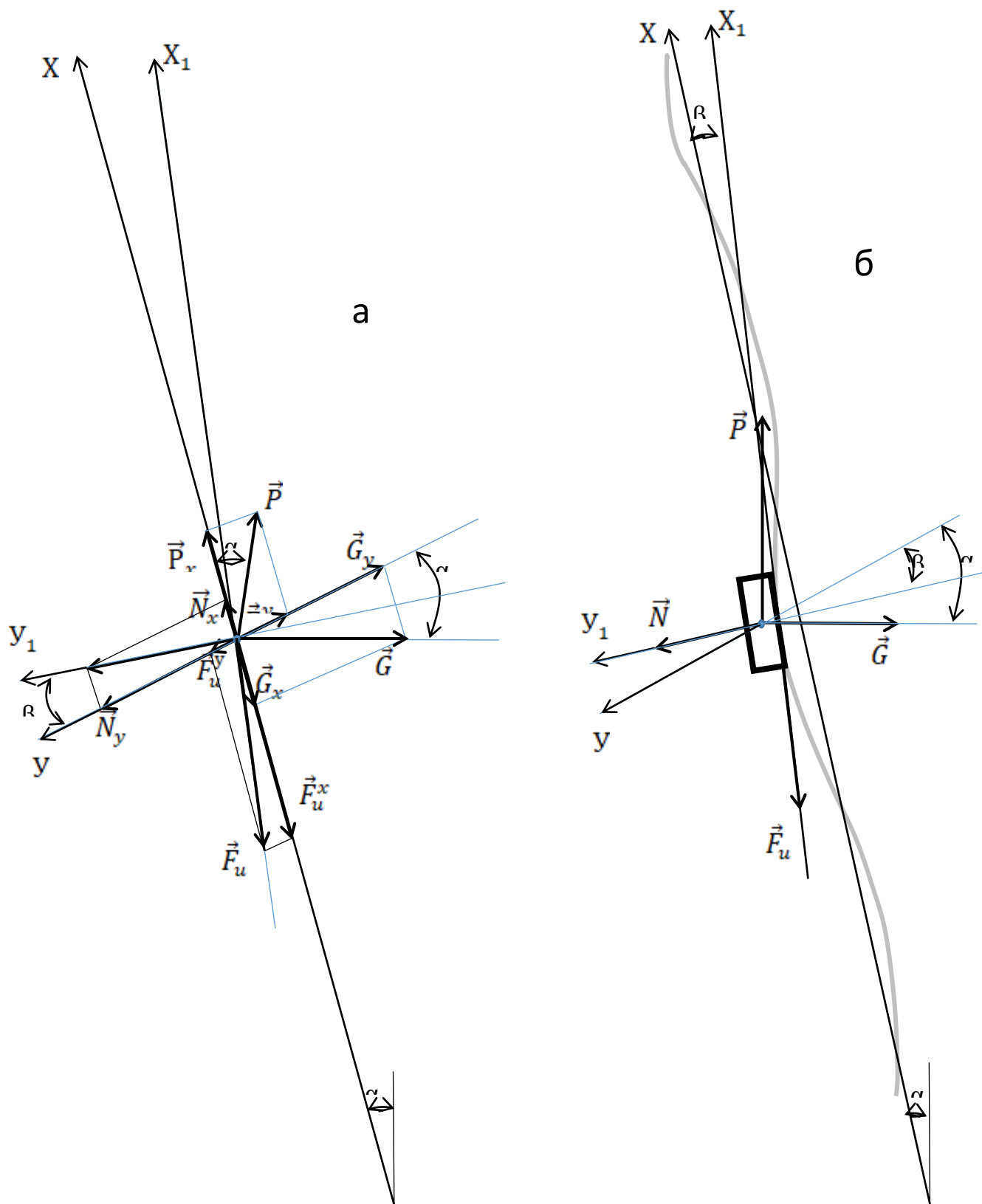
$$\begin{aligned}\vec{P}_x + \vec{N}_x - \vec{F}_u^x - \vec{G}_x &= 0 \\ -\vec{P}_y + \vec{N}_y + \vec{F}_u^y - \vec{G}_y &= 0\end{aligned}\quad (3)$$

Ҳисоб схемаларини 1-расмга асосан қуйидагиларни ёзишимиз мумкин [6]:

$$\begin{aligned}\vec{P}_x &= P \cos \alpha; \quad \vec{P}_y = P \sin \alpha; \\ \vec{G}_x &= G \sin \alpha; \quad \vec{G}_y = G \cos \alpha; \\ \vec{N}_x &= N \sin \beta; \quad \vec{N}_y = N \cos \beta; \\ \vec{F}_u^x &= F_u \cos \beta; \quad \vec{F}_u^y = F_u \sin \beta;\end{aligned}\quad (4)$$

Олинган (4) ни (3) га қўйиб $\vec{F}_u$ ва $\vec{N}$ ни алоҳида ажратиб оламиз [3,7]:

$$\begin{aligned}\vec{F}_u &= \frac{1}{\cos \beta} (P \cos \alpha + N \sin \beta - G \sin \alpha) \\ \vec{N} &= \frac{1}{\cos \beta} (P \sin \alpha - F_u \sin \beta + G \cos \alpha)\end{aligned}\quad (5)$$



а – кучлар схемаси, б – кучларни ташкил этувчилари.
1-расм. Момиқ бўлагига винт сиртидаги тўлқинсимон юзада таъсир қилувчи кучлар схемаси.

Амонтан-Кулон [8] қонунига асосан $\vec{F}_u = f N$ инобатга олиб, момиқни силжитиш кучини ҳар уччала зонаси бўйича ҳисоблаш ифодаларини оламиз:

$$\begin{aligned}\vec{P}_1 &= \frac{m_1 g (\sin \alpha + f_1 \cos \alpha) - K_u F_{u_1} \sin \beta}{\cos \alpha - f_1 \sin \alpha} \\ \vec{P}_2 &= \frac{m_2 g (\sin \alpha + f_2 \cos \alpha) - K_u F_{u_2} \sin \beta}{\cos \alpha - f_2 \sin \alpha} \\ \vec{P}_3 &= \frac{m_3 g (\sin \alpha + f_3 \cos \alpha) - K_u F_{u_3} \sin \beta}{\cos \alpha - f_3 \sin \alpha}\end{aligned}\quad (6)$$

бу ерда, m_1, m_2, m_3 – зоналар бўйича момиқ бўлаги массаси; g – эркин тушиш тезланиши; α – винтни кўтарилиш бурчаги; β – момиқ бўлагини тўлқинсимон сиртда жойлашишини белгиловчи бурчак; f_1, f_2, f_3 – момиқ бўлаги ва тўлқинсимон юза орасидаги ишқаланиш коэффициентлари; F_u – ишқаланиш кучи; $K_u = (1 - f^2) f^{-1}$ – ишқаланиш коэффициентининг даражасини ифодаловчи ўзгармас сон [9,10].

Момиқ бўлагини тўлқинсимон сирт бўйлаб силжиш масофаси тўлқинни, яъни синусойдани қадамига, радиусига боғлиқ бўлади. Умумий силжишни қуйидаги ифода орқали аниқлаш мумкин:

$$X = \beta \cdot R + 2\pi R \kappa \quad (7)$$

бу ерда, R – тўлқинсимон синусойда радиуси; $\pi = 3,14$; κ – синусойдани винт узунлиги бўйича такрорланиш сони. Олинган (7) ифодадан винт бўйича ҳосила олиб момиқ бўлагини тўлқинсимон сирт бўйлаб ҳаракатланиш тезлигини аниқлаш мумкин:

$$V_m = \frac{dx}{dt} = R \frac{d\beta}{dt} \quad (8)$$

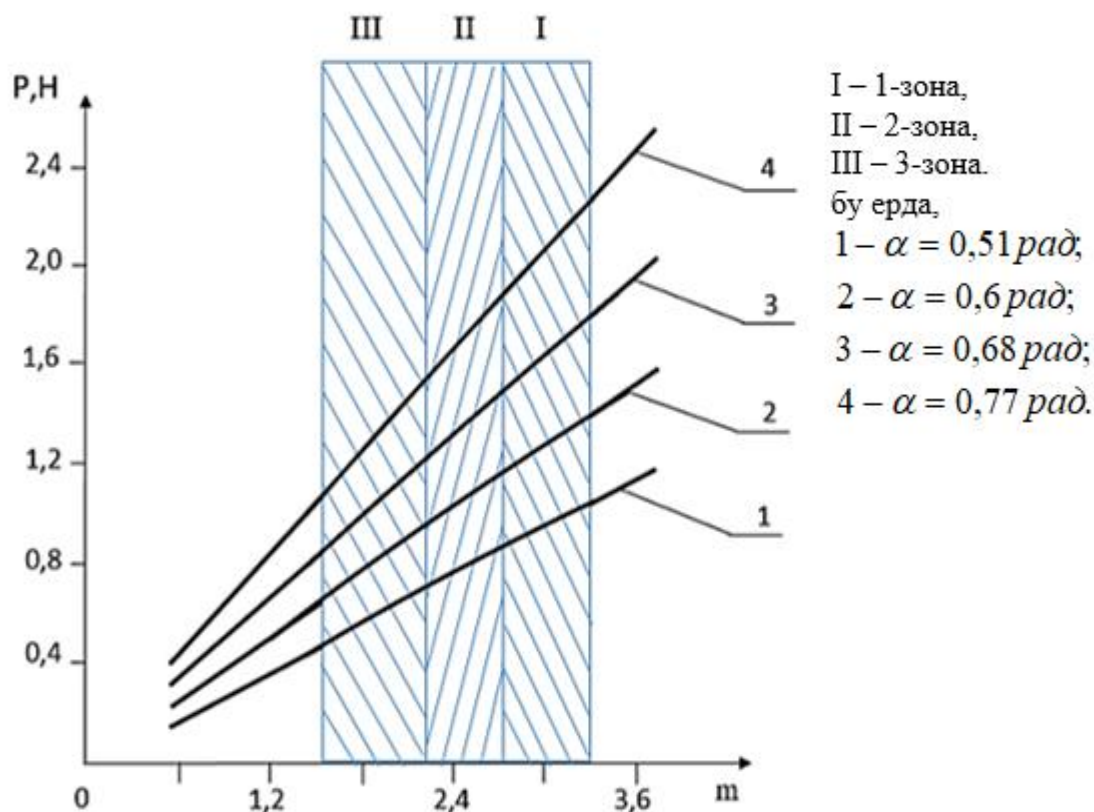
Таҳлилимиз асосида шуни таъкидлаш лозимки, Қ.Жуманиёзов ва Х.Абдуғафоровларнинг тадқиқот натижаларида ишқаланиш кучи деярли ўзгармас қилиб олинган [11,12]. Олинган (8) ифодада зоналар бўйича ишқаланиш кучи нафақат ишқаланиш коэффициентларига, балки момиқ массаси ва уни тўлқинсимон юзада жойлаштириш фазаси, яъни β га боғлиқ [3]. Бунда ишқаланиш кучи ишқаланиш коэффициентлари квадратига ҳам боғлиқ, яъни нозичлиқли боғланишни ташкил этади. Қия тўлқинсимон юзада момиқнинг ўртача бўлаги массасини ҳар уччала зона бўйича $(1,0 \div 3,0) \cdot 10^{-3}$ кг оралиғида олсак, ҳамда ишқаланиш коэффициентини $(0,22 \div 0,4)$ оралиғида олсак, ишқаланиш кучининг ўртача қийматини момиқ бўлаги массаси $(0,5 \div 2,0) \cdot 10^{-3}$ ни ва $f = 0,25 \div 0,45$ бўлганда $(0,13 \div 0,9) 10^{-2}$ Н оралиғида бўлади. Винтли конвейер иш унумдорлиги $(350 \div 380)$ кг/с бўлса, бир вақтнинг ўзида конвейерда $(2,5 \div 3,5)$ кг момиқ бўлади. Шунинг учун ўртача ишқаланиш кучи $(7,5 \div 10,5)$ Н ни ташкил этади [3].

Масалани сонли ечими асосидаги қурилган боғланиш графиклари 2- расмда келтирилган. График таҳлилларига асосан таъкидлаш лозимки, тозаланиб – ташилаётган момиқ массаси 0,6 кг дан 3,6 кг гача орттирилганида уларни силжитиш кучи $\alpha = 0,51 \text{ рад}$ бўлганда 0,19 Н дан 1,21 Н гача қизикли қонуниятда ортиши аниқланди. Шунингдек, винт қиялик бурчаги $0,77 \text{ рад}$ гача ортганида момиқни силжитиш кучи 0,45 Н дан 2,57 Н гача

ортиши аниқланди [3]. Бунинг сабаби винтнинг қиялик бурчаги ортиши билан винт қадамлари сони ҳам ортади, демак момиқни тозалаш транспортировкаси масофаси камаяди, яъни силжитиш кучи ортишига олиб келади. Шунинг учун ушбу кучни ортишини олдини олиш учун қуйидаги қийматлар тавсия этилади [3,13]:

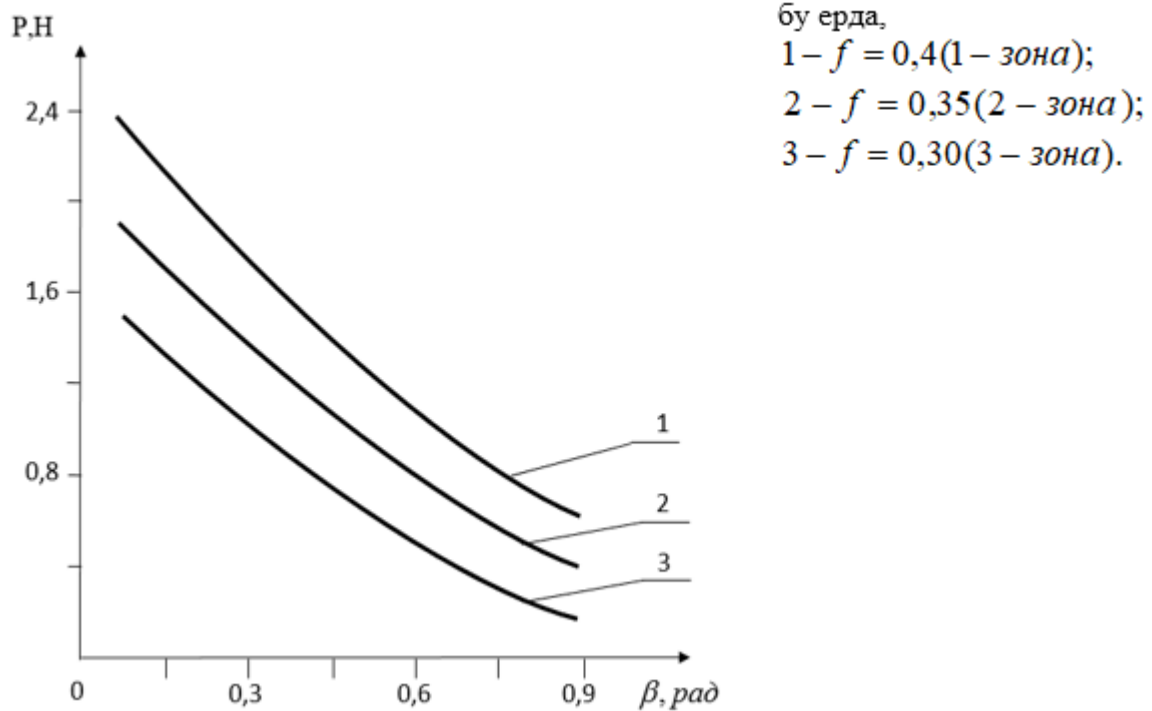
$$m \leq (2,3 \div 3,0) \text{ кг}; \alpha = (0,6 \div 0,65) \text{ рад}.$$

Демак, винт ишчи зоналари бўйича камайиб боришини инобатга олинганида тортиш кучи биринчи зонада (2,4÷2,6) Н, иккинчи зонада (2,1÷2,3) Н, учинчи зонада (1,8÷2,0) Н оралиғида бўлиши аниқланди.

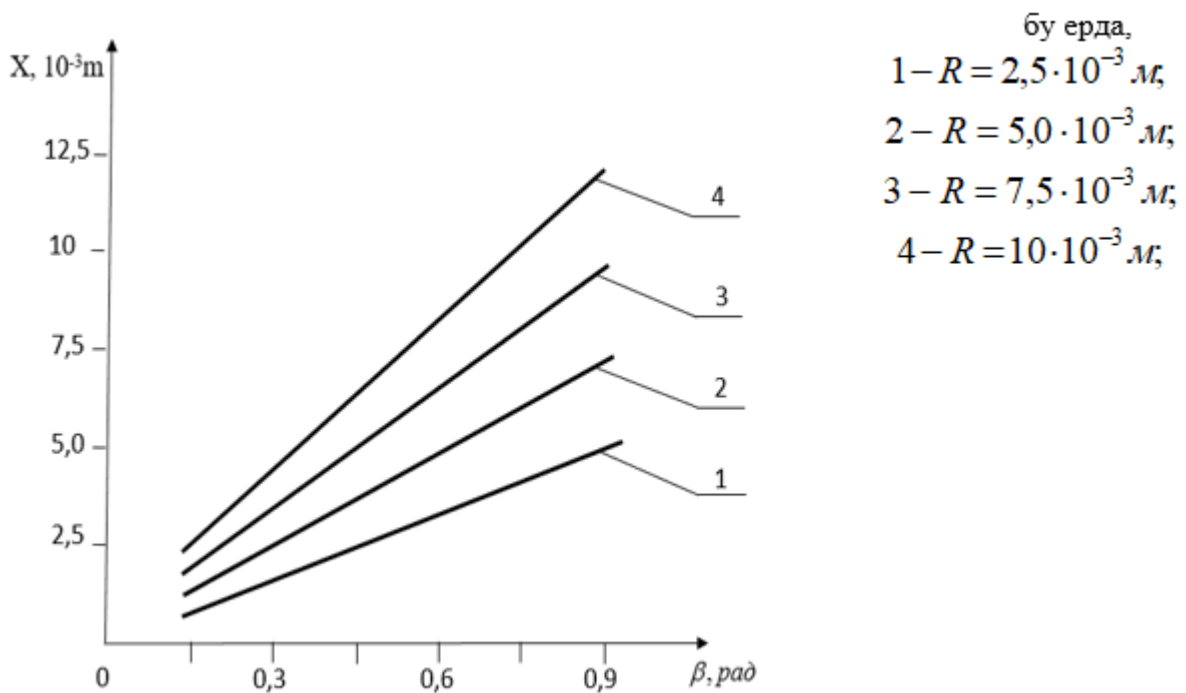


2-расм. Момиқни тозалаш – ташиш конвейерининг тўлқинсимон юзали винтида момиқни силжитиш кучини момиқ массасига боғлиқлик графиклари.

Момиқни тозалаш – ташиш зонасида етарлича титилиши ва шикастланишини ошмаслигини таъминлаш учун винт сиртидаги тўлқинлар баландлиги ва қадамини тўғри танлаш муҳим ҳисобланади. 3-расмда момиқни тозалаш – ташиш конвейерининг тўлқинсимон юзали винтида момиқни силжитиш кучини момиқни жойлашиш фазасига боғлиқлик графиклари келтирилган. Момиқни жойлашиш фазаси $0,15 \text{ рад}$ дан $0,9 \text{ рад}$ гача ортганида ва $f = 0,3$ учинчи зона қийматида момиқни силжитиш кучи 1,54 Н дан 3,35 Н гача камаяди. Ишқаланиш коэффициенти 0,4 гача ортса биринчи зона момиқни силжитиш учун ҳам ортади ва унинг камайиш қонуниятлари 2,37 Н дан 0,81 Н оралиғида бўлади. Бунда момиқнинг жойлашиш фазасининг тавсия қиймати $(0,5 \div 0,65) \text{ рад}$ оралиғида бўлиши мақсадга мувофиқдир [3,14].



3-расм. Момиқни тозалаш – ташиш конвейерининг тўлқинсимон юзали винтида момиқни силжитиш кучини момиқни жойлашиш фазасига боғлиқлик графиклари.



4-расм. Тўлқинсимон юзали винтли конвейерда момиқ силжишини уни жойлашиш фазасига боғлиқлик графиклари.

Тавсия қилинган тўлқинсимон сиртда момиқни ҳаракатланиш йўли ортади, бу эса ўз навбатида момиқни титилишини ва тозалаш самарасини ортиради. 4-расмда момиқни тўлқинсимон сирт бўйлаб ҳаракатланиш масофасини ўқи жойлаштириш фазасига боғлиқлик графиклари келтирилган. Бунда ушбу масофани ортишига тўлқинлар баландлиги, яъни

эгрилик радиуси қийматини ўзгариши ҳам таъсир кўрсатади. Момиқ бўлагини тўлқинсимон сиртда жойлашиш фазаси $0,15\text{рад}$ дан $0,9\text{рад}$ га ортганида ва тўлқин эгрилиги радиуси $2,5 \cdot 10^{-3}$ м бўлганида момиқни силжиш масофаси $0,8 \cdot 10^{-3}$ м дан $4,37 \cdot 10^{-3}$ м гача ортади. Лекин тўлқин эгрилик радиуси $1,0 \cdot 10^{-2}$ м гача ортганида момиқнинг силжиш масофаси $2,1 \cdot 10^{-3}$ м дан $12,2 \cdot 10^{-3}$ м гача кўпаяди. Бунинг сабаби шуки, тўлқин радиусини ортиши, эгрилик сирти узунлигини орттиради, шунингдек, β қиймати ортиши тўлқин қадамини шундай туришидандир [3,15].

Шунинг учун тозалаш самарасини ортиши учун α ни кўпайтириш, яъни β ва R нинг қийматларини қуйидаги қийматларини тавсия қилиш мақсадга мувофиқдир [3,14]:

$$\beta = (0,5 \div 0,65)\text{рад}; \quad R = (0,8 \div 1,2) \cdot 10^{-2} \text{ м}.$$

Қайд қилиш керакки, момиқ массасини зоналар бўйича камайиб бориши, уни ишчи зонадан тезроқ чиқиб кетишини таъминлайди. Бунда момиқни ташиш қисмида тикилишларни бартараф этади. Шунинг учун иш унумдорлигини ортишига замин яратади.

Хулоса. Тавсия этилган винтли конвейер оғма тешикли учта зонали, қайишқоқ элементли тўрли юза сиртига пахта момиғини силжитиш кучини ҳисоблаш формулалари олинган. Сонли ечим асосида олинган боғланиш графикларини тахлили асосида конвейер параметрларини тавсия қийматлари аниқланган.

Адабиётлар

- [1]. А.Джураев, К.Юлдашев, Э.Хусанов, Л.Махмудов Винтовой конвейер. Патент. Рес. Узб. № IAP 06472 31.05.2021, Бюл., №5
- [2]. А.Джураев, К.Юлдашев, О.Тешабоев. Т.Низомов Пахта тозалаш агрегатининг тозалаш бўлмаси. Патент. Рес. Узб. № IAP 07541 31.10.2023.
- [3]. Тешабоев О. “Момиқни ташувчи ва тозаловчи, тебранувчи тўрли юзали винтли конвейер конструкциясини такомиллаштириш ва параметрларини асослаш” Дисс. Техника фанлари бўйича PhD: Наманган 2024 й.
- [4]. Джураев А., Юлдашев К., Тешабоев О.. “Development of construction of a screw conveyor that transports and cleans cotton, justification of screw parameter”. XIV international conference on transport infrastructure: Territory development and sustainability TITDS-XIV-2023
- [5]. Юлдашев К.К. Диссертация. “Момиқни ташувчи ва тозаловчи винтли конвейер конструкциясини такомиллаштириш ва параметрларини асослаш” Дисс. Техника фанлари бўйича PhD: Наманган 2020 й.
- [6]. Юлдашев К.. “Винтли конвейер винти кўтарилиш бурчагини сонли ечими ва натижалар тахлили” “Impact of the modernization process on sectors and industries” International scientific conference, Samarkand march 15th, 2023. 52-54 b.
- [7]. Джураев А., Юлдашев К., Мухамеджанова С “Конвейер винти тўлқинсимон юзадаги момиқ бўлагини тортиш кучини ҳисоблаш”. Весник. Туринского политехнического университета в городе ташкенте. 2020 №10 С. 59-64.
- [8]. Джураев А. Динамика рабочих механизмов хлопка перерабатывающих машин. – Ташкент: Фан, 1987. - 188с.
- [9]. Джураев А., А.Мамахонов, Юлдашев К. “Разработка эффективной конструкции и обоснование параметров винтового конвейера для транспортировки и очистки хлопкового линта” “Механика муаммолари” 2020 №2 сон. 80-83 б.
- [10]. Юлдашев К.. “Dynamic analysis of a screw conveyor machine assembly with a wave-shaped profile”. ФерПИ Илмий техника журналы 2023. Том 27. № 2. 61-65 б
- [11]. Жуманиязов К. Создание системы транспорта и распределения средневолокнистого хлопка по поточным линиям очистки и батареям джинов. Дисс. канд. техн. наук. Т., 1989.
- [12]. Абдуғаффоров Х. “Пахта чигитини ташишда винтли конвейернинг иш унумини ошириш” Дисс. Техника фанлари бўйича PhD: - Ташкент, 2018 й.
- [13]. О.А.Teshaboyev Analysis of dependence of screw conveyor mesh surface vibration indicators on base specifications // Andijon mashinasozlik instituti “Mashinasozlik” ilmiy-texnika jurnali № (Maxsus son), 2024 y ISSN:2181-1539
- [14]. Джураев А., Юлдашев К., Тешабоев О.. “Винтли конвейерли толали материалларни тозалагич тўрли юзасининг тебранишлари тахлили”. Бухоро муҳандислик-технология институти “Фан ва технологиялар тараққиёти” лмий–техникавий журналы 2023. №5, 219-223 б.

STATIC ANALYSIS OF THE SPINDLE SHAFT WITH A SPLIT CYLINDER

A.Sh. Mirzaumidov, J.D. Azizov

Namangan Institute of Engineering and Technology
(Received on January 24 th, 2024)

Annotatsiya: Ushbu maqolada yarim silindrli valning statik tahlili, uning burilish burchagi va mustahkamligini hisoblashga qaratilgan. Statik tahlil yordamida valga ta'sir etuvchi kuchlar, momentlar, kuchlanishlar va deformatsiyalar aniqlanadi. Tadqiqot asosan paxta qayta ishlash korxonalarida ishlatiladigan yarim silindrli valning mustahkamligini o'rganishga qaratilgan va burilish burchagining ruxsat etilgan chegaralarda qolishini ta'minlashga e'tibor qaratadi. Shuningdek, maqolada statik muvozanat jarayoni, kuchlar taqsimoti, kesish kuchlari va moment diagrammalari batafsil tahlil qilinadi. Valning material xususiyatlari va mexanik sharoitlarda qanday ishlashi ham muhokama qilinadi. Maqolada shuningdek, texnologik mashinalarning xavfsizligini va iqtisodiy samaradorligini oshirishda statik va dinamik muvozanatning ahamiyati ta'kidlanadi. Yarim silindrli vallarning konstruksiyasini takomillashtirish va ularning sanoat sohalaridagi samarali ishlashini ta'minlash bo'yicha amaliy tavsiyalar berilgan.

Tayanch so'zlar: Yarim silindrli val, statik tahlil, burilish burchagi, elastik lik moduli, inersiya momenti, kesish kuchi, moment diagrammasi, statik muvozanat, dinamik muvozanat, texnologik jarayon, kuchlar taqsimoti, xavfsizlik, muhandislik dizayni, mexanik tizimlar.

Аннотация: В данной статье рассматривается статический анализ вала с разъемным цилиндром, с акцентом на расчет угла кручения и прочности. С помощью статического анализа определяются силы, моменты, напряжения и деформации, действующие на вал. Исследование в первую очередь сосредоточено на прочности вала с разъемным цилиндром, используемого на предприятиях по переработке хлопка, и на обеспечении того, чтобы угол кручения оставался в пределах допустимых норм. Также в работе проводится подробное изучение процесса статического равновесия, распределения сил, сил сдвига и диаграмм моментов. Рассматриваются материальные свойства вала и его поведение в механических условиях. В статье также подчеркивается важность как статического, так и динамического равновесия повышения безопасности и экономической эффективности работы технологического оборудования. Представлены практические рекомендации по улучшению конструкции вала с разъемным цилиндром, с целью повышения его производительности в промышленных предприятиях.

Ключевые слова: вал с разъемным цилиндром, статический анализ, угол кручения, модуль упругости, момент инерции, сила сдвига, диаграмма моментов, статическое равновесие, динамическое равновесие, технологический процесс, распределение сил, безопасность, инженерное проектирование, механические системы.

Abstract: This article explores the static analysis of a split-cylinder shaft, focusing on the calculation of its torsion angle and strength. Through static analysis, the forces, moments, stresses, and deformations acting on the shaft are determined. The study primarily investigates the strength of the split-cylinder shaft used in cotton processing enterprises and ensures that the torsion angle remains within permissible limits. The research also provides a detailed examination of the static equilibrium process, force distribution, shear forces, and moment diagrams. Material properties of the shaft and its behavior under mechanical conditions are discussed. Additionally, the article emphasizes the importance of both static and dynamic equilibrium in improving the safety and economic efficiency of technological machinery. Practical recommendations for enhancing the construction of split-cylinder shafts are provided, aiming to improve their performance in industrial applications.

Keywords: Split-cylinder shaft, static analysis, torsion angle, elasticity modulus, moment of inertia, shear force, moment diagram, static equilibrium, dynamic equilibrium, technological process, force distribution, safety, engineering design, mechanical systems.

This article examines the static analysis of a split-cylinder shaft and the process of calculating its torsion angle along with its strength. Using static analysis, forces, moments, stresses, and deformations acting on the shaft are determined. The research focuses on calculating the strength of the split-cylinder shaft in initial cotton processing enterprises and ensuring that the torsion angle remains within the permissible limits. The static equilibrium process, the uniform distribution of forces, shear forces, and moment diagrams are analyzed in detail. Additionally, the

article provides information about the material properties of the shaft and its performance under mechanical conditions. The study also highlights the importance of both static and dynamic equilibrium, as well as the necessary measures to improve safety and economic efficiency in technological machinery operations. This article offers practical recommendations for improving the construction of split-cylinder shafts and ensuring their effective performance in industrial sectors. As we know, a saw gin cylinder consists of a toothed saw disk that enters the shaft groove, seals between the saws, washers, and a compression nut. Disadvantages of this design: The large bending of the shaft, which leads to a change in the technological distance and gap between the saws, is the high power required due to the large mass of the saw cylinder, which leads to fiber and seed damage, as well as reduced productivity. Saw groove cylinder performs the inner groove part of the shaft symmetrically threaded on the circular side and the input mass of the outer grooves entering the grooves in the corresponding inner grooves of the shaft leads to a specific equilibrium (no disproportion) with respect to the axis of rotation and leads to increased robustness and reliability in operation. Technological machines are designed for a simplified shaft design, including a saw gin cylinder, to reduce the bending of the shafts of long, heavy and fast rotating bodies, based on which increased fiber output, pollution and power consumption due to adequate maintenance of the technological gap between the saw cylinder and fiber separation beam. The strength of a split-cylinder shaft must be high, and its rigidity is also crucial. In other words, the torsion angle along the length of the shaft must not exceed the permissible torsion angle for the material of the shaft. The split-cylinder shaft is one of the structural components with significant importance in mechanical systems. Its static analysis is applied in various fields, ranging from mechanics to the transportation industry. Static analysis allows evaluating the operating condition of the shaft, how it responds to loads, and its strength or safety under different conditions. We will consider the calculation of the strength of a split-cylinder shaft subjected to evenly distributed forces in initial cotton processing enterprises [1,2,3]. As a result of world scientific and practical research on the technique and technology of ginning raw cotton, a number of scientific results were obtained, including the following: Air separation system of sawdust in the USA and Uzbekistan; MY-171 (China), 4DP-130, 5DP-130, DR-119, DPZ-180 (Uzbekistan), Lummus-super 128, Herdwick-Etter (USA) branded saw gins were created; methods for calculating multi-mass saw cylinders (Kostroma Textile Academy; Institute of Mechanical Engineering, Russia); the laws of motion of vibrating working bodies of technological machines of cotton processing are received (Ivanovo Textile Academy, Russia); the laws of evaporation within the material in the drying of seed cotton by heat are scientifically based (Texas Tech University, USA); developed methods for calculating cotton processing machines (TTESI, JSC "Scientific Center of Cotton Industry", Uzbekistan) were developed. Research is being conducted in a number of priority areas around the world to improve the technology of ginning of medium-fiber varieties of seed cotton. Examples include: improving sawdust to separate fiber from seed cotton in high humidity and pollution; creation of a scientific basis for the process of ginning and aeromechanical separation of fiber from saw teeth; calculation methods to substantiate ginning modes and working parameters, to create a scientific basis for calculating the accelerator and parameters of the raw material roller to ensure maximum output of the seed from the working chamber, to develop and substantiate the parameters of lightweight saw cylinder design with high efficiency; etc.

It consists of saw shaft 1, saw discs 2, saw seals 4, washers 4, right and left clamping nuts 5. One end of the saw shaft is covered with a protective bushing, and the other is attached to the shaft of the armature by means of a half-bracket coupling. A functional washer is installed in the middle of the saw shaft. In the middle of the saw shaft, a functional washer is mounted on both sides of the saw blade. functional washer is mounted in the middle of the saw blade and saw blades are placed on both sides. The diameter of the saw discs is 320 mm, the diameter between them is 162 mm, and calibrated seals are placed, which increase the rigidity of the saws and ensure their precise spacing. The bending of the shaft should not exceed 0.3-0.4 mm and the side impact in rotation should not exceed 0.15 mm, otherwise the position of the saws in the space between the columns

will change, which will lead to damage to the fibers attached to the disc teeth between the columns. In the current design, the rotational speed of the saw shaft is 730 rpm.

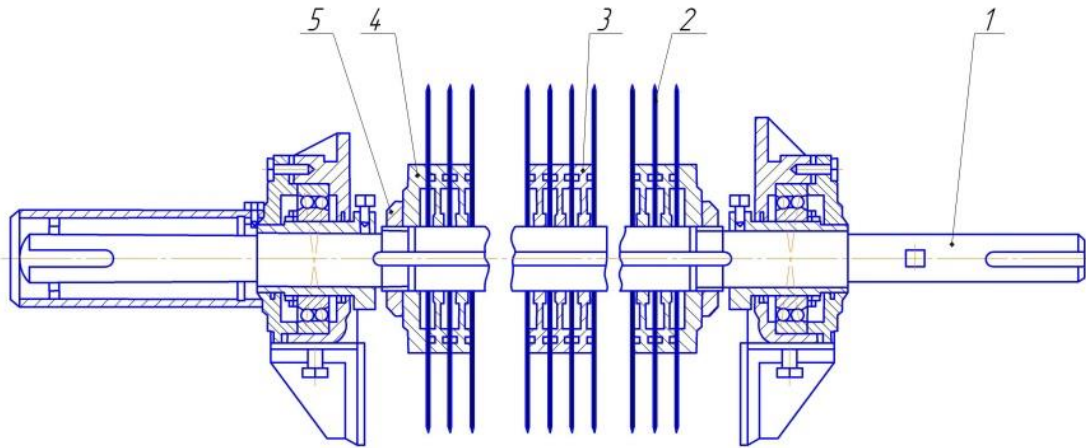


Fig. 1. Saw cylinder.

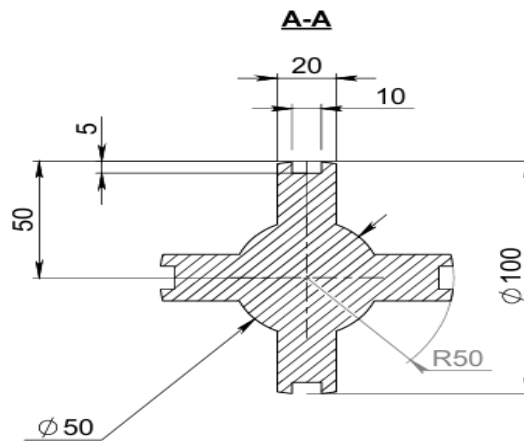


Fig. 2. The diagram of the proposed valve.

$$q = \frac{G_e + G_n + G_{mn}}{l_o}; \text{ N/mm}$$

In this $G_e = m_e \cdot g$; shaft mass, $G_n = m_n \cdot g$; saw mass, $G_{mn} = m_{mn} \cdot g$ sleeve mass

$$m_e = \rho_e \cdot V_e = \rho \cdot \left(\frac{\pi d^2}{4} \cdot l_o \right)$$

$\Delta d = 10 \text{ sm} = 100 \text{ mm}$, $\Delta l = 3 \text{ M} = 300 \text{ sm} = 3000 \text{ mm}$, $\text{Po}^{\text{lat}} - 45$, $\rho = 7,8 \text{ g / sm}^3$,

$l_1 = 39,7 \text{ sm} = 397 \text{ mm}$, $l_2 = 237 \text{ sm} = 2370 \text{ mm}$, $l_3 = 23,3 \text{ sm} = 233 \text{ mm}$

$d_1 = 7 \text{ sm} = 70 \text{ mm}$, $d_2 = 10 \text{ sm} = 100 \text{ mm}$, $d_3 = 7 \text{ sm} = 70 \text{ mm}$;

$$m_{e1} = \rho \cdot \frac{\pi d_1^2}{4} \cdot l_1 = 7,8 \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) \cdot \frac{3,14 \cdot 7^2}{4} \cdot 39,7 = 11911 \text{ gp} \approx 12 \text{ kg}$$

$$m_{e2} = \rho \cdot \frac{\pi d_2^2}{4} \cdot l_2 = 7,8 \left(\frac{\text{g}}{\text{cm}^3} \right) \cdot \frac{3,14 \cdot 10^2}{4} \cdot 237 = 1451151 \text{ gr} \approx 145 \text{ kg}$$

$$m_{e3} = \rho \cdot \frac{\pi d_3^3}{4} \cdot l_3 = 7.8 \left(\frac{e}{cm^3} \right) \cdot \frac{3.14 \cdot 7^2}{4} \cdot 23.3 = 6990.6 gr \approx 7 kg$$

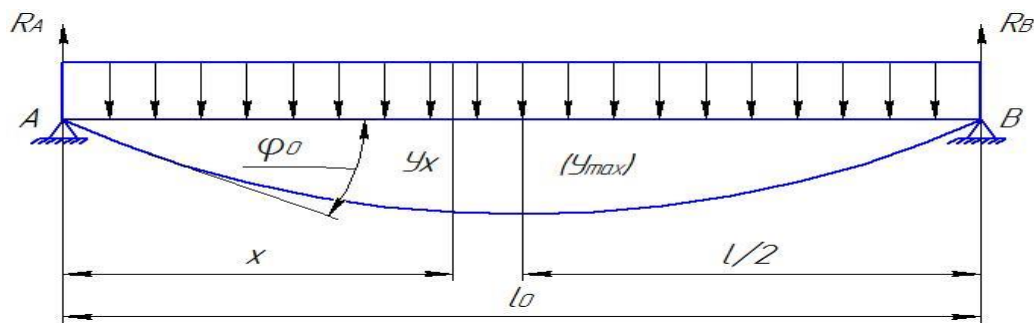
$$\sum m_e = m_{e1} + m_{e2} + m_{e3} = 12 + 145 + 7 = 164 kg$$

The mass of one saw $m_n = 0.57 kg$, in total $m_a \cdot 130 = 0.57 \cdot 130 = 74.1 \approx 74 kg$ sleeve

$$m_q = 0.214 kg, \text{ in total } m_{mn} \cdot 129 = 0.214 \cdot 129 = 27.6 \approx 28 kg$$

$$\frac{P}{l} = q = \frac{g(m_v + m_a + m_q)}{l_o} = \frac{10(164 + 74 + 28)}{3000} = 0.88 \frac{N}{mm} \quad q = 0.88 \frac{N}{mm}; P = 2660 N$$

$$y_{\max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0.88 \cdot (3 \cdot 10^3)^4}{2 \cdot 10^5 \cdot 490.625 \cdot 10^4} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0.88 \cdot 81 \cdot 10^3}{2 \cdot 490.625} = 0.94 mm$$



3-figure. Deflection diagram of the saw cylinder shaft.

We will input the initial parameters.

$$\varphi_o \neq 0, y_o = 0, M_o = 0, Q_o = \frac{q \cdot l}{2} = R_A = R_B; q_o = -q.$$

$$EJY_{\max} = -\frac{5}{384} \cdot ql^4; |y|_{\max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{ql^4}{EJ}$$

$E = 2 \cdot 10^5 H / \text{mm}^2$ - elasticity of steel, $q = 1.08 N / \text{mm}^2$, $l = l_o = 3m = 3000 mm$;

$$J = \frac{\pi d^4}{64} = \frac{3.14 \cdot 10^4}{64} = 490.625 \text{ cm}^4 = 490,625 \cdot 10^4 \text{ mm}^4$$

$$|y|_{\max} = \frac{5}{384} \cdot \frac{0.88 \cdot (3000)^4}{2 \cdot 10^5 \cdot 490.625 \cdot 10^4} = 0.94 mm$$

$$\text{Maximum twisting. } |y|_{\max} = \frac{Pl^3}{48EJ_x}; \theta_A = \theta_B = \frac{Pl^2}{16EJ_x}$$

$$y_{\max} = \frac{2660 \cdot (3 \cdot 10)^3}{48 \cdot 2 \cdot 10^5 \cdot 490.625 \cdot 10^4} = \frac{2660 \cdot 27}{96 \cdot 490.625} = 1.5 mm; y_{\max} = 1.52 mm.$$

$$J_o = \frac{\pi d^4}{64} - \text{moment of inertia of the shaft.}$$

J' - Moment of inertia at the section of the shaft where the saw is applied.

Moment of inertia calculated relative to the longitudinal central axis X_o

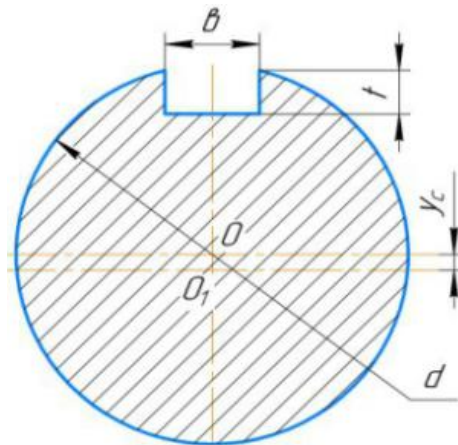
$$\text{Total cross-sectional area of the shaft: } F = \frac{\pi d^2}{4} - b \cdot t$$

y_c – The distance from the central axis to the central axis of the circle;

$$y_c = \frac{S_x}{F}, \text{ in this } S_x - \text{static moment, } S_x = -(bt) \cdot \frac{t}{2} = -\frac{bt^2}{2}; y_c = -\frac{\frac{bt^2}{2}}{\frac{\pi d^2}{4} - bt} = -\frac{bt^2}{2\left(\frac{\pi d^2}{4} - bt\right)}$$

We calculate the transition to parallel axes using the formula x_0 for the moment of inertia relative to the central axis x_0

$$J_x = \left(\frac{\pi d^4}{64} + \frac{\pi d^2}{4} \cdot y_c^2 \right) - \left(\frac{bt^3}{12} + bt \left(\frac{d-t}{2} + y_c \right) \right) \cdot n$$



4-figure. Cross-sectional condition of the shaft.

This is the moment of inertia for the given section (J). Additionally, we will verify it within the static analysis of the beam for the shaft under investigation. We input the known parameters. For a shaft with a fully intact primary cross-sectional area, $I=3\text{m}$ and $q=1,08\text{kN/m}$. Forces are analyzed as an example of distributed load.

We determine the reaction forces acting on it and formulate the static equilibrium equations.

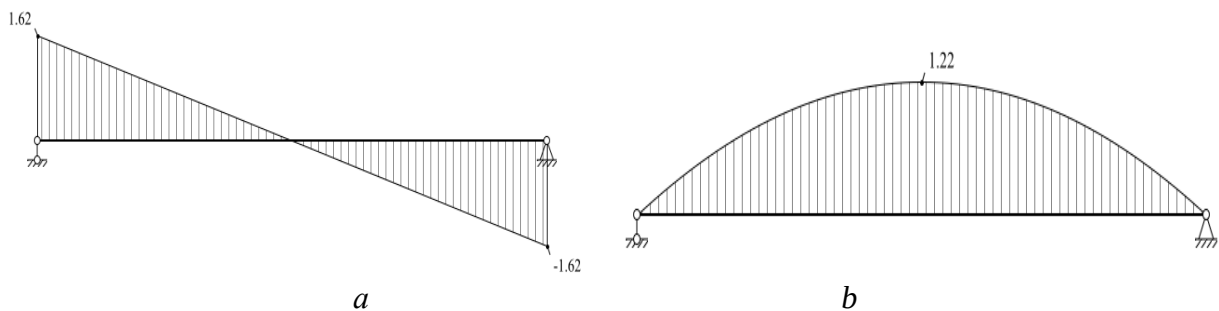
$$\sum F_y = -q \cdot 3\text{m} + Y_A + Y_B = 0;$$

$$\sum M_B = q \cdot 3\text{m} \cdot 1.5\text{m} - Y_A \cdot 3\text{m} = 0.$$

Solving the static equations (2.1) provides the following reaction values

$$Y_a = 1.62 \text{ kN}; Y_b = 1.62 \text{ kN}.$$

Based on the results obtained above, we construct the shear force diagram



5-figure. a) Shear force diagram, b) bending moment diagram.

In the general case, the following condition must be satisfied ($0 \leq z_1 \leq 3\text{m}$), $Q_y = Y_A - q \cdot z_1$;

$$z_1 = 0; Q_y = 1.62\text{kN}, z_1 = 3\text{m}; Q_y = -1.62 \text{ kN}.$$

$M_x = Y_A \cdot z_1 - q \cdot z_1^2/2$; In this $z_1 = 0$; $M_x = 0$. $z_1 = 1.5\text{m}$; $M_x = 1.215 \text{ kN} \cdot \text{m}$. $z_1 = 3\text{m}$; $M_x = 0$.

For the shaft with a cross-sectional area having an internal cavity that, we propose.

$$l = 3\text{m}, q = 0.88 \text{ kN/m}$$

We formulate the static equilibrium equations.

$$\sum F_y = -q \cdot 3\text{m} + Y_A + Y_B = 0; \sum M_B = q \cdot 3\text{m} \cdot 1.5\text{m} - Y_A \cdot 3\text{m} = 0.$$

Solving the static equations gives the following reaction values

$$Y_A = 1.32 \text{ kN}; Y_B = 1.32 \text{ kN}.$$

In the general case, the following condition must be satisfied, that is

$$(0 \leq z_1 \leq 3\text{m}), Q_y = Y_A - q \cdot z_1; z_1 = 0; Q_y = 1.32\text{kN}, z_1 = 3\text{m}; Q_y = -1.32\text{kN}, M_x = Y_A \cdot z_1 - q \cdot z_1^2/2;$$

In this: $z_1 = 0$; $M_x = 0$. $z_1 = 1.5\text{m}$; $M_x = 0.99\text{kN} \cdot \text{m}$. $z_1 = 3\text{m}$; $M_x = 0$.

"The results obtained from the shaft's analysis as a beam show that the proposed grooved shaft is resistant to the forces acting on it and has the potential to operate under the forces in the technological process.

The materials and dimensions of the shaft, spacer rings, and half-coupling, as well as the dimensions of the shaft's thread, were studied. This allowed the determination of the modulus of elasticity, the moment of inertia of the section, the inertia of rotation, mass, and the pitch of the nut's rotation during one revolution. The balancing process of shafts in technological machines, especially the grooved shaft, ensures that they operate as required in technological processes. A lack of balance can lead to negative consequences, such as in the case of the jin machine [4]. Therefore, in our study, we examine both static and dynamic balancing. Typically, rotating parts, even if balanced in their design, may experience imbalances in practice due to uncertainties in manufacturing processes (such as casting, turning) or the non-homogeneity of materials (such as voids in castings), which can cause the center of mass to shift from the rotational axis. This results in inertia moments not being zero, and the rotational axis may not coincide with the main axis of inertia, indicating imbalance. Such imbalances must be eliminated by artificial means, a process known as balancing. There are two types of balancing: static and dynamic[5].

The purpose of static balancing is to bring the center of mass to the axis of rotation, meaning the rotational axis is brought back to the central axis of inertia. In this case, no centrifugal force arises during the rotation of the shaft, but a pair of inertia forces dependent on the magnitude of the centrifugal inertia moments may remain. If the shaft is not excessively long, the value of this pair of inertia forces will be small, and thus, static balancing alone can be sufficient. For shafts and rotors with high rotational speeds, dynamic balancing is necessary. Its goal is to return the rotational axis to the central inertia axis, ensuring that no centrifugal forces arise during the rotation and that no inertia forces dependent on the centrifugal moments of the masses occur. When the center of mass shifts from the axis of rotation, variable resistance to rotation can be observed, affecting the linkage to the shaft and potentially causing several malfunctions. Thus, static balancing of shafts becomes necessary [5].

References

- [1]. G.I. Miroshnichenko. Fundamentals of designing machines for cottonprocessing. "Mashinostroeniye", M. 1972, pp. 235-237.
- [2]. A. Dzhuraev, S. Yunusov, I. Shin, A. Mirzaumidov. Saw cylinder of the gin. Patent IAP06087., Bulletin No. 12, 2019.
- [3]. A. Dzhuraev, S. Yunusov, A. Mirzaumidov, M. Khudaibergenova. Saw cylinder of the gin. Patent IAP06325., Bulletin No. 12, 2020.
- [4]. A.Djurayev, S.Yunusov, A.Mirzaumidov / «Development of an effective design and calculation for the bending of a gin saw cylinder» / International Journal of Advanced Science and Technology, vol.29.№4, (2020), ISSN: 2005-4238, pp. 1371-1390.
- [5]. I.A. Birger and others. Calculation of strength of machine parts: Handbook 4thed., M.: Mashinostroyeniye, 1993. - 640 p.

PNEVMOTRANSPORT QUVURNING TAKOMILLASHTIRILGAN EGRILIK
BURCHAGINI SINOVDAN O'TKAZISH

E.T. Muxametshina

Jizzax politexnika instituti,
+998 (88) 522-39-99, mukhammadiyeva94@mail.ru
(Qabul qilindi 24.01.2025 y.)

Annotatsiya. Ushbu maqolada pnevmotashish qurilmasida paxta xomashyosini tashishda qo'llanib kelayotgan quvurlarning egrilik burchagida olib borilgan ilmiy tadqiqotlar ishlari tahlili keltirilgan. Bundan tashqari, olib borilgan nazariy tadqiqotlar asosida takomillashgan pnevmoquvur chig'anog'i ishlab chiqarish sharoitida sinovdan o'tkazilib, natijalar keltirilgan.

Tayanch so'zlar: Paxta tozalash korxonalari, pnevmotransport tizimi, egrilik burchagi, chigit shikastlanish, tola shikastlanish, takomillashgan quvur.

Аннотация. В данной статье представлен анализ научных исследований, проведенных по изучению углу кривизны труб, используемых при транспортировке хлопка-сырца в пневмотранспортном устройстве. Кроме того, на основе теоретических исследований на усовершенствованном отводе пневмоотвода были произведены испытательные работы в производственных условиях и представлены результаты.

Ключевые слова: Хлопкоочистительные предприятия, пневмотранспортная система, угол отвода, повреждение семян, повреждение волокон, усовершенствованный трубопровод.

Abstract. This article presents an analysis of scientific research conducted to study the angle of curvature of pipes used in the transportation of raw cotton in a pneumatic conveying device. In addition, based on theoretical research, test work was carried out on an improved pneumatic conveying branch under production conditions and the results were presented.

Keywords: Cotton ginning plants, pneumatic conveying system, branch angle, seed damage, fiber damage, improved pipeline.

Kirish. Hozirgi davrda paxtani qayta ishlash korxonalarida paxtani ishlovchi jihoz va mashinalarga omborlardan yetkazib berishda pnevmotransport tizimidan keng foydalaniladi. Pnevмотransport tizimida joylashgan jihoz hamda mashinalarni bir-biriga bog'lashda va oqim liniyasini tashkil etishda pnevmoquvurlar o'ziga xos ahamiyat kasb etadi. Pnevmoquvurlar sodda shaklda bo'lib qalinligi 2-3 mmli po'lat listlardan uzunligi 4000 mm va diametri 350-400 mm. qilib tayyorlanadi. Pnevmoquvurlarni egilgan va burilgan joylari chig'anoq deb atalib, u oqim yo'nalishini 45°, 60° va 90° burchakka o'zgartirishga xizmat qiladi [1].

Chigit hamda paxtani havo yordamida harakatlantirganda chigit shikastlanishiga ta'siri X.A.Ziyayev tomonidan o'rganilgan. Paxta quvurlarda harakat qilganda, chigit shikastlanishini kamaytirish uchun, zarralarning quvurni tashqi devoriga urilish burchagini taxminiy qiymatini quyidagi formula bo'yicha aniqlash taklif etiladi:

$$\alpha = \arccos \frac{V_{kp}}{V_m}$$

bu yerda:

α - paxta zarrasining quvur tashqi devoriga urilish burchagi;

V_{kp} - shikastlanishdagi kritik tezlik, metall yuzaga to'g'ri urilish sharoitida 15,5 m/s ga teng;

V_m - chigit hamda paxta zarralarining harakatlanish tezligi.

Tadqiqotchi X.A.Ziyayev tomonidan chigitlarni shikastlanishi pnevmotashish qurilmasining tarmoqlari radiusiga bog'liqligi aniqlangan va bir tarmoq 3D ga teng bo'lgan radiusli quvurda pnevmotashishda, shikastlanish darajasi paxtani tashishda 3% ga, chigitlarni tashishda esa 10% ga teng bo'lishi aniqlangan.

Quvur egrilik radiusini paxtaning quvur tashqi devoriga urilish burchagi qiymatiga bog'liqligidan kelib chiqib, uning egilgan qismlarida o'rtacha egrilik radiusi 3D dan kam bo'lmasligi tavsiya etiladi. U holda, havo oqimining 28,4 m/s tezligigacha chigitlarning mexanik shikastlanishining sezirarli ko'payishi kuzatilmoqda. "Paxta tozalash IIchB" OA jamiyatida pnevмотransport ta'sirida tolada nuqsonlar hosil bo'lishi va chigit shikastlanishiga ta'sirini o'rganishga qaratilgan bir qator tadqiqotlar o'tkazildi [2].

Yangi materialni qo'llash tufayli paxtaning egilgan yuzasiga zarb bilan urilishi kamayadi. Natijada paxta chigitining shikastlanishini kamayishiga erishildi.

Pnevmoquvur chig'anoqlarini tahlil qilish shuni ko'rsatadiki, paxtani havo oqimida tashish jarayonida quvurning egilgan joylarida shikastlanish ro'y berib, uning shikastlanish darajasi 1,8-2,5% ni tashkil qilishi mumkin. Biz taklif etayotgan pnevmoquvur chig'anoqlarida paxtaning shikastlanish darajasi 1,2% gacha kamayganligi yuz berdi [3].

Pnevmoquvur chig'anoqlarning egilgan joylaridagi materialni takomillashtirish asosan quyidagi yo'nalishda amalga oshirildi pnevmoquvur chig'anoq materialni o'zgartirish yo'li bilan havo oqimi yordamida tashilayotgan paxta xomashyosini pnevmoquvur egilgan burchaklariga urilayotgan paxtani shikastlanish darajasini kamaytirib, uni tabiiy xususiyatlarini saqlash. Ushbu yo'nalishda paxta bo'lakchalari pnevmoquvur markazida havo aralashmasi bilan yuqori tezlikda harakatlanib, quvurning egilgan joylarida zarb bilan uriladi, natijada esa paxta chigiti shikastlanadi. Buning uchun paxta xomashyosini yuqori tezlik bilan yuzaga urilishida zarba kuchini kamaytiruvchi yangi materialdan foydalanish maqsadga muvofiqdir.

1-rasmda takomillashtirilgan pnevmoquvur chig'anog'ining ishlab chiqarishda yaratilgan nusxasi keltirilgan. Ushbu pnevmoquvur chig'anog'i "Namangan To'qimachi cluster" MCHJ ga qarashli "To'raqo'rg'on paxta tozalash" korxonasida sinovdan o'tdi. Sinovdan asosiy maqsad paxtani havo oqimida tashish jarayonida quvurning egilgan joylarida shikastlanish ro'y berishi natijasida shikastlanish darajasi kamaytirishdan iboratdir. Ya'ni pnevmoquvur chig'anog'ini alohida eksperimental modeli tayyorlanib, uning asosida sinov natijalari olindi.

Ilmiy tadqiqot ishining sinov ishlari yangi polietilen quvur chig'anog'ini o'rnatilgan pnevмотransport tizimiga o'rnatilgan holda olib borildi va natijalar olindi. Dastlabki sinovlar jarayonida yangi quvur chig'anoqlari ishlashi mobaynida jarayonlarda hech qanday to'xtalishlar va uzilishlar bo'lmadi, har bir tajriba vaqtida 4800 tonna ish unumdorligi bilan ishladi, quvurda tiqilishlar sodir bo'lmadi shuningdek ish jarayoni to'xtab qolmagan amalga oshirildi.

Pnevmoquvur chig'anoqlarini ishlab chiqarish sharoitida sinash, ishlab chiqilgan metodika asosida amalga oshirildi. Tajriba sinov ishlari Buxoro-102 seleksiyasi II navi 2 sinf paxta xomashyosida, iflosligi 12-16% gacha, 10-14% namlikda havo oqimining tezligi 22-26 m/sek tezlikda olib borildi.

Yangi polietilen pnevmoquvur chig'anog'ining texnik tavsifi

(1 - jadval)

№	Ko'rsatkichning nomi	O'lchov birligi	Miqdori
1.	Polietilen pnevmoquvurning ish unumdorligi, gacha	kg/soat	15000
2.	Gabarit o'lchamlari:		
	Uzunligi	mm	1000 ± 15
	Diametri	mm	400 ± 5
	Qalinligi	mm	10 ± 0,2
	Massasi	kg	58 ± 0,5
4.	Tarkibi:		
	Polietilen	%	97,5
	Erukamid	%	2,5
5.	G'adir-budurligi		



1-rasm. Pnevmoquvur chigʻanogʻi.

Yangi polietilen pnevmoquvur chigʻanogʻi paxtani tashishda havo oqimida paxta chigitining shikastlanish sezilarli darajada kamayishi kuzatildi. Yangi polietilen pnevmoquvur chigʻanogʻining texnik tavsifi 1 - jadvalda berilgan.

Olingan natijalar sinov natijalarining oʻrtacha qiymati hisoblanadi. Sinov natijalari mazkur ilmiy tadqiqot ishida amalga oshirilgan nazariy va eksperimental tadqiqotlar natijalarini toʻgʻriligini koʻrsatadi. Pnevmoquvur chigʻanogʻining unumdorligi maksimal 15000 kg/soatni tashkil qilsa, uning oʻrtacha unumdorligi 12000 kg/soatni tashkil qildi. Polietilen pnevmoquvur chigʻanogʻida zarba kuchlari kamayib, chigitlarning mexanik shikastlanish darajasi sezilarli darajada kamayishini koʻrish mumkin.

Ishlab chiqarish sharoitida oʻrnatilgan polietilen pnevmoquvur chigʻanogʻining sinov natijalari

(2-jadval)

№	Koʻrsatkichlar nomi	Oʻlchov birligi	Variantlar	
			Bazaviy	Yangi
1	Korxonadagi quvurlarning buralish qismlari (chigʻanoqlar)	Dona	5	5
2	Pnevmotransport unumdorligi (oʻrtacha)	kg/mash.-soat	15000	15000
3	Paxta tozalash korxonasining ishlab chiqarish ish vaqti (3 smena, xaftasiga 40 soat, $\Phi BK=0,96$)	Soat	2180	2180
4	Talab koeffitsienti	-	0,7	0,7
5	Yillik tola chiqishi	Tonna	4800	4800
7	Chigʻanoq massasi	Kg	27	18
8	Narxi	ming soʻm	1 900	2 300
9	Chigʻanoqda chigit shikastlanish miqdori	%	3,8	2,1
10	Chigʻanoqda chigit shikastlanishi natijasida toladagi nuqson va iflos aralashmalar miqdori	%	2,2	2,0

2-jadvalda ishlab chiqarishga oʻrnatilgan sinov natijalari keltirilgan.

Taklif qilingan polietilen pnevmoquvur chigʻanogʻida sinov tajribalar oʻtkazilgan holda, texnologik jarayonda tolada va chigitda nuqsonlarning chiqishi kamaydi va gʻaramdan, mavjud poʻlat quvur chigʻanogʻidan hamda taklif qilingan polietilen pnevmoquvur chigʻanogʻidan soʻng chigit va tolalardan namunalar olinib, paxtani chigitidan ajratib, oʻtkazilgan tadqiqot natijalarini 3-jadvalda keltirilgan.

Tajribalar xalqaro universal paxta tolasi standarti boʻyicha tola sifat koʻrsatkichlarini aniqlash uchun moʻljallangan HVI 900 SA instrumental laboratoriya tizimida Buxoro-102 seleksiya navidagi tolalarda HVI 900 SA instrumental laboratoriya tizimidagi atama va sifat koʻrsatkichlari xalqaro universal paxta standarti asosida berilmoqda.

Tajriba oʻtkazish uchun polietilen pnevmoquvur chigʻanogʻi “Namangan Toʻqimachi cluster” MCHJ ga qarashli “Toʻraqoʻrgʻon paxta tozalash” korxonasidagi paxtani ishlab chiqarish jarayoniga uzatib berishda qoʻllaniladigan pnevmotransport tizimiga oʻrnatildi va tajribalar oʻtkazildi. Tajribalar belgilangan talablar asosida oʻtkazildi. Pnevmotransport tizimida joylashgan har bir burilish qismlarga yaʼni chigʻanoqlarga oʻrnatilib tajribalar oʻtkazildi.

Tajriba o'tkazish jarayonida birinchi navbatda paxtani g'aramdan boshlab texnologik jarayonlarga uzatilishida pnevmotransport tizimida va undan keyingi texnologik jarayonlarda polietilen pnevmoquvur chig'anog'i o'rnatilgan holda tajriba sinov ishlari o'tkazildi [4].

Namangan viloyatidagi "Namangan To'qimachi cluster" MCHJ ga qarashli "To'raqo'rg'on paxta tozalash" korxonalarida Buxoro-102 seleksiya navli hamda paxtani ishlab chiqarishdagi texnologik jarayonlarga etkazib berishda qo'llaniladigan pnevmotransportda tashish jarayonida pnevmoquvur chig'anog'i orqali harakatlanganda olingan namunalar keltirildi [5].

Buxoro-102 ikkinchi navli paxta tolasini tajribadan olingan ma'lumotlar

(3-jadval)

№	Tolaning sifat ko'rsatkichlari	G'aramdan olingan paxta	Tosh tutkichdan keyin	Separatordan keyin	Quritish barabanidan	UXK 1 agregatidan keyin	UXK 2 agregatidan keyin	Jinga kirish
1	Mic – Mikroneyr	4.5	4.6	4.6	4.4	4.2	4.2	4.1
2	Str - Solishtirma uzilish kuchi, gs/teks	33.3	33.8	33.9	34.8	34.1	34.1	32.4
3	Len – Uzunlik, dyuym	1.13	1.15	1.18	1.19	1.18	1.14	1.14
4	Unf - Uzunlik bo'yicha bir xillik indeksi, %	86.3	86.9	86.4	87.5	87.3	66.3	84.6
5	SFI - Kalta tolalar indeksi, %	4.1	3.5	4.5	3.7	3.8	4.7	3.9
6	Elg - Uzilishdagi uzayish, %	8.2	8.5	8.2	8.2	7.8	8,6	8.4
7	Cnt - Iflos aralashmalar miqdori	50	77	58	70	65	89	69
8	Area – ifloslik maydoni, %	3.0	4.5	4.4	5.0	4.0	4.8	4.6
9	CG – Rangi bo'yicha navi	51-4	51-4	41-4	51-4	51-4	52-2	51-4
10	Kv - Nur qaytarish koeffitsienti, % (rang bo'yicha navini aniqlash uchun foydalaniladi)	66.2	65.8	69.6	67.0	65.3	64.6	66.2
11	+b – Tola sarg'ishlilik darajasi (rangi bo'yicha navini aniqlash uchun foydalaniladi)	8.3	8.5	8.7	7.8	7.9	8.5	8.4

Yuqorida keltirilgan jadvaldan ko'rinib turibiki, 3- jadvalda HVI-900 o'lchov tizimida paxta tolasining sifat ko'rsatkichlari g'aramdan boshlab har bitta texnologik jarayondan paxta namunalari olinib, uning sifat ko'rsatkichlarini o'rganildi.

Jadvaldan ko'rinib turibdiki, paxtani g'aramlash jarayonida bosim kuchi ta'sirida tolaning solishtirma uzilish kuchi, yuqori o'rtacha uzunligi, uzilishdagi uzayishi kamayib, kalta tolalar indeksi, iflos aralashmalar soni, rang turg'unlik darajasi indeksi, nur qaytarish koeffitsienti va sarg'ishlik darajasi ortib ketishligi aniqlandi [6].

HVI-900 o'lchov tizimida paxta tolasining sifat ko'rsatkilari o'rganilganda, paxta tolasining quyidagi ko'rsatkichlari aniqlandi: tolaning mikroneyr ko'rsatkichi, solishtirma uzilish kuchi, uzunlik, uzunlik bo'yicha bir xillik indeksi, kalta tolalar indeksi, uzilishdagi uzayish, iflos aralashmalar miqdori, ifloslik maydoni, rangi bo'yicha navi, nur qaytarish koeffitsienti, tola sarg'ishlilik darajasi [7].

Xulosa. Namuna uchun olingan tolalarni shikastlanishiga ta'sirini o'rganish uchun raqamli elektron mikroskop yordamida tola tuzilishini tahlil qilish uchun tadqiqotlar o'tkazildi. Bu mikroskop tolalar tuzilishini o'rganish va tahlil qilish imkonini beradi. Mikroskop yordamida ko'rilgan tahlil natijalarini kompyuterga uzatib beradi, turli xil grafik tasvirlar va elektron jadvalning statistik ma'lumotlarini keyinga qayta ishlash va tahlil qilish uchun natijalarni to'g'ridan to'g'ri "Excel" dasturga kiritish imkonini beradi.

Adabiyotlar

- [1]. Mukhametshina E.T., Abbazov I.Z., Muradov R.M. Analysis of the degree of damage of seeds in the technological process of cotton processing. Electronic journal of actual problems of modern science, education and training. June, 2020-III. ISSN 2181-9750. Modern problems of technical sciences <http://khorezmscience.uz>.
- [2]. Зияев Х.А. Влияние направления удара на критическую скорость разрушения семян хлопка — сырца: Илмий маколалар туплами- Тошкент, Уз Р.ФА, 1965.-№4.-С Л 4-17.
- [3]. А.Бурханов, "Совершенствование рабочих элементов пневмотранспортной системы с целью сохранения природных свойств семян перерабатываемого хлопка", диссертация к.т.н. Ташкент 1987-159 с.
- [4]. Мухаметшина Е.Т. Pnevmoquvurning chig'anoq qismidagi materialini, geometrik shakli va parametrlarini asoslash tex.fan. bo'yicha falsafa doktori PhD dis. – Namangan: NamMTI, 2024. – 118 b.
- [5]. Мухаметшина Э.Т., Мурадов Р. М. Анализ исследования по совершенствованию элементов пневмотранспортных установок в целях снижения поврежденности хлопковых семян/ Universum: технические науки №6 (75) 25 июня 2020 г.
- [6]. Шодиев З.О. О движении массы хлопкового сырца в рабочем органе пневмотранспорта //Проблемы интенсификаций интеграции наука и производства: Сборник трудов Международной научно-практической конференции. –Бухоро, Бух ТИП и ЛП, 2006.-С.427.
- [7]. Первичная обработка хлопка-сырца. Учебное пособие / Под общей ред. Зикриёева Э.З.- Ташкент: Мехнат, 1999. –398 с.

**BRIKET ISHLAB CHIQARISHDA KO'MIR GRANULOMETRIK TARKIBINING
MEXANIK MUSTAHKAMLIKKA TA'SIRI TAHLILI**

A.A. Hakimov, A.S. Isomidinov

*Farg'ona politexnika instituti,
(Qabul qilindi 24.01.2025 y.)*

Annotatsiya: Ushbu maqolada Angren ko'mir konlaridan qazib olinayotgan qo'ng'ir ko'mirning granulometrik tarkibi tahlil qilingan. Tahlil natijalari asosida ko'mir mayda bo'laklarini briketlash jarayoni uchun maqbul parametrlar tavsiya etilgan.

Tadqiqotlarda aniqlanishicha, zarracha kattaligi 2,5-5,0 mm bo'lgan ko'mir donalaridan tashkil topgan kompozitsiyalarning mustahkamligi bir xil briketlash parametrlariga ega bo'lgan o'lchami 0-1,25 mm gacha bo'lgan ko'mirdan olingan briketlarning mustahkamligiga nisbatan taxminan 3 baravar past bo'lar ekan.

Tayanch so'zlar: qo'ng'ir ko'mir, granulometrik tarkib, antratsit, mustahkamlik, Standart ST SEV, ACZET CY-60K, geometrik o'lcham.

Аннотация: В статье анализируется гранулометрический состав бурого угля, добываемого на Ангренском угольном месторождении. На основании результатов анализа рекомендованы оптимальные параметры процесса брикетирования угольных брикетов.

Исследования показали, что прочность композитов из угольных частиц с размером частиц 2,5-5,0 мм выше, чем у брикетов из угля с размером частиц 0-1,25 мм при тех же параметрах брикетирования. Она составит около 3 раз ниже первоначальной прочности.

Ключевые слова: бурый уголь, гранулометрический состав, антрацит, прочность, Стандарт СТ СЭВ, ACZET CY-60K, геометрический размер.

Abstract: This article analyzes the granulometric composition of brown coal mined from the Angren coal fields. Based on the analysis results, optimal parameters for the briquetting process of coal particles are recommended.

Studies have shown that the strength of composites consisting of coal particles with a particle size of 2.5-5.0 mm is approximately 3 times lower than the strength of briquettes obtained from coal with a particle size of 0-1.25 mm with the same briquetting parameters.

Keywords: brown coal, granulometric composition, anthracite, strength, Standard ST SEV, ACZET CY-60K, geometric size.

Kirish: Ko‘mir maydalarining granulometrik tarkibi briketlar tayyorlash va uning bog‘lovchilarini tanlashda asosiy ko‘rsatkich hisoblanadi. Angren ko‘mirlarida bu ko‘rsatkichlar, asosan, o‘rtacha (50-60%) foizlarda aniqlangan, bu esa bog‘lovchi moddalarni ortiqcha sarflamay turib, briket olish jarayonini amalga oshirishni qiyinlashtirgan. Shularni inobatga olib, biz Angren karerining turli joylaridan tanlab olingan ko‘mir maydalarining granulometrik tarkibini tahlil qildik.

Tadqiqot metodikasi:

Gronulometrik tarkibni aniqlashda GOST-2093-82 [1,2] foydalanildi. Ushbu standart antratsit, tosh ko‘mir va qo‘ng‘ir ko‘mir, yonuvchi slaneslar va boshqa turdagi qattiq yoqilg‘ilarga ta’luqli bo‘lib, yoqilg‘ining granulometrik tarkibini aniqlash usulini belgilaydi. Ushbu standart o‘lchami 0,063 mm dan kichik bo‘lgan yoqilg‘iga nisbatan qo‘llanilmaydi.

Usul yoqilg‘ini elaklarda elash va yiriklik sinflarining chiqishini aniqlashdan iborat. Standart ST SEV 2614-80 ga to‘liq mos keladi. Namunalar olish - GOST 10742-71 [1] bo‘yicha amalga oshirildi. Namunaning minimal massasi (m) kilogrammlarda quyidagi formula bo‘yicha hisoblandi:

-maksimal bo‘lak o‘lchami 120 mm va undan kam bo‘lganda, %;

$$m = 0,06D \quad (1)$$

-maksimal bo‘lak o‘lchami 120 mm dan ortiq bo‘lganda, %;

$$m = 7,2 \left(\frac{D}{120} \right)^3 \quad (2)$$

bunda D - yoqilg‘ining maksimal bo‘lagi o‘lchami, mm.

Tadqiqot natijalari:

Laboratoriya tahlili quyidagi ketma-ketlikda o‘tkazildi. Dastlab Angren ko‘mir konlaridan olingan 50 kg ko‘mir mayda bo‘laklarining ajralishiga to‘sqinlik qiladigan namlik elashdan oldin PM-8 markali mufelniy pechda $105 \pm 5^\circ\text{C}$ xarorat ostida yoqilg‘i zarrachalari bir-biridan ko‘z bilan ko‘rinadigan darajada ajralgunga qadar quritiladi. Quritilgan yoqilg‘i namunasi elashdan oldin xona haroratigacha sovitiladi. Undan so‘ng $0,1 \div 3$ mm gacha bo‘lgan 7 bosqichli elakdan o‘tkazildi va xar bir elakdan olingan na‘munalar ACZET CY-60K (O‘lchash oralig‘i $0,001 \div 50$ kg va o‘lchash hatoligi 0,01 g) elektron torozida o‘lchab olindi hamda foizlar hisobida alohida-alohida ajratib olindi. Tahlil natijalari 1- jadvalda keltirilgan [6].

1- jadval

Angren koni ko‘mir maydalarining granulometrik tarkibi

Namunalar nomi, %	Granulalarning o‘lchami, mm							Jami, %
	+ 3	2-3	1-2	0, 5-1	0, 2-0, 5	0, 1-0, 2	0,1	
1	33, 99	6, 51	18, 13	16, 2	13, 08	4, 12	7, 97	100
2	60, 61	3, 85	12, 47	8, 29	6, 76	2, 25	5, 77	100
3	60, 07	3, 88	10, 77	9, 83	8, 91	3, 11	3, 43	100
4	65, 0	4, 27	9, 58	8, 33	8, 38	2, 19	2, 25	100
5	71, 97	5, 06	7, 96	7, 13	4, 93	1, 42	1, 53	100
6	43, 0	6, 15	10, 52	16, 2	12, 91	4, 12	7, 1	100
7	62, 30	4, 22	13, 10	6, 29	5, 22	3, 10	5, 77	100
8	42, 6	3, 88	14, 37	9, 83	15, 65	7, 17	6, 5	100
9	63, 99	5, 26	10, 1	8, 12	7, 24	2, 03	3, 26	100
10	69, 0	7, 2	6, 88	7, 13	3, 15	2, 34	4, 3	100

1- Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, karerdagi namuna olish joyiga qarab, ko‘mir maydalarining granulometrik tarkibi sezilarli darajada o‘zgaradi, bu bog‘lovchi va qo‘shimchalar sarfini sozlashni talab qiladi. Shu bilan birga, ko‘mir briketi olishning texnologik rejimlarida o‘zgarishlar bo‘lishini ko‘rsatadi.

Angren konidan olingan ko‘mir maydalarining granulometrik tarkibini tahlil qilish va o‘rganishda, ko‘mir changining miqdori (0,2 mm dan kichik) o‘rtacha 8% ekanligi aniqlandi va bu ko‘rsatkich oralig‘ida 3 dan 14% gachani tashkil etadi, bu ularni briketlash zarurligini ko‘rsatadi.

Ma‘lumki, ko‘mirning texnologik ko‘rsatkichlarini hisobga olib, hosil bo‘lgan ko‘mir briketlarining sifati va mexanik mustahkamligini tartibga solish briketlashning muhim parametrlari hisoblanadi. Shuning uchun biz Angren koni qo‘ng‘ir ko‘mirining asosiy fizikaviy va kimyoviy ko‘rsatkichlarini o‘rganib chiqdik, ular 2- jadvalda keltirilgan.

2- jadval

Angren koni qo‘ng‘ir ko‘mirining asosiy fizika-kimyoviy xarakteristikalar

Ko‘rsatkichlar va birliklarning nomi.	Tahlilga olingan na‘munalar									
	1-namuna olish punkti, 1-namuna	1-namuna olish punkti, 2-namuna	1-namuna olish punkti, 3-namuna	2-namuna olish punkti	3-namuna olish punkti	2-Qatlam	3-Qatlam	1-Ko‘mir omboridan namuna,	2-Ko‘mir omboridan namuna,	3-Ko‘mir omboridan namuna,
W^a , %	29, 61	26, 02	35, 78	25, 74	21, 25	22, 25	17, 78	22, 01	19, 74	23, 09
V^a , %	27, 62	26, 63	25, 59	26, 14	22, 1	35, 93	31, 01	33, 68	34, 81	30, 18
A^a , %	16, 99	19, 92	8, 37	25, 75	35, 26	11, 06	24, 6	11, 65	12, 14	10, 13
S_{obm} , %	0, 41	0, 66	0, 42	0, 26	0, 23	0, 39	0, 35	0, 31	0, 32	0, 39
N , %	0, 35	0, 25	0, 43	0, 57	0, 15	0, 65	0, 31	0, 46	0, 54	0, 64
Q^a_s , KJ/kg	24, 25	22, 49	25, 13	22, 28	20, 81	24, 29	22, 41	24, 05	23, 65	24, 51

¹Eslatma: W^a , V^a , A^a - namlik, moddalar unumi va analitik holati bo‘yicha kul miqdori, S_{obm} , N - oltingugurt va azot miqdori, Q^a_s - yalpi issiqlik qiymati

2 - Jadvaldan ko‘rinib turibdiki, saqlanadigan ko‘mirning namligi kar‘ernikiga qaraganda ancha past. Zaxirada saqlanayotgan ko‘mirdagi uchuvchi moddalarning unumi kar‘erga qaraganda yuqori. Ombordan olingan ko‘mir namunalarining kul miqdori kar‘erga qaraganda kamroq bo‘ladi. Bundan tashqari, saqlangan va kar‘erdagi ko‘mir namunalarining tarkibidagi oltingugurt va azot miqdori deyarli bir-biriga yaqin. Xuddi shu holatni Angren qo‘ng‘ir ko‘mirining issiqlik qiymatida ham ifodalash mumkin.

Ma‘lumki, ko‘mirning [3,4,5] granulometrik tarkibi va turli o‘lchamdagi donalarning taqsimlanishi uning maksimal siqilish qobiliyatiga mos kelishi kerak, bu esa bog‘lovchi va donalar orasidagi aloqalarning eng katta mustahkamligini hamda briketlarning yuqori mustahkamligini ta‘minlaydi. Shuning uchun optimal massa og‘irligi uchun har xil o‘lchamdagi zarrachalarning aralashmalarini tanlash prinsipi donalarning eng zich preslash nazariyasiga asoslanadi. Noto‘g‘ri tanlangan elak yoki jarayonga bo‘lgan e‘tiborsizlik ko‘mir donalari orasidagi bo‘shliqni bog‘lovchi yoki uning mayda ko‘mir donalarining aralashmasi to‘ldirishni talab etadi, ko‘mir donalari orasidagi zarur bog‘lanish buziladi, bu esa kerakli quvvatdagi briketlarni olish imkonini yo‘qotadi. Ko‘mirning granulometrik tarkibini aniqlab, shundan so‘ng olingan briketlarning mexanik xususiyatlariga ta‘sirini o‘rganish bo‘yicha dastlabki tadqiqotlar shuni ko‘rsatdiki, bosimning oshishi, ayniqsa, eng kichik o‘lchamdagi ko‘mirdan ham (ko‘mir sinfi 0-1, 2,5 mm) briketlar olish imkonini beradi. Buning sababi shundaki, mayda bo‘lingan ko‘mirni briketlashda o‘zaro ta‘sir qiluvchi sirt kamayadi, lekin bog‘lovchi bilan faol aloqa yuzalari maksimal darajada ortadi, qattiq

sirtidagi faol markazlar deb ataladigan rol oshadi, ko'mir chegarasida adsorbsion o'zaro ta'sirlar kuchayadi, qattiq va suyuq fazalar ko'payadi, bog'lovchilarning g'ovak va yoriqlarga tarqalishi samaraliroq davom etadi, bu mustahkamlikni oshishiga olib keladi.

Aniqlanishicha, zarracha kattaligi 2,5-5,0 mm bo'lgan ko'mir donalaridan tashkil topgan kompozitsiyalarning mustahkamligi bir xil briketlash parametrlari ega bo'lgan o'lchami 0-1,25 mm gacha bo'lgan ko'mirdan olingan briketlarning mustahkamligiga nisbatan taxminan 3 baravar past. Buning sababi, presslash paytida yirik ko'mir donalari tarqab ketishi va bog'lovchi namlanmagan qo'shimcha sirtlarning paydo bo'lishidir. Faqat ko'mir changidan olingan namunalar yuqori bosim berilishiga qaramay, ularni briketlash uchun texnologik liniyada ko'p mehnat talab qiladigan presslash va saralash operatsiyalari kiritilganligi sababli mantiqiy emas, shuning uchun keyingi tadqiqotlar uchun biz optimal ko'mirdan foydalandik. Bunda zarrachalarning hajmi 2,5 mm dan kam. [1,7].

Shunday qilib, qo'ng'ir ko'mirlarni yetkazib berish joylaridan qat'iy nazar 60% gacha mayda bo'laklardan tashkil topgan bo'ladi deb aytishimiz mumkin. Ulardan optimal geometrik o'lchamlarga ega mahalliy bog'lovchilar qo'shib sifatli briketlar olishni talab etiladi. Shu bilan birga, ularning kimyoviy tarkibi va fizik-mexanik xususiyatlarini oldindan o'rganish muhimligini unutmash kerak.

Xulosa:

Yuqorida aytib o'tilganidek, briketlash jarayoni nafaqat mexanik, balki kimyoviy-texnologik jarayondir, chunki olingan briketlarning mexanik mustahkamligi, energiya samaradorligi, g'ovakligi va boshqa ko'rsatkichlari ko'plab kimyoviy birikishlarga bog'liq bo'ladi.

Shu kunga qadar har xil turdagi va tarkibdagi ko'mir maydalarini briketlash jarayonida namlikning roli batafsil o'rganib chiqilgan [1]. Biroq, bu jarayonni amalga oshirishda maqbul sharoitlarni tanlash uchun bu texnologik parametrlar yetarli emas [8].

Tadqiqotning dastlabki bosqichida briketlar tayyorlash uchun muhim omillardan biri bo'lgan ko'mirning namligi, hosil qilingan briketlarning mexanik xususiyatlarini belgilab beradi. Namlik ko'mir donalarining yuzasida bog'lovchi va ko'mir o'rtasidagi bog'lanishning mustahkamligiga ta'sir qiluvchi gidratlangan plyonka hosil qiladi. Ko'pgina tadqiqotlarning [8] tahlili shuni ko'rsatdiki, namlikning ko'pligi ko'mir briketi yuzasida suyuq plyonka hosil qiladi, bu bog'lovchining ko'mirga mahkam yopishishiga yo'l qo'ymaydi, shu bilan birga bog'lovchining ko'mir ichki strukturasini namlashi pasayadi va bu orqali uning mexanik mustahkamligi pasayadi, hosil bo'lgan briketlar sifati buziladi, bundan tashqari, issiq bog'lovchi aloqa qilganda ko'mir yuzasidagi namlik intensiv ravishda bug'lanadi, bu esa bog'lovchining sovishi va namlanish qobiliyatini pasaytiradi. Briket namligining optimal qiymatlari biz tomonimizdan na'munalarga berilayotgan siqish kuchi qiymatiga qarab aniqlandi, ya'ni minimal va maksimal preslash kuchida [1,3,8].

Адабиётлар

- [1]. Хакимов А.А. Совершенствование технологии получения угольных брикетов с использованием местных промышленных отходов: Дисс.... PhD //Фергана,–2020.–111 с.
- [2]. ГОСТ-2093-82 Топливо твердое. Ситовый метод определения гранулометрического состава. Москва 1982г.
- [3]. Ахунбаев, А. А., & Хакимов, А. А. (2022). Сушка угольной мелочи перед брикетированием. *Universum: технические науки*, (9-1 (102)), 29-33.
- [4]. Хакимов, А. А. (2021). Определение показателей качества угольного брикета. *Universum: химия и биология*, (5-2 (83)), 40-44.
- [5]. А.А.Хакимов. Брикетлар olishda qo'ng'ir ko'mirdan oqilona foydalanishning dolzarbligi. *Farg'ona politexnika instituti. ILMIY – TEXNIKA JURNALI*. Maxsus son №6. 2023 yil. 137-140 betlar.
- [6]. Хакимов, А. А. (2020). Связующее для угольного брикета и влияние его на дисперсный состав. *Universum: химия и биология*, (6 (72)), 81-84.
- [7]. Хакимов, А. А. (2022). Технология Получения Качественных Брикетов С Использованием Горючих Вяжущих Компонентов. *Central Asian Journal of Theoretical and Applied Science*, 3(6), 459-463.
- [8]. Hakimov, A., & Vohidova, N. (2021). Relevance of the choice of binders for coal briquettes. *Scientific progress*, 2(8), 181-188.

АРРАЛИ ЖИН МАШИНАСИДА ЧИГИТДАН ТОЛАНИ АЖРАТИБ ОЛИШ
ЖАРАЁНИНИНГ САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ

А. Отахўжаев, Ш. Комилов, Р. Мурадов

Наманган тўқимачилик саноати институти
(Қабул қилинди 24.01.2025 й.)

Аннотация. Бугунги кунда пахта тўқимачилик кластерлари тизимида асосий технологик жараёнлардан бири аррали жин машинаси хисобланади. Аррали жин машинаси бўйича юртимиз олимлари томонидан жуда кўп илмий тадқиқот ишлари олиб борилган. Ушбу мақолада бир неча олимларимиз томонидан берилган таклифлари таҳлил қилинган.

Калит сўзлар: тола, пахта, чигит, ишчи камера, арра.

Аннотация. Сегодня одним из основных технологических процессов в системе хлопкотекстильных кластеров является джинная машина. Ученые нашей страны провели множество научных исследований по джинном машину. В данной статье анализируются предложения ряда наших ученых.

Ключевые слова: волокно, хлопок, семена, рабочая камера, пила.

Annotatsion. Today, one of the main technological processes in the system of cotton textile clusters is the sawing gin machine. Scientists of our country have conducted a lot of scientific research on sawing machine. This article analyzes the suggestions made by several of our scientists.

Key words: fiber, cotton, seed, working chamber, saw.

Бугунги кунда Ўзбекистон Республикаси пахта етиштириш ва уни экспорт қилиш бўйича дунёда етакчи ўринларда турганлиги учун жаҳон андозаларига мос келадиган юқори сифатли тола ишлаб чиқариш шу соҳа мутахассислари ва олимларимиз олдида мавжуд техник ва технологияларни янада такомиллаштириш масаласини кўндаланг қилиб қўймоқда.

Чигитли пахта, қуриштиш ва тозалаш цехларида қуриштиб, ифлос аралашмалардан тозалангандан кейин заводнинг бош корпусига қувурларда ҳаво ёрдамида ташиб жинлаш учун юборилади. Жинлаш чигитли пахтани дастлабки ишлаш технологик жараёнининг асоси ҳисобланиб, бунда пахта толаси чигитдан ажратилади. Жинлаш жараёни пахтанинг толасини чигитидан механик куч билан ажратиш олинали [1, 2].

Аррали жинларда асосий иш органи сифатида аррали дисклардан терилган цилиндр хизмат қилади. Бу жинларда толани чигитдан ажратиш учун аррали дисклар билан колосникли панжара биргаликда ишлайди.

Жиннинг ишчи камерасига келиб тушган чигитли пахтани чигит тароғи ёнида айланаётган арра тишлари билан олиб олиб колосникка олиб келади. Ишчи камерада тишларга илашган пахта бўлакчалари бошқа пахта бўлакчаларига илашиб, уларни ҳам тортади ва ҳам ашё валигини ҳосил қилади. Бу валик арра айланишига қарши томонга айланади ва у арра тишларини пахта толаси билан узлуксиз таъминлаб туради. Ушбу мақолада муаллифлар томонидан мана шу ҳосил бўлган хом ашё валиги таркиби ва ҳолатини ўрганиш бўйича олиб борилган тадқиқотлар натижаси келтирилган [3,4].

Арра тишларига илинган толалар колосникларнинг орасидан олиб ўтилади. Чигитлар эса ўта олмай тўхтаб қолади, шунда толалар чигитдан ажралади. Маълумки, жинлаш жараёнида 25% атрофида толасидан ажралган чигитлар хом-ашё валигининг марказий қисмига йиғила бошлайди. Натижада хом-ашё валигининг зичлиги ортиб, чигит ва толанинг шикастланиши кўпайишига олиб келади. Бундан ташқари, ўтказилган тадқиқотларнинг кўрсаткичи хом ашё валигининг 50 % ни чигитлар ташкил қилиши ҳам жин машинаси унумдорлигига таъсир қилади. Ёчилиши лозим бўлган муаммо толалардан тўла ажралган чигитларни жиннинг ишчи камерасида ўртача туриш вақтини камайтириш, яъни тезроқ чиқариб юбориш ва хом ашё валигининг зичлигини бир текисда таъминлайдиган мосламани тайёрлаш ва ишлаб чиқаришга жорий қилишдан иборат [5, 6].

Тадқиқотчилар томонидан бу камчиликни тугатиш учун ишчи камера ўртасида тўрли барабан ўрнатиш таклиф қилинган. Бундай мосламанинг ўрнатилиши хом ашё валигининг айланишига қаршилиқ қилинган. Бу эса ўз навбатда жиннинг унумдорлигини пасайиб кетишига олиб келади (1).

Бундан ташқари, 159 диаметрли барабан 6х250 мм. ўлчамда тешиклардан иборат бўлиб, 360 об/мил тезлик билан айланади. Хом ашё валиги ўртасига ўрнатилган барабан орқали соатига 147 кг чигит ўтганлиги аниқланган. Чигит тароғи орқали 4024,3 кг/соат ажралиб чиқиб турганда юқоридаги кўрсатиш умумий ажраб чиқаётган чигитларни 5% ни ҳам ташкил қилади.

Хом ашё валиги таъсирида ишчи камеранинг ўртасига қараб ҳаракатланаётган толадан ажраган чигитларни ташқарига чиқариб юборишни ташкил қилиш мақсадида Р.Сулайманов томонидан консоль колосникни ўрнатиш таклиф қилинган: [7]. Бунда консоль колосник билан прокладка орасидаги масофани 15 мм 35 мм гача ўзгартириб кўрилган.

Тадқиқотлар натижасига кўра толадан ажраган чигитларнинг 54 % чигит тароғи орқали ишчи камерадан ташқарига чиқиб кетганлиги аниқланган.

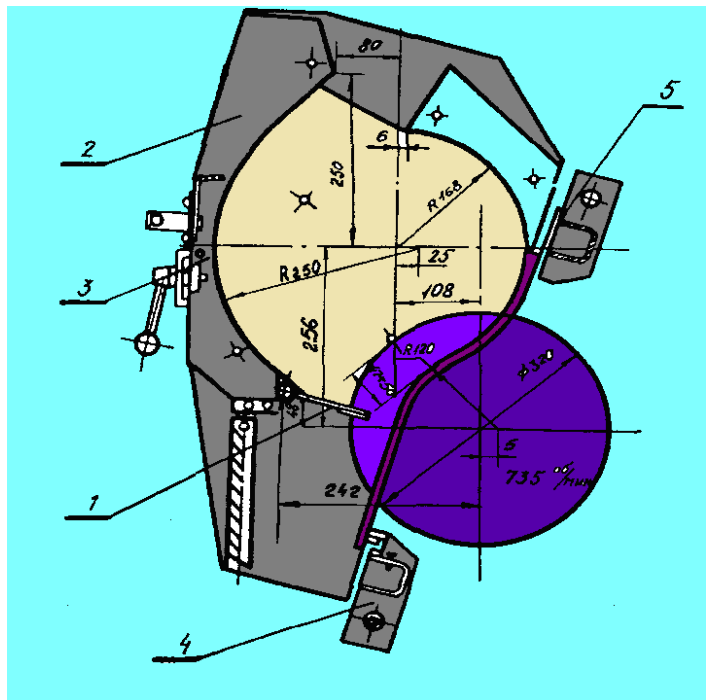
Шунингдек, консоль колосник билан прокладка орасидаги масофа 15 мм бўлганда толадан ажраган чигитларнинг 8 % чиқиб кетган бўлса, бу кўрсаткич масофа 35 бўлганда 35% ошганлиги аниқланган. Бу олинган натижалар ҳам жин машинаси ишлаганда толадан ажраган чигитларнинг 1 қисми хом ашё валигининг айланиши таъсирида ишчи камераси ўртасига қараб ҳаракатланиши кўрсатади. Консоль колосник билан прокладка орасидаги масофа 35 мм бўлганда ишчи камерадан ташқарига чиқаётган чигитнинг тўлиқ тукдорлиги 13,8% тенг бўлди. Шу сабаб Р.Сулайманов томонидан консоль колосник билан прокладка орасидаги масофани 25 мм га тенг бўлишини таклиф қилинган. Бунда жиндан чиқаётган чигитларнинг тўла тукдорлиги 11,4 % га тенг бўлади [8].

Тадқиқотнинг асосий мақсади пахтани толасини ажратиш жараёнидаги тола ва чигит шикастланишининг олдини олиш, ишчи камерадан чигит чиқиш самарадорлигини ошириш ва у билан бирга жинлаш жараёнида энергия сарфини камайтириш йўллариини ўрганиш, тола ажратгичнинг ишчи органларини янги конструкциясини ишлаб чиқиш ва уни ишини ўрганиш технологик ўлчамларини аниқлаш ҳамда ишлаб чиқаришга таклиф этишдан иборатдир.

Жин машинаси самарадорлигини ошириш йўлларида бири, унинг ишчи камерасида толадан ажраган чигитларни тезроқ чиқариб юборишдан иборат [9].

Жин машинаси ён томонига ўрнатилган пластик ойна орқали кузатишлари натижасига кўра юқоридаги фикр нотўғри эканлиги исботланди. Бунда жин машинасини ишчи камерада ҳосил бўлган хом ашё валиги фартук юзаси бўйича колосник панжара бўйлаб ҳаракатланиш натижасида ҳосил бўлишини кузатилади.

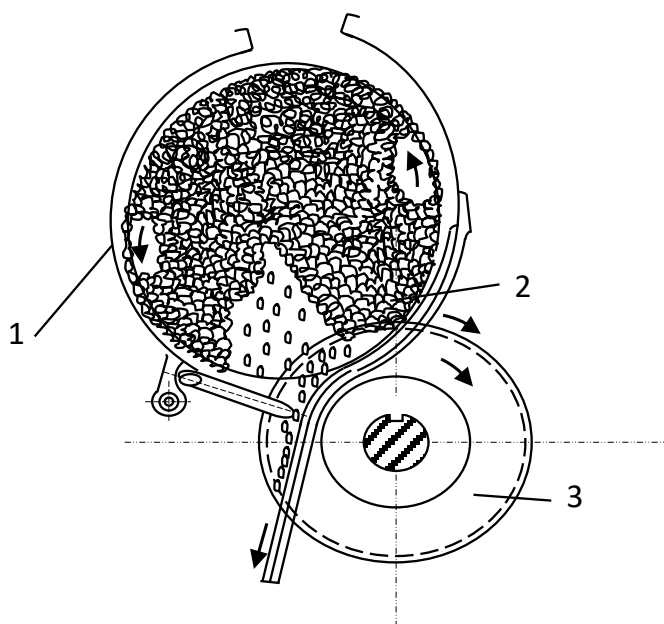
Бундай ҳолат сабабли колосник юзаси бўйлаб ўз оғирлиги таъсирида пастга қараб ҳаракатланаётган толадан ажраган чигитларнинг бир қисми хом ашё валиги таъсирида унга илашиб юқорига қараб ҳаракатланиш эҳтимоли пайдо бўлади.



1-расм. Аррали жиннинг ишчи камераси.

1-чигит тароғи, 2-фартук, 3-дастак, 4,5-колосник маҳкамланган қисми.

Бу чигитлар аррали цилиндрга тескари томонга айланаётган хом ашё валиги таъсирида аста-секин жин машинаси ишчи камераси ўртасида тўплана бошлайди ва барабан шаклдаги толадан ажраган чигитлар тўплами ҳосил қилади (2-расм).



2-расм. Такомиллаштирилган ишчи камера.
1-фартук, 2-хом ашё валиги, 3-аррали цилиндр.

Бундан ташқари аррали цилиндрнинг ён томонига урилган толадан ажраган чигитлар ҳам ишчи камеранинг ўратасига қараб ҳаракатланади. Чигитлар тўпламининг зичлиги хом ашё валигининг зичлигидан ошиб кетгач, уни ёриб ўтиб пастга тушиб кетиши имконияти бўлади.

Хом ашё валигидан толани чигит тароғи атрофидан аррали цилиндр ёрдамида илиб олиб ҳаракатга келтиради. Мана шу жараён узилиш бўлишига сабабчи бўлади. Бу жараёнлар жин машинасининг иш унумдорлигини ва ишчи камера ўртасига қараб ҳаракатланаётган чигитнинг миқдорига боғлиқ бўлади.

Ушбу мақолада муаллифлар томонидан хом ашё валиги ўртасига йиғилган чигитларнинг зичлигини ва унинг хом ашё валиги зичлигидан катта бўлиши вақтлари аниқланади. Бунда жин машинасининг турли хил иш унумдорлигида толадан ажраган чигитларнинг хом ашё валигининг ўртасига қараб ҳаракатланаётган массанинг миқдори 5% ÷ 30% гача ўзгартирилиб кўрилади.

Олинган натижалар 1- жадвалга киритилган.

1-жадвал

Жиннинг иш унумдорлиги т/соат	Чигит чиқиши		Чигитнинг ишчи камеранинг ўртасига қараб ҳаракатланаётган қисми /кг					
	%	кг	5 %	10 %	15 %	20 %	25 %	30 %
2,60	56	4642	232,1	464,2	696,3	928.4	1160.5	1392.6
2,70	57	4736	236,8	473,6	710,4	947.2	1184	1420.8
2,75	58	4741	237,05	474,1	711,1	948.1	1185.2	1422.2
2,80	59	4745	237,25	474,5	711,7	948.9	1186.2	1423.4
2,90	60	4833	241,65	483,3	724,9	966.5	1208.6	1449.8

Жадвалда кўриниб турибдики, толада ажраган чигитларнинг хом ашё валиги ўрта тўпланиб қоладиган миқдори жин машинасининг иш унумдорлиги ва чигитнинг ишчи камераси ўртасига қараб ҳаракатланаётган қисмига боғлиқ экан. [10]

Шунингдек, жин машинасининг ишлаш жараёнида хом ашё валигининг ҳам ўзгариб туради. Жин машинасининг ишчи камерасини ҳажмини аниқлаб, ундаги пахтанинг зичлигига қўпайтириб хом ашё валигининг массаси аниқланди. Қуйидаги 2-жадвалда зичлигининг ўзгариши ишчи камерада ҳосил бўлган хом ашё валиги массасига таъсири кўрсатилган.

Олинган натижалар 2- жадвалга киритилган.

2-жадвал

Арралар сони	Хом ашё валигининг зичлиги					
	100	130	160	190	220	250
80	105	185,65	136,75	117,41	195,18	223,61
90	120	203,78	154,52	198,72	228,84	261,42
100	133,2	242,64	168,64	208,56	278,88	283,53
130	180,4	305,52	225,63	276,48	333,64	362,57

Бу жадвалларнинг таҳлили шуни кўрсатдики жин машинаси ишлаганда толадан ажраган чигитларнинг ишчи камеранинг ўртасига қараб ҳаракатланаётган қисмининг миқдорини аниқлаш имконини беради.

Шунингдек, хом ашё валигининг зичлигини ўзгариши унинг массасига кўрсатган таъсири ҳам ҳисобланган.

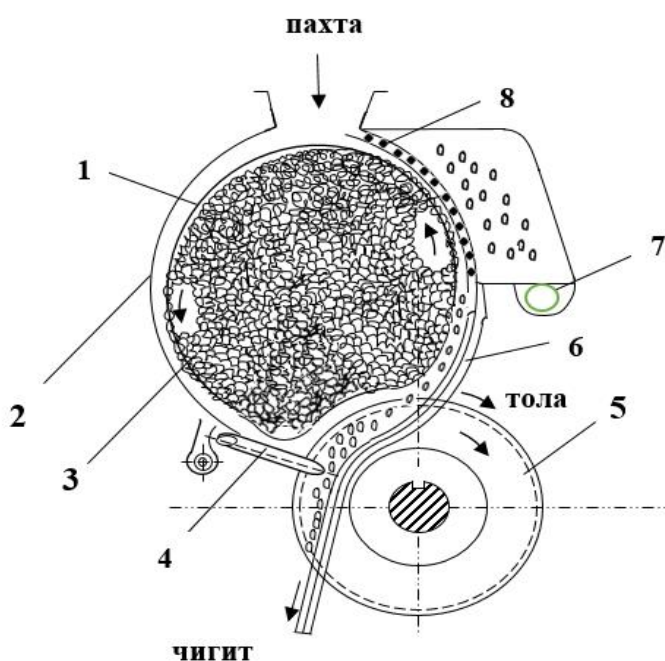
Д.Рохмонов [11] томонидан таклиф қилинаётган аррали жиннинг ишчи камераси ишчи камера, олдинги фартук, хом-ашё валиги, чигит тароғи, аррали цилиндр, колосник, толадан ажраган чигитлар учун шнек, тўрли қилиб тайёрланган пешток брусдан иборат. Аррали жин ишчи камерасининг асосий моҳияти шундаки, толадан ажраган чигитларнинг ташқарига чиқишини тезлаштириш мақсадида пешток брус юзаси $d=6\text{мм}$ колосниклардан иборат бўлиб, колосниклар аррали цилиндр ўқиға параллел жойлашган бўлиб, улар орасидаги масофа $t=6\text{ мм}$ ни ташкил қилади. Натижада пешток брус

юзасидаги тешиklar орқали чигит чиқиши тезлашади ва жин машинасининг иш унумдорлиги ортади.

Хулоса қилиб айтганда толадан тўла ажраган чигитларнинг ишчи камерада тезроқ чиқариб юбориш учун колосникларнинг юзасини арриқчали қилиб тайёрлаш тавсия қилинади.

Бунда толадан ажраган чигитлар колосник юзасида ҳаракатланаётганда хом ашё валигининг таъсирига учрамасдан ташқарига чиқиб кетади. Шунингдек, хом ашё валигининг зичлигини бир текисда таъминлайдиган мослама яратилган [12].

Мослама жин машинасининг ишчи камерасининг ўртасига ўрнатилиб, хом ашё валигининг зичлигининг ўзгариши



3-расм. Курилманинг ишчи органлари ён томондан кўриниши 1-ишчи камера, 2- олдинги фартук, 3-хом-ашё валиги, 4-чигит тароғи, 5-аррали цилиндр, 6-колосник, 7-толадан ажраган чигитлар учун шнек,8-тўрли қилиб тайёрланган пешток брус.

натижасида унинг ҳолати ҳам ўзгариб туради. Хом ашё валигининг зичлиги ошиши натижасида мослама орқали толадан ажраган чигитларни чиқиб кетишини таъминлайди.

Адабиётлар

- [1]. Мухаммадиев Д. «Пути повышения технологических и эксплуатационных свойств машин пильного дженирования. Проблемы текстиля №3.2008»
- [2]. СулаймановР. «Разработка рабочей камеры с улучшенным семьявыделением при пильном дженировании хлопка-сырца» Кан.тех.наук ТИТЛП Тошкент, 2006.130с.

- [3]. Джаббаров Д, Балтабаев С.Д.Котов Д.А.Солевьев Н.Д «Первичная обработка хлопка» М.Легкая индустрия, 1978 стр. 152.
- [4]. Мурадов Р, Обидов А, Шарипов Х “Жин машинаси учун колосник” Патент талабномаси № FAP 20100010.
- [5]. Мурадов Р, Сафаров Н, Обидов А “Пахта толасини чигитдан ажратиш курилмаси” Патент талабномаси №IAP 20080237.
- [6]. Sarimsakov, Akramjon, S. Israilov, and Sh Komilov. "Analysis of the influence of damaged seeds on the abrasion of working surfaces." International Journal of Education, Social Science & Humanities. Finnish Academic Research Science Publishers 11.5 (2023): 244-247.
- [7]. Akramjon, S., I. Sardorbek, and K. Shukhratjon. "Improving Fiber Quality Output by Improving the Roll Box of the Gin Saw. Engineering, 15, 261-268." (2023).
- [8]. Komilov, Sh, et al. "Analysis of the quality indicators of the seed separate from the fiber after spinning." Research Focus, Uzbekistan 2.4 (2023).
- [9]. Nodirbek, Mamadaliev, Komilov Shukhratjon, and Akhmedxodjaev Khamit. "Influence of the Ginning Process on the Quality of Raw Cotton." Engineering 13.12 (2021): 739-748.
- [10]. Жураева, Г. Р., and Ш. Р. Комилов. "ОСНОВНЫЕ ТРЕБОВАНИЯ, ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫХ К РАБОТЕ ПИЛЬНЫХ ДЖИН." Мехatronika va robototexnika: muammolar va rivojlantirish istiqbollari 1.1 (2023): 158-160.
- [11]. Рахимжон ўғли, Комилов Шухратжон, Исаханов Хамидулла, анд Мурадов Рустам Мурадович. "Уруғлик чигит ва туксизлантирилган чигитларнинг бир биридан асосий фарқлари." Новости образования: исследование в ХХИ веке 2.14 (2023): 426-430.
- [12]. Raximjon o'g'li, Komilov Shukhratjon, Yuldoshev Jamoliddin Erkinboy o'g'li, and Muradov Rustam Muradovich. "Chigit saralash va tozalash bo'yicha o'tkazilgan ilmiy tadqiqotlar taxlili." journal of innovations in scientific and educational research 6.11 (2023): 126-128.
- [13]. Камолій Исломжон Илхомжон ўғли, эт ал. "Схигитни саралаш ва тозалаш технологияси бо'йича чет эл технологияси бўйича олиб борилган тадқиқотлар." педагог 6.12 (2023): 227-230

UO'K 677.21

PAYVANDLAB QOPLANGAN ARRALI JIN KOLOSNIKLARINI JILVIRLASH QURILMASINI YARATISH

X.X. Xashimov

Andijon mashinasozlik instituti,
xoshimov1989@bk.ru
(Qabul qilindi 24.01.2025 y.)

Annotatsiya. Ushbu maqolada ishchi yuzasi payvandlab qoplangan arrali jin kolosniklarini jin mashinasiga o'rnatishdan avval ikki yuzasini silliglovchi qurilmani ishlab chiqish bo'yicha tavsiyalar berilgan. Ushbu qurilma sinov o'tkazish texnikalariga mansub bo'lib, paxta tozalash sanoatida qo'llanilishi mumkin. Qurilmaning konstruksiyasi sodda va kolosniklarni silliqlash uchun qulay qilib ishlab chiqilgan.

Tayanch so'zlar: Jin kolosnigi, qoplama qoplash, qayta tiklash, payvandlash, yeyilish, ishqalanish.

Аннотация. В данной статье приведены рекомендации по разработке устройства для выравнивания двух поверхностей перед установкой на джиновую машину пильных решеток с приваренной рабочей поверхностью. Устройство относится к испытательному оборудованию и может быть использовано в хлопкоочистительной промышленности. Устройство предназначено для простого и удобного измельчения решеток.

Ключевые слова: Колосник джина, наплавка, восстановление, сварка, износ, трение.

Abstract. This article presents recommendations for developing a device for smoothing two surfaces before installing saw gin grates with a welded working surface on the gin machine. This device belongs to testing equipment and can be used in the cotton ginning industry. The device is designed to be simple and convenient for grinding grate bars.

Key words: Gin grate, surfacing, restoration, welding, wear, friction.

KIRISH

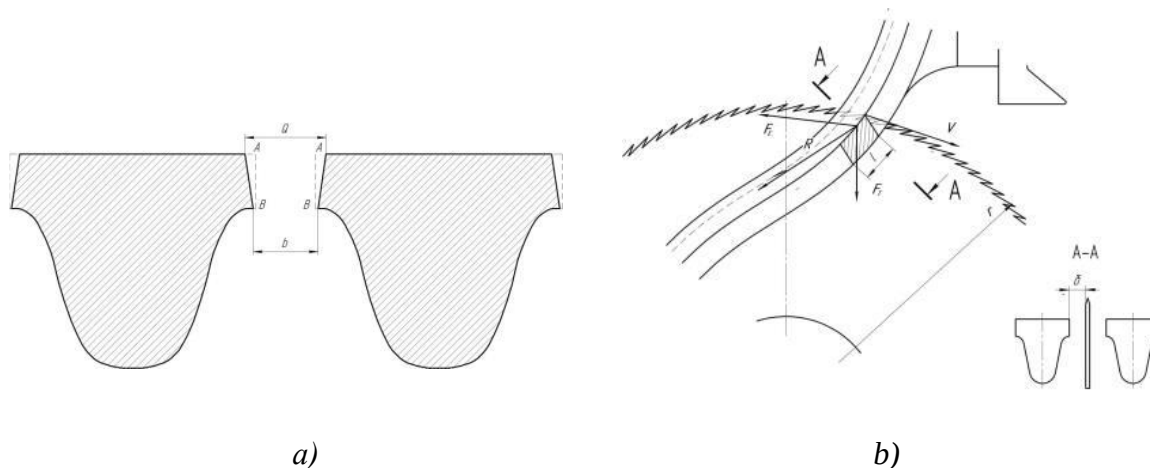
Hozirgi kunda barcha yengil sanoat mahsulotlarini ishlab chiqaruvchi korxonalarning oldidagi maqsadi yuqori darajadagi sifatli raqobatbardosh kiyim – kechak mahsulotlarini ishlab

chiqarish hisoblanadi. Buning uchun esa paxtani dastlabki ishlash korxonalari yuqori sifatli tola yetkazib berishi zarur. Shuning uchun tola sifatining oshishi asosan jinlash bo'limining samarali ishlashiga bog'liq. Paxtani dastlabki ishlash korxonalarining aksariyati bor imkoniyatlaridan to'liq foydalanilmayotganligi tola va chigit sifatiga salbiy tasir etmoqda [1-14].

Paxta tozalash korxonalarining asosiy ishlab chiqarish mahsuloti bo'lib paxta tolasi hisoblanadi. Uning sifati asosan ishlab chiqarish mashinalarining holatiga va ishlab chiqarish texnologiyasiga bog'liq bo'ladi. Ishlab chiqarish mashinalarining ko'yilgan talablarga javob bermasligi mashinaning foydali ish koeffitsientini kamayishiga, mahsulot sifatini va ish unumining past bo'lishiga olib keladi [2-14].

Paxta tozalash korxonalarida chigitli paxtadan tolani ajratishda asosan 3ХДМ-УМПД, ДП-130, 4ДП-130, 5ДП-130 ва ДПЗ-180 rumumli arrali jin mashinalaridan foydalaniladi [3-15].

Jinlash jarayonida yuzaga keladigan turli kuchlar ta'sirida arrani bir tekis aylanishi izdan chiqib qobirg'ali panjara sifatidagi kolosnikning ishchi yuzasiga tegib o'tishi, tolani ishqalanishi kabi omillar ta'sirida arra va kolosniklar yeyiladi (1-rasm). Kolosniklarning yeyilishi ishchi qismdagi tirqishlarning kengayishiga olib keladi va natijada jinlash texnologik jarayoni buzilib, tolaning sifat ko'rsatkichlari pastlaydi. Uch oy ishlaganidan so'ng kolosnik panjarasidagi 70 – 80% kolosniklar orasidagi tirqishlar o'lchami ruhsat etilgan kattalikdan ortib ketadi. Shuning uchun kolosniklarning ish muddati chegaralanadi va ular almashtiriladi [4-16].



1-rasm. a) ishchi yuzasi yeyilgan kolosnik, b) kolosnikni yeyilishiga olib keluvchi omillar.

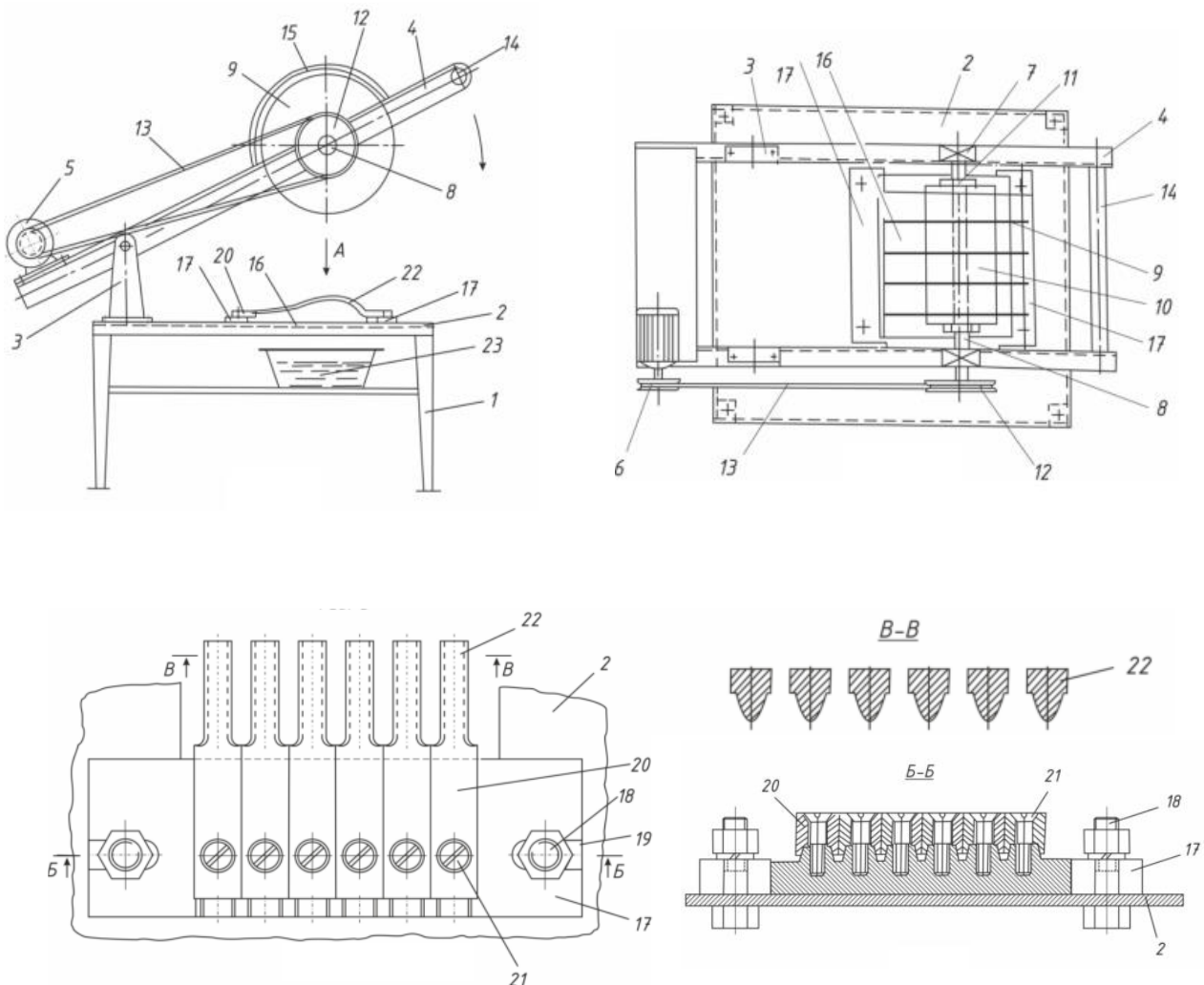
Ma'lumki, kolosniklar arrali jin mashinasining ishchi kamerasida bir qator yonma-yon joylashtirib panjara hosil qiladi. Kolosnikli panjaraning har bir oralig'iga disksimon arralar o'rnatilgan bo'lib, u aylanish jarayonida tolani tishiga ilib olib chigit yuzasidan yulib oladi va uni panjara orasidan olib o'tib ketadi. Panjaralar orasiga chigit sig'maganligi sababli u panjara orasidan o'tmaydi. Ammo chigitdan tolani ajratib olishda yuzaga keladigan turli kuchlar ta'sirida arrani bir tekis aylanishi izdan chiqib qobirg'ali panjara sifatidagi kolosnikning ishchi yuzasiga tegib o'tishi, tolani ishqalanishi kabi omillar ta'sirida kolosniklar yeyiladi. Yeyilish natijasida kolosnikli panjara orasidagi tirqish kengayib undan tola bilan birgalikda chigit ham o'tib ketishi va tolaning sifatini buzilishiga olib keladi. Ishchi yuzasi yeyilgan kolosniklarni yangisi bilan almashtirish jinlash texnologik jarayonining uzluksizligini buzulishiga, mashinaning foydali ish koeffitsientini past bo'lishiga va mehnat sarfini ortishiga olib keladi. Bundan tashqari yeyilgan kolosniklarni yangisiga almashtirish iqtisodiy jihatdan samarasizdir [5-6].

Yeyilgan kolosniklarni payvandlab qoplab resursini orttirish istiqbolli usullardan hisoblanadi. Bunda yeyilishga chidamli payvandlash materiallari bilan payvandlab qoplab qattiqligini oshirish orqali plastik deformatsiyani kamaytirishga, ishqalanuvchi yuzalarning mikroqirqilishini yo'qotishga va imkon qadar kontakt yuzalarning elastik deformatsiyalanishiga erishiladi [7].

Kolosniklarni yeyilgan yuzasi payvandlab qayta tiklangandan so'ng ikki ishchi yuzasiga ehtiyotkorlik bilan ishlov berilib, o'tkir qirralar hosil qilish zarur. Bunda jilvirlash qurilmalaridan

foydalanish tavsiya etiladi. Kolosniklarni mavjud jilvirlash dastgohlariga oʻrnatish murakkab jarayon boʻlib, qoʻshimcha mehnat talab qiladi. Bu esa yangi turdagi jilvirlash dastgohlarini ishlab chiqishni taqazo etadi. Shundan kelib chiqib qoʻyilayotgan talabga koʻra taʼmir taʼlab kolosnik ishchi yuzasini silliqlovchi konstruktiv sodda va ishonchli ishlashi mumkin boʻlgan qurilmani yaratish zarur [8].

Qoʻyilgan vazifaning yani arrali jin mashinasi kolosnigi qayta tiklangan ishchi yuzasini silliqlash uchun, yuzaga ishlov beradigan stol usti va unga oʻrnatilgan silliqlash moslamasini oʻz ichiga olgan, aylanadigan valga mahkamlangan va dvigatel bilan oʻzaro bogʻlangan, xavfsizlik korpusi, silliqlash moslamalari ramaga mahkamlangan qurilma ishlab chiqilgan [9].



1-oyoqlar, 2- stol, 3-tayanch ustun 4-rama, 5-yuritma 6-shkiv, 7-podshibniklar, 8-ishchi val, 9-jilvir tosh diskleri, 11-gayka, 12-tasma shkivi, 13-tasmali uzatma, 14-tutqich, 15-xavfsizlik qoplamalari, 16-korpusi ostidagi teshik, 17-planka, 18-boltlar, 19-tarnov, 20-kolosnik panjara, 21-vint, 22-kolosnik, 23-suvli vanna.

2-rasm. Arrali jin kolosniklarni jilvirlash qurilmasining umumiy koʻrinishi.

Vertikal tekislikda aylanish imkoniyati boʻlgan ikki yelkali dastagining ustunlarida, ramka yelkalari muvozanatlangan holatda - yuritma bitta yelkada, ikkinchi yelkaga silliqlash korpusi oʻrnatiladi, uning ostida stol, ustiga kolosnik panjara oʻrnatilib, boʻshliqlar hosil boʻladi. Boʻshliqlar soni silliqlash diskleri soniga toʻgʻri keladi, stol usti panjara ostida va ochilishning qarama-qarshi tomonlarida joylashgan, silliqlash disklarining aylanish yoʻnalishiga perpendikulyar boʻlgan kolosniklari oʻrnatiladi[10].

Arrali jin mashinasi kolosnigini silliqlash uskunasi 1-oyoq va 2 stoldan, 4-rama va 3-ustunga mahkamlangan pilon, 5-yurima unga mahkamlanga 6 shkiv va ikkinchi elkasiga silliqlash tanasi oʻrnatilgan. shu jumladan, ishchi val 8, silliqlash diskleri bilan biriktirilgan 7, silindrsimon diskler 10 bilan va ular orasida joylashgan qopqoq gayka 11 orqali milga

o'rnatiladi. Valning chiqish uchida V-kamar uzatmasi bilan boshqariladigan 12 shkivi o'rnatiladi 13. Ramka 14, va silliqlash diskleri xavfsizlik qoplamalari bilan qoplangan. 15. Peshtaxtada silliqlash korpusi ostida 16 teshik bor, uning ikkala qarama-qarshi tomonida silliqlash disklerining aylanish yo'nalishiga perpendikulyar, panjara panjaralari 17 o'rnatilib, 18 murvat ulanishi yordamida peshtaxtaga o'rnatilib, uzunlamasina yivlar orqali 19. Barlarga. oyoqlari orqali 20 vint 21 mahkamlash panjara 22 hosil bo'lib, panjara hosil qiladi. Stol usti tagida abraziv zarralarni ushlash uchun suv bilan to'ldirilgan 23 idish mavjud.

Arrali jin kolosnigini jilvirlash qurilmasi quyidagicha ishlaydi. Kolosniklar 22 panjaralari 20 bilan kolosnikli bruslar 17 ga joylashtiriladi va ular vintlar 21 bilan mahkamlanadi. Kolosnik panjaralari trapetsiyasimon ko'ndalang kesimli shtamplangan qilib bajarilgan va kolosnikli bruslar 17 ga yaxshi tushadi, ular mos ravishda trapetsiyasimon bo'rtiqlar bilan ham bajarilgan, bu esa barcha kolosniklarning qat'iy yo'naltirilganligini va ularning bir-biriga zich yopishganligini ta'minlaydi. Barcha kolosniklar montaj qilingandan so'ng, kolosnikli bruslar bo'yлама ariqchalar 19 bo'ylab chapga yoki o'ngga surilib, ular boltli birikmalar 18 tortilishi bilan mahkamlanadi, bunda silliqlash diskleri 9 kolosnikli panjaraning tirqishlariga o'tadi va silliqlash yuzasi bilan kolosniklarning yon qirralariga biriktiriladi. Bunday taxminiy "silliqlash" dan so'ng silliqlash organi yuritmasi 5 ulanadi va bir yoqini silliqlash jarayoni boshlanadi. Bir yog'iga ishlov berish tugagandan keyin boltli birikma 18 bo'shatiladi va kolosnikli bruslar 17 kolosniklar 22 bilan birga surib qo'yiladi. Shu tarzda, yana bir partiya kolosnik panjaralarga qayta ishlov beriladi.

Kolosnik yuzasining g'adir-budirligini nazorat qilish paxta tolasi ajratish jarayonini optimallashtirish, kolosniklarning xizmat muddatini oshirish va energiya samaradorligini ta'minlash uchun muhimdir. Agar silliqlash jarayoni noto'g'ri bajarilsa, natijada texnologik jarayon sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatadi. Kolosnik ishchi yuzasidagi optimal g'adir-budirlik ($Ra=3.2-6.3\mu m$) bo'lishi tavsiya etiladi. Juda silliq yuzalar ($Ra < 3.2\mu m$) bo'lganda tola yetarli darajada ushlanmaydi, paxtaning tolasi to'liq ajralmaydi, hosildorlik kamayadi. Agar g'adir budirlik me'yordan ortiq ($Ra > 6.3\mu m$) bo'lsa tishlarning ishqalanishi oshib, tola deformatsiyaga uchrashi va uzilishiga olib kelishi mumkin.

Kolosnik yuzasining g'adir-budirligini nazorat qilishda Time 3200 qurilmasidan foydalanish mumkin.

Ushbu qurilma 10 mm uzunlikgacha bo'lgan material maydonini aniqlash qobiliyatiga ega. Bu yerda, materiallarni yuzasini bir xil ishlov jarayoniga keltirish lozim. Yuza g'adir-budurlik qiymatini maxsus o'rnatilgan datchik yordamida o'lchanadi.

XULOSA

Taklif qilinayotgan yarim mexanizatsiyalashgan qurilma bir vaqtning o'zida oltita kolosnikni silliqlashni ta'minlaydi va o'nlab odamlarni mashaqqatli qo'l mehnatidan xalos qiladi.

Kolosniklarni guruxlab silliqlash mashinasi juda ishonchli va ta'mirlash ustaxonalarida foydalanish uchun tavsiya etiladi.



3-rasm. Time 3200 qurilmasi.

Adabiyotlar

- [1]. G'.J. Jabborov va boshqalar. "Chigitli paxtani dastlabki ishlash texnologiyasi", Darslik T."O'qituvchi", 1987
- [2]. Abrolav M.A., Dunyashin N.S., Abrolav M.M., Ermatov Z.D. "Eritib payvandlash texnologiyasi va jihozlari" – Toshkent. O'qituvchi -2007
- [3]. Abrolav A., Abrolav M.M. "Payvand birikmalarining defektoskopiyasi" – Toshkent. O'ktuvchi -2007.
- [4]. Sullivan J.F. Effect of thase control during flash on flash weld defects// Welding research supplement № 221-s.
- [5]. Мустафин Р.Х. Исследование условий работы, износа колосников пыльных джинов и влияние некоторых их параметров на результаты.джинирования. Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук, ТИТЛП. Ташкент, 1973.
- [6]. Safaev A.A., Rajabov I.Ya. "Jin va linter kolosniklarini ishlash muddatini oshirish" ilmiy maqolalar to'plami. I-tom. T. 2013 y.

- [7]. Шанасыров Ш.Ш., Мухамедов Ш.А., Махаметов Т.Д. Пути повышения надежности и долговечности деталей машин плазменным напылением. Ташкент, Изд
- [8]. Xoshimov, X., Yuldashev, S., Muydinov, A., & Kosimov, K. (2024, March). Analysis and results of the conducted research work to increase the resource of the ginning rib. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3045, No. 1). AIP Publishing.
- [9]. Xoshimov, X., Yuldashev, S., Muydinov, A., & Kosimov, K. (2024, March). Analysis and results of the conducted research work to increase the resource of the ginning rib. In AIP Conference Proceedings (Vol. 3045, No. 1). AIP Publishing.
- [10]. Xamidjanovich, X. X., QoChqarboyevich, I. M., Azimovich, A. S., & OGLi, X. F. B. (2021). Restoration Erosion Working Surface Of Gin Rib By Welding Process. The American Journal of Engineering and Technology, 3(06), 153-159.
- [11]. Qosimov, K., Xoshimov, X., Yo'ldashev, S., & Ashurboyev, J. (2019). Research of the chemical composition of the working surface of the gin grate which is restored by welding. Textile Journal of Uzbekistan, 8(1), 26-31.
- [12]. Xamidjanovich, X. X. (2022). Improvement of the working chamber of the saw gin. ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal, 12(4), 297-299.
- [13]. Xashimov, X. X. (2024). Effect of chemical composition of covered gin colosnicks through weld on wearing. World of Scientific news in Science, 2(3), 113-120.
- [14]. S. E. Hughs. (2002). GINNING RIB MODIFICATIONS TO REDUCE SEEDCOAT FRAGMENTS. Applied Engineering in Agriculture, 18(1). <https://doi.org/10.13031/2013.7703>
- [15]. Siddiqui, M. Q., Wang, H., & Memon, H. (2020). Cotton Fiber Testing. In H. Wang & H. Memon (Eds.), Cotton Science and Processing Technology (pp. 99–119). Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-15-9169-3_6
- [16]. EditorJournals And Conferences. (2022). METHODS TO INCREASE THE EFFICIENCY OF SAW GIN MACHINE. <https://doi.org/10.17605/OSF.IO/YR7CQ>
- [17]. Azizov, S. M. (2022). Calculation Energy of Efficiency New Ginning Machine. Engineering, 14(04), 163–172. <https://doi.org/10.4236/eng.2022.144016>

UO‘K: 677.21.021.152

ПАХТА СЕПАРАТОРИ ВАКУУМ-КЛАПАНИНИНГ ИШИНИ ЯХШИЛАШ ЙЎЛЛАРИ

С.Ю. Султонов¹, М.Н. Салохиддинова¹, О.Т. Маматкулов²

¹Наманган мухандислик-технология институти,

²Наманган тўқимачилик саноати институти

(Қабул қилинди 24.01.2025 й.)

Аннотация. Мақолада сепараторнинг ишлашини яхшилаш бўйича адабиётлар таҳлили о ўтказилди. Камчилик ва афзалликлари ўрганилди. Вакуум-клапанидаги пахтани ўз вақтида ташқарига чиқариб юбориш ва ичкарига ҳаво ўтказмайдиган қисми ўрганилган. Шунингдек, вакуум-клапанининг яғни конструкциядаги такомиллаштирилган варианты таклиф этилган.

Таянч сўзлар: пахта, вакуум-клапан, паррак, қувур, нуқсон, ишчи камера, тезлик, ячейка, конус.

Abstract. The article analyzes literature on improving the operation of separators. The advantages and disadvantages were studied. The part of the vacuum valve that allows timely release of cotton and prevents air from getting inside was studied. An improved version of the vacuum valve design was also proposed.

Key words: cotton, vacuum valve, shell, pipe, defect, working camera, speed, partition, cone.

Аннотация. В статье анализируется литература по улучшению работы сепараторов. Были изучены преимущества и недостатки. Изучена часть вакуумного клапана, которая позволяет своевременно высвободить хлопок и препятствует попаданию воздуха во внутрь. Предложен также усовершенствованный вариант конструкции вакуумного клапана.

Ключевые слова: хлопок, вакуумный клапан, оболочка, труба, дефект, рабочая камера, частота, ячейка, конус.

СС-15А русумли сепараторлар пахта саноатида пахтани ҳаво ёрдамида ташиш ва тозалаш жараёнида кенг қўлланилади. Уларнинг самарали ишлаши учун вакуум-клапанларнинг конструкцияси ва ишлаши муҳим аҳамиятга эга.

Сепараторнинг вакуум-клапани пахтани ҳаво оқимидан ажратиб олиш ва уни тозалаш жараёнида асосий рол ўйнайди. Пахта ҳаво оқими билан меш юзасига етиб боради, у эрда қирғичлар ёрдамида ажратилади ва вакуум-клапанга йўналтирилади. Вакуум-клапан пахтани ҳаво оқимидан ажратиб олиб, уни ташқи муҳитга чиқаради.

Вакуум-клапан пневмотранспорт ускуналарида кенг қўлланиладиган сепараторлар таркибида мавжуд бўлиб, унинг асосий вазифаси сепаратор ишчи камерасини ташқи атмосфера муҳитидан ҳимоя қилиш, камерадаги паст вакуум муҳитини сақлаб туриш ва ташилаётган материални ускунадан чиқаришдир. Клапан парраклари юқори тезликда айланиб, пахтани сепарация камерасидан чиқаришда иштирок этади. Аммо бу жараёнда парраклар ва клапан қопламаси ўртасида қолган пахта сифати бузилиши, чигит синуви ва ортикча ҳаво сўрилиши каби камчиликлар кузатилади [1].

Сепараторнинг самарали ишлаши тўрли юза билан бирга, унинг асосий элементларидан бири бўлган вакуум-клапанга ҳам боғлиқ. Ўтказилган илмий-тадқиқот ишлари шуни кўрсатадики, мавжуд вакуум-клапан конструкциясидаги камчиликлар ҳали тўлиқ бартараф этилмаган. Шу сабабли, сепараторнинг умумий самарадорлигини ошириш учун унинг асосий ишчи қисмлари, жумладан, вакуум-клапан қисмини такомиллаштириш бўйича чуқур тадқиқотлар олиб бориш зарур.

Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, вакуум-клапан орқали вентилятор томонидан сўрилатган ҳавонинг 20-25% қисми ушбу клапан ҳисобига тўғри келади. Бу, асосан, клапан секцияларининг пастга пахта, қайта ҳаракатда эса ҳаво билан тўлиши натижасида юзага келади. Бу муаммони бартараф этиш мақсадида "Пахтасаноат" илмий марказида роторли вакуум-клапан ишлаб чиқилган бўлиб, клапаннинг пастки қисмига пуфловчи қувур ўрнатилган. Натижада, ҳавонинг клапан орқали сўрилиши камайган, аммо бу ечим қўшимча энергия сарфига олиб келган.

Кейинги тадқиқотларда вакуум-клапан парракларини унинг ўқиға нисбатан 4° бурчак остида жойлаштириш таклиф қилинган. Бу ечим чигит шикастланишини ва толада нуқсонларнинг ҳосил бўлишини камайтирса-да, клапан конструкциясининг мустаҳкамлигини пасайтиради.

Юқоридаги таҳлиллар асосида, вакуум-клапаннинг ишлаш жараёнини, яъни уяларга пахтанинг кириши ва чиқиши механизмларини назарий жиҳатдан тадқиқ қилиш ҳамда иш жараёнида пахта сифатини сақлаб қолишга ёрдам берадиган конструкцияларни ишлаб чиқиш зарур ҳисобланади.

Р.Мурадов томонидан ўтказилган тадқиқотлар вакуум-клапанда пахтанинг қисилиб қолиш сабабларини ўрганишга қаратилган. Камчиликлардан бири – сепараторда ажралган пахтанинг бир қисми пастга тушиб, клапан қанотларига илиниб қолиши ва натижада қанотлар билан деворлар орасига қисилишидир. Бундан ташқари, клапан айланаётганда айрим пахта бўлаклари ўз оғирлиги таъсирида ташқарига чиқишга улгурмай, қайта сепаратор камерасига тушади, бу эса унинг унумдорлигини пасайтиради. Шунингдек, клапан орқали ҳаво сўрилиши сепараторнинг аэродинамик қаршилигини оширади.

Вакуум-клапаннинг яна бир камчилиги шундаки, у юқори тезликда айлангани сабабли, қанотлар орасидаги айрим пахта бўлаклари ўз оғирлиги таъсирида ташқарига чиқишга улгурмай, қайта камерага ўтади. Бу эса сепараторнинг иш самарадорлигини пасайтиради. Шунингдек, вакуум-клапан орқали маълум миқдорда ҳаво сўрилиши кузатилади, бу эса сепараторнинг аэродинамик қаршилигининг ошишига сабаб бўлади.

Бу камчиликларни қисман бартараф этиш мақсадида валикли вакуум-клапан яратилди (1-расм). Тавсия этилган валикли вакуум-клапан (1491914-м.г.) сепарацион ажратиш камераси (1) ва вакуум-клапан (2) дан иборат. Вакуум-клапан қанотларига илиниб қолган пахтани ажратиб олиш учун қанотли валик (3) ўрнатилган бўлиб, у вакуум-клапан барабани тепасида ва унга параллел жойлашган. Шунингдек, ажратиш камерасининг ён деворига юқоридан тушаётган пахтанинг валик қанотларига урилмаслиги учун тўсиқ (4) ўрнатилган [2].

Айланувчи валик ва вакуум-клапан барабани қанотларига ўрнатилган резиналар бир-

бирига тегиниб, қарама-қарши йўналишда айланади.

Бундан ташқари, айланувчи валик қанотлари унинг ўқига нисбатан қия жойлашган. Вакуум-клапаннинг ишлаш тамойили қуйидагича: пахта ажратиш камерасидан вакуум-клапанга тушади. Пахтанинг асосий қисми вакуум-клапан барабани қанотлари орасига жойлашса, бир қисми унинг қанотларига илиниб қолади. Айланувчи валик ёрдамида илиниб қолган пахта вакуум-клапан қаноти учларидан ажратиб олинади.

Натижада, сепараторда пахта қайта ишланиш жараёнида вакуум-клапан барабани ва унинг деворлари орасида тикилиб қолишига йўл қўйилмайди. Бу эса пахта сифати бузилмаслигини таъминлайди. Таклиф этилган валикли вакуум-клапан пахтанинг тикилиб қолишини тўлиқ бартараф этади. Аммо, бу ечим сепаратор конструкциясини бироз мураккаблаштиради ва энергия сарфини оширади.

Р. Муродов ва О. Саримсоқовлар [3] қанотига валик ўрнатилган вакуум-клапанли сепараторни (2-расм) таклиф қилдилар. У қуйидаги таркибий қисмлардан иборат: 1 – ажратиш камераси, 2 – вакуум-клапан қанотлари, 3 – айланувчи валик, 4 – вакуум-клапан деворлари, 5 – чиқариш патрубкуси, 6 – қия ўрнатилган пластинка.

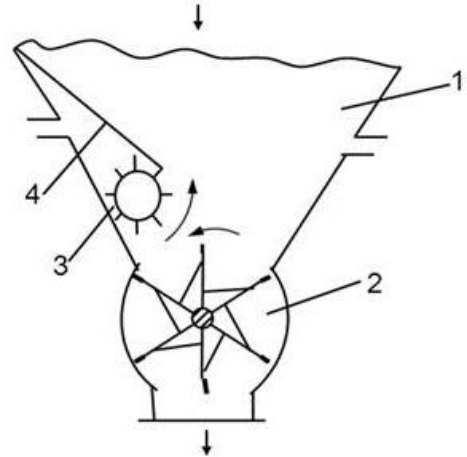
Қанотларига ўрнатилган айланувчи валикли вакуум-клапан қуйидагича ишлайди. Пахта сепаратор ажратиш камерасида ҳаводан ажралиб, ўз оғирлиги таъсирида вакуум-клапан қанотлари орасига тушади. Пахтанинг бир қисми айланувчи валикка илиниб қолиши мумкин, лекин валиклар айланиши натижасида бу пахта унинг юзасидан парраклар орасига тушади ва асосий пахта массаси билан бирга вакуум-клапан қанотлари орасидан чиқиш тешиги орқали ташқарига чиқади. Шунингдек, пахтанинг айланувчи валик ва вакуум-клапан деворлари орасига тушиб қолишига йўл қўйилмайди.

Ушбу вакуум-клапаннинг асосий афзалликлари – унинг узоқ муддат барқарор ишлаши, ташқи ҳавонинг жуда кам сўрилиши ва пахта сифати яхши сақланишидир. Бироқ, бу ечим ҳам сепаратор конструкциясини мураккаблаштиради ва энергия сарфини оширади.

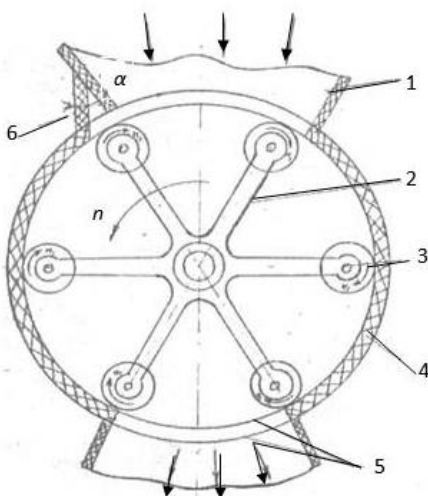
Муаллифлар, шунингдек, эксцентрик вакуум-клапан (1696618-м.г.) ни ҳам тавсия қилганлар (3-расм). У қуйидаги қисмлардан иборат: 1 – кириш қувири, 2 – вал, 3 – валга ўрнатилган цилинрик барабан, 4 – радиал ҳаракатланадиган қилиб ўрнатилган қанотлар, 5 – вакуум-клапан ён девори, 6 – чиқиш қувири. Қанотларнинг эластик учлари вакуум-клапан ён деворига тегиб туради.

Бундан ташқари, цилинрик барабанга эксцентрик қилиб вакуум-клапан бўйлаб икки томонда жойлаштирилган ўйикли гардиш (7) мавжуд бўлиб, унинг ўйикларига қанотларнинг тутқичлари кириб туради. Қанотлар бевосита ушбу тутқичларга ўрнатилган. Барабан айланганида, қанотлар барабан юзасига нисбатан илгариланма-қайтма ҳаракат қилади ва шу тариқа вакуум-клапан самарали ишлашини таъминлайди [4].

Вакуум-клапан қуйидагича ишлайди: сепаратор камерасидан тушган пахта кириш қувири орқали барабаннинг қанотлари орасидаги бўшлиққа жойлашади. Барабан айланганида, қанотларнинг



1-расм. Валикли вакуум-клапан. 1-ажратиш камераси, 2-вакуум-клапан, 3-қанотли валик, 4-тўсик.

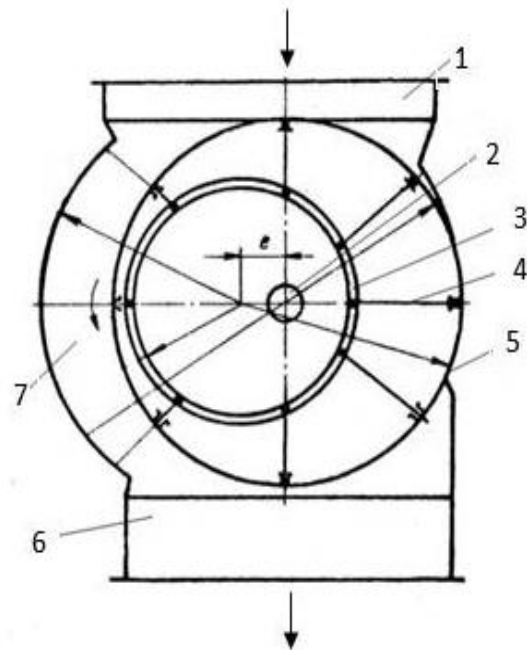


2-расм. Қанотига валик ўрнатилган вакуум-клапан. 1-ажратиш камераси, 2-вакуум-клапан қанотлари, 3-айланувчи валик, 4-вакуум-клапан деворлари, 5-чиқариш патрубкуси, 6-қия ўрнатилган пластинка.

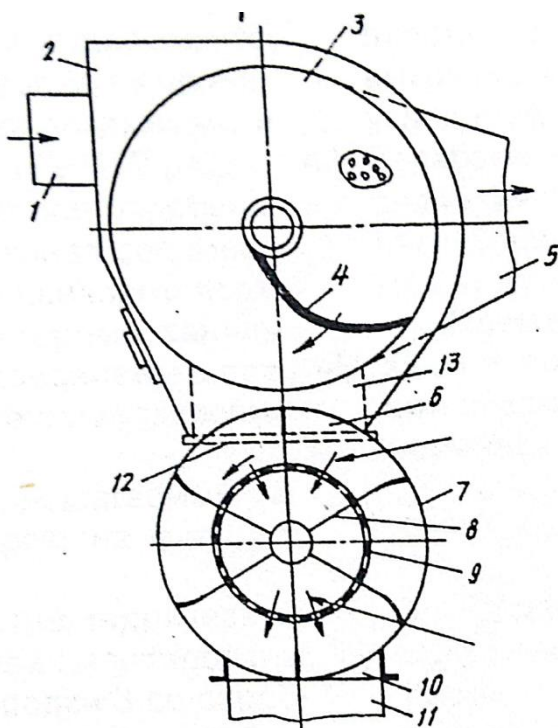
эластик учлари корпус ён деворига урилиб, ёпиқ секция ҳосил қилади. Бу секцияда жойлашган пахта айланиш жараёнида чиқиш қувурига узатилиб, ўз оғирлиги таъсирида пастга тушади ва ташқарига чиқарилади.

Барабан айланганда, қанотлар аста-секин унинг ичига киради ва цилиндрнинг сирти чиқиш қувурининг охирига етиб келганда, корпус ён деворининг ўнг ярим ички сирти билан таъсирлашади. Бу жараён цилиндрнинг вакуум-клапан ва ўйиқли гардиш марказларига нисбатан эксцентрик жойлашганлиги орқали таъминланади.

Вакуум-клапаннинг бундай конструкцияси ташқаридан ҳаво сўрилишини бутунлай бартараф этади. Чунки, қанотлар фақат ажратиш камерасида бўшлиқ ҳосил қилиб, бўшатиш зонасида эса гардиш ичига тўлиқ кириб кетади. Бу эса пахтанинг вакуум-клапандан тўлиқ чиқиб кетишини таъминлайди. Шу билан бирга, ажратиш камерасидан бирга чиқарилган ҳаво сепараторнинг аэродинамик қаршилигини анча камайтиради ва иш самарадорлигини оширади. Бироқ, ушбу техникавий ечимда конструкция анча мураккаб бўлиб, уни тайёрлаш жуда юқори аниқликни талаб қилади. Шу сабабли, бу ихтирони амалда синовдан ўтказиш имконияти мавжуд эмас.



3-расм. Эксцентрик вакуум-клапан. 1-кириш қувури, 2-вал, 3-цилиндрик барабан, 4-қанотлар, 5-вакуум-клапан ён девори, 6-чиқиш қувури.



4-расм. Тўрли барабанли вакуум-клапан (1726574-м.г.). 1-кириш қувури, 2-ажратиш камераси, 3-тўрли сирт, 4-сидиргич, 5-ҳаво сўрувчи қувур, 6-пластина, 7-вакуум-клапан, 8-чиқарувчи барабан, 9-тўрли пластинка, 10-чиқариш бўғизи, 11-чиқарувчи қувур, 12-кириш бўғизи, 13-юқори ўтиш канали.

Муаллифла томонидан юқорида келтирилган камчиликларни бартараф этиш мақсадида тўрли барабанли вакуум-клапан (1726574-м.г.)ли сепаратор (4-расм)ни таклиф этишди [5, 6].

Бу сепаратор ишлаш жараёнида пахта кириш қувури орқали ажратиш камерасига тушади. Камера ичида унинг ҳаракат тезлиги бир оз камайиб, тўрли сиртга ёпишади. Пахта бу сиртдан сидиргич ёрдамида ажратиб олинади, майда чанг заррачалари эса тўрли юза орқали қувур воситасида сўриб олиб ташланади.

Вакуум-клапанда жойлашган тўрли барабаннинг сўрувчи қисми орқали ҳавонинг бир қисми чиқарилади. Бу жараён ажратиш камерасидаги асосий ҳаво оқимидан ажралган пахтанинг пастга тушиб кетишига ёрдам беради. Вакуум-клапан айланиши натижасида тўрли барабаннинг пуфловчи қисми орқали чиққан ҳаво оқими пахтанинг вакуум-клапан қанотлари орасидан тўлиқ ажралиб кетишини таъминлайди. Шу билан бирга, бу ҳаво оқими майда ифлосликларни ҳам самарали тозалашга ёрдам беради. Натижада, ажратиш камерасида пахтанинг пастга тушишига қаршилиқ қилувчи, вакуум-клапан орқали сўриладиган ҳаво

йўқолади ва пахтани ҳаводан ажратиш жараёни яхшиланади.

Пахтани корхона ҳудудидаги асосий бинодан узоқроқ масофада жойлашган ғарамлардан ташишда ҳаво ёрдамида ташувчи қурилма тизимининг таъсир доирасини кенгайтириш мақсадида бир қатор тадқиқотлар олиб борилган [7, 8]. Ушбу тадқиқотларда ҳаво ёрдамида ташувчи қўзғалувчан қурилманинг иш унумдорлигини ошириш масалалари ўрганилган. Шунингдек, [9] да ингичка толали пахтанинг сифат кўрсаткичларига ҳаво ёрдамида ташувчи қурилманинг таъсири таҳлил қилинган бўлса, [10] да бу қурилманинг технологик жараёнга ўрнатилган бошқа машиналар самарадорлигига таъсири кўрсатилган.

Бошқа тадқиқотларда эса ҳаво ёрдамида ташувчи қўзғалувчан қурилманинг камчиликларини унинг конструкциясини ўзгартирмасдан бартараф этиш йўллари таклиф қилинган [11, 12]. Масалан, ишлаш жараёнида чанг ажралиб чиқишини камайтириш мақсадида вентиляторнинг пуфловчи қувурини вакуум-клапаннинг пастки қисмига ўрнатиш тавсия этилган. Шунингдек, вакуум-клапан ўрнига роторли таъминлагич ўрнатиш [13, 14, 15, 16] орқали айрим камчиликларни бартараф этиш имконияти яратилган. Бироқ, амалиёт шуни кўрсатадики, бу ускунадаги камчиликларни тўлиқ бартараф этишнинг иложи йўқ. Бунинг асосий сабаби жараённинг муфассал назарий асослари етарлича ишлаб чиқилмаганлигидир. Ҳаво ёрдамида ташувчи қўзғалувчан қурилманинг мавжуд камчиликларини тўлароқ бартараф этиш учун бу жараёни пахтанинг аэродинамик ва физик хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда назарий ва амалий усуллар билан янада чуқурроқ ўрганиш зарур.

Хулоса. Пахта тозалаш корхоналарида ишлатиб келинаётган қурилмаларнинг конструкцияларини такомиллаштириш орқали технологик жараён самарадорлигини, иш унумдорлигини ошириш, пахтанинг сифат кўрсаткичларини сақлаб қолиш бўйича етакчи олимлар томонидан кўплаб илмий тадқиқот ишлари олиб борилган. Лекин таҳлиллардан шуни аниқландики, қуйидаги масалалар тўлиқ ўз ечимини топмаган, жумладан:

сепаратор ишчи камерасида пахта бўлакчаларининг ҳаракатланиш қонуниятлари;

сепаратор ишчи камерасида ҳсоил бўладиган босим кучининг кесимлар бўйича ўзгариши;

сепараторларнинг ишчи элементлари таъсирида чигит ва толанинг табиий хусусиятларига таъсир этувчи омиллар;

вакуум-клапан парраклари таъсирида пахта бўлакчаларининг ҳаракатланиш қонуниятлари;

пахта толасининг чанг ҳаво билан биргаликда чиқиб кетишини камайтириш йўллари тўлиқ ўрганилмаган;

пахта хом ашёсини тўрли юзага бориб урилишини камайтириш йўллари ишлаб чиқилмаган.

Адабиётлар

- [1]. Мурадов Р., Салоҳиддинова М. Пахта сепаратори конструкциясини такомиллаштириш // Монография. “Истеъдод зиё пресс” нашриёти. Наманган - 2021. 168 б.
- [2]. Мардонов Б., Мурадов Р., Янгибоев Ю.Д. Сепаратор для хлопка-сырца. А.С.№ 1491914, 1989 г. Оpubл. 07.07.1989. БИ №25.
- [3]. Мурадов Р., Саримсақов О.Ш., Янгибоев Ю.Д. Сепаратор для хлопка-сырца. А.С.№ 1491914, 1989 г. Оpubл. 07.07.1989. БИ №26.
- [4]. Мурадов Р., Саримсақов О.Ш., Насритдинов А. Лопастной затвор сепаратора хлопка-сырца. А.С.№ 1696618, 1991 г. Оpubл. 07.12.1991. БИ №45.
- [5]. Мурадов Р., Мамарасулов Х., Саримсақов О.Ш., Султанов С.Ю. Сепаратора для хлопка-сырца. А.С.№ 1726574, 1992 г. Оpubл. 15.04.1992. БИ №14.
- [6]. Мурадов Р. Совершенствование устройства выгрузки хлопка-сырца из сепаратора. // Ж. Механика муаммолари. 2003, №1, С.67-71.
- [7]. С.А.Фозилов, Ш.Х.Абдазимов. «Исследования влияния различных колосниковых решеток на процесс очистки хлопка-сырца от мелких сорных примесей». // НамМШИ. Халк.конф.туплами. Наманган-1996 й. 157-159 бет.
- [8]. Н.С.Соракин «Аспирация машин и пневмотранспорт в текстильной промышленности». 1978 г. Изд. «Легкая индустрия»
- [9]. А.А.Сафаев. «Повышение интенсивности очистки хлопка-сырца на очистителях мелкого сора». // Ж. Хлопковая промышленность. №5. 1984 г. С.8-9.

- [10]. Лугачев А.Е. «Разработка теоретических основ питания и очистки хлопка применительно к поточной технологии его переработки». // Автореферат диссертации на соискании ученой степени д.т.н. Ташкент, 1998.
- [11]. Махкамов Р.Г., Хасанов М.Р., Рахимов Б.М. О снижении повреждаемости хлопка-сырца в процессе сепарации. // Тезисы докладов межд. конф. Фергана. 1994. С.6-7.
- [12]. Собитов З., Ходжаев М.Т. Активизация процесса съема на сепараторе СС-15А. // Ж. Хлопковая промышленность. 1992, №5-6. С. 27-28.
- [13]. Мурадов Р., Мардонов Б.М., Ахмедходжаев Х.Т. О процессе съема хлопка-сырца с поверхности сетки сепаратора. // Изд. АНУз, серия техн. наук, №5, 1983. С. 41-44
- [14]. Янгибоев Ю.Д., Мардонов Б., Мурадов Р. Изучение процесса съема хлопка-сырца с поверхности сепаратора СС-15А с наклонным скребком». // Журнал. Хлопковая промышленность, 1984, №5, С.12-14.
- [15]. Мурадов Р. Сепараторнинг тўрли юзасига пахтанинг келиб урилишини камайтириш усули. // Ж. Механика муаммолари, №3, 2000. С.77-80.
- [16]. Мурадов Р. Исследование работы сепаратора с дополнительной хлопкоотводной камерой с перфорацией. // Ж. Технология текстильной промышленности. 1998, №5, С. 23-25.

TUPROQQA ISHLOV BERUVCHI MASHINALAR YEYILGAN ISHCHI ORGANLARINI QAYTA TIKLASH USULLARINI TAKOMILLASHTIRISH

N.X. Qirg'izaliyev

Andijon mashinasozlik instituti,
n.qirgizaliy@gmail.com
(Qabul qilindi 24.01.2025 y.)

Annotatsiya. Bugungi kunda qishloq xo'jalik mashinalarini yeyiladigan detallarining, ayniqsa ularning ko'p qismini tashkil etadigan tuproqqa ishlov beradigan ish organlarning resursini oshirish o'ta muhim masalalardan hisoblanadi. Ushbu masala bugungi kunda ham o'z dolzarbligini saqlab kelayotganligi sababli u ko'plab oliy o'quv yurtlari, ilmiy-tadqiqot institutlari, loyihalash va konstruktorlik byurolari va ilmiy-tadqiqot ishlari rejalariga kiritilgan. Jahonda tuproqqa ishlov berish jarayonlarining sifatli bajarilishini ta'minlaydigan texnologiyalar va ularni amalga oshiradigan texnik vositalar ishlab chiqishga, ularning samaradorligini oshirishga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda qishloq xo'jalik mashinalari ish organlari resursini oshirish qishloq xo'jalik mashinasozligining yechilishi lozim bo'lgan dolzarb masalalardan hisoblanadi. Xususan, ish organlar ishonchligining yetarli emasligi ularni ishlatishdagi va ta'mirlashdagi xarajatlarni ortib ketishiga, Shuning uchun qishloq xo'jaligi texnika vositalari va ularning ish organlarining resursini oshirish dolzarb muammolardan biri hisoblanadi.

Tayanch so'zlar: yeyilish, chidamlilik, ishonchlik, po'lat, ta'mirlash, payvandlash, ishchanlik, shudgorlash, ototch, tuproq, lemex.

Аннотация. Сегодня повышение ресурса деталей сельскохозяйственных машин, особенно почвообрабатывающих органов, составляющих их большую часть, является одним из важнейших вопросов. В связи с тем, что этот вопрос остается актуальным и сегодня, он включен в планы многих высших учебных заведений, НИИ, проектно-конструкторских бюро, научно-исследовательских работ. В мире ведутся научно-исследовательские работы, направленные на разработку технологий, обеспечивающих качественную реализацию процессов обработки почвы и технических средств, их реализующих, и повышение их эффективности. В этом направлении повышение ресурса рабочих органов сельскохозяйственной техники является одной из актуальных задач, требующих решения в сельскохозяйственном машиностроении. В частности, недостаточная надежность рабочих органов приводит к увеличению затрат на их эксплуатацию и ремонт, поэтому повышение ресурса сельскохозяйственных машин и их рабочих органов является одной из актуальных проблем.

Ключевые слова: гниение, долговечность, надежность, сталь, ремонт, оплата труда, качество изготовления, вспашка, почва, лемех.

Abstract. Today, increasing the service life of agricultural machinery parts, especially soil-cultivating organs, which make up the majority of them, is one of the most important issues. Due to the fact that this issue remains relevant today, it is included in the plans of many higher education institutions, research institutes, design bureaus, and research and development projects. Research and development work is being carried out in the world aimed at developing technologies that ensure high-quality implementation

of soil cultivation processes and technical means that implement them, and increasing their efficiency. In this direction, increasing the service life of agricultural machinery working organs is one of the urgent tasks that require solutions in agricultural engineering. In particular, insufficient reliability of working organs leads to increased costs for their operation and repair, so increasing the service life of agricultural machinery and their working organs is one of the urgent problems.

Keywords: rot, durability, reliability, steel, repair, payvandlash, workmanship, plowing, soil, lemex.

KIRISH

Ma'lumki, qishloq xo'jalik mashinalarini yeyiladigan detallarining, ayniqsa ularning ko'p qismini tashkil etadigan tuproqqa ishlov beradigan ish organlarning resursini oshirish o'ta muhim masalalardan hisoblanadi. Ushbu masala bugungi kunda ham o'z dolzarbligini saqlab kelayotganligi sababli u ko'plab oliy o'quv yurtlari, ilmiy-tadqiqot institutlari, loyihalash va konstruktorlik byurolari va boshqa tashkilotlar va korxonalarning ilmiy-tadqiqot ishlari rejalariga kiritilgan.

Jahonda qishloq xo'jaligi texnika vositalari va ularning ish organlarini yaratishda nafaqat uning konstruktiv jihatlari balki ular tayyorlanadigan materiallarni tanlash yetakchi o'rinni egallaydi. «Dunyo miqyosida yerlarni shudgorlash uchun har yili 14-17 mln dona plug lemexlari hamda malum bir miqdorda qishloq xo'jalik mashinalarining ishchi organlari sarflanishini hisobga olsak», tuproqqa ishlov berish texnika vositalari va ularning ish organlarini ishonchliligi va puxtaligini oshirish muhim vazifalardan hisoblanadi. Shu jihatdan ularning ishlatish davrida yeyilish qonuniyatlarini ilmiy asosda o'rganishga katta e'tibor qaratilmoqda [1].

Jahonda tuproqqa ishlov berish jarayonlarining sifatli bajarilishini ta'minlaydigan texnologiyalar va ularni amalga oshiradigan texnik vositalar ishlab chiqishga, ularning samaradorligini oshirishga yo'naltirilgan ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Ushbu yo'nalishda qishloq xo'jalik mashinalari ish organlari resursini oshirish qishloq xo'jalik mashinasozligining yechilishi lozim bo'lgan dolzarb masalalardan hisoblanadi. Xususan, ish organlar ishonchliligining yetarli emasligi ularni ishlatishdagi va ta'mirlashdagi xarajatlarni ortib ketishiga, Shuning uchun qishloq xo'jaligi texnika vositalari va ularning ish organlarining resursini oshirish dolzarb muammolardan biri hisoblanadi [2].

Xususan, ish organlar ishonchliligining yetarli emasligi ularni ishlatishdagi va ta'mirlashdagi xarajatlarni ortib ketishiga, tuproqqa ishlov berish mashinalarining agroteknik va energetik ko'rsatkichlariga salbiy ta'sir ko'rsatmoqda.

Respublikamiz qishloq xo'jaligi ishlab chiqarishida resurslarni tejash, mehnat va energiya sarfini kamaytirish, qishloq xo'jalik ekinlarini ilg'or texnologiyalar asosida yetishtirish va ularni amalga oshirishda qo'llaniladigan yuqori unumli mashinalar ishlab chiqarish, mavjudlaridan foydalanish samaradorligini oshirish yuzasidan keng qamrovli chora-tadbirlar amalga oshirilmoqda [3].

Ushbu muammoni yechish maqsadida Respublikamizda qo'llanilayotgan qishloq xo'jalik mashinalarining ishchi yuzalaridan namunalar olib ularning tarkibi, termik ishlov berilish darajasi, fizik-mexanik xossalari, abraziv muhitda yeyilish tezligi, yuza qatlamining holati kabi parametrlarini o'rganib, taxlil qilib, baholab resursini oshirish ustida ilmiy-tadqiqotlar olib bormoqdamiz.

Shular bilan bir qatorda qishloq xo'jalik mashinalarining ishchi yuzalari namunalarining abraziv yeyilishga chidamliligini aniqlashdir. Buning uchun tadqiqotchilar tomonidan yaratilgan maxsus ishqalanish mashinasida namunalarning abraziv muhitdagi yeyilish jadalligi aniqlanadi. Bunda solishtirish maqsadida ba'zi namunalar T-590 rusumli elektrod bilan elektr-yoy yordamida payvandlab qoplandi va ular ham ishqalanish mashinasida yeyilishga sinovdan o'tkaziladi.

Tadqiqotning maqsadi: yerga ishlov beruvchi qishloq xo'jalik mashinalari yeyilgan ishchi yuzalarini kompozision materiallar bilan qayta tiklab resursini oshirish texnologiyasini asoslashdan iborat.

Maqolaning ilmiy yangiligi quyidagilardan iborat:

qishloq xo'jalik mashinalari ishchi organlarin resursini ularning ishchi yuzalariga tuproqdagi abraziv zarralarning ta'siriga chidamli bo'lgan yangi turdagi kompozision materiallarni payvandlab qoplash orqali oshirishga erishilgan;

qishloq xo'jalik mashinalari ishchi organlari materialining yeyilish miqdori, unga asosan esa yeyilish jadalligi tuproqning nisbiy yeyiltirish xususiyatiga, bosimga, ishqalanish yo'liga, ishchi yuzasiga, materialning zichligiga to'g'ri proporsional va ishchi organlari materialining nisbiy yeyilishga chidamliligiga teskari proporsional qonuniyat bo'yicha o'zgarishi aniqlangan;

qishloq xo'jalik mashinalari ishchi organlarining resursini u tayyorlangan materialning yeyilishga chidamliligi va unga ta'sir etadigan bosim kuchiga bog'liq holda o'zgarish konuniyati aniqlangan;

ishchi organlarning ishchi yuzasiga payvandlab qoplash uchun uning resursini yangisiga nisbatan bir necha marta yuqori bo'lishini ta'minlaydigan strukturaga, qattiqlikka, yeyilishga chidamlilikka ega bo'lgan materialning tarkibi asoslangan.

materialning yeyilish miqdori, unga asosan esa yeyilish jadalligi tuproqning nisbiy yeyiltirish xususiyatiga, bosimga, ishqalanish yo'liga, ishchi yuzasiga, materialning zichligiga to'g'ri proporsional va ishchi organlari materialining nisbiy yeyilishga chidamliligiga teskari proporsional qonuniyat bo'yicha o'zgarishi aniqlangan;

yerga ilov beruvchi qishloq xo'jalik mashinalari ishchi organlarining resursini u tayyorlangan materialning yeyilishga chidamliligi va unga ta'sir etadigan bosim kuchiga bog'liq holda o'zgarish konuniyati aniqlangan;

qishloq xo'jalik mashinalari ishchi yuzasiga payvandlab qoplash uchun uning resursini yangisiga nisbatan bir necha marta yuqori bo'lishini ta'minlaydigan strukturaga, qattiqlikka, yeyilishga chidamlilikka ega bo'lgan materialning tarkibi asoslangan.

Tadqiqot natijalarining ilmiy ahamiyati yerga ishlov beruvchi qishloq xo'jalik mashinalari ishchi organlari resursi ular ishchi yuzalariga payvandlab qoplangan kompozision material tarkibi, strukturasi, qattiqligi va yeyilishga chidamliligi kabi ko'rsatkichlarga bog'liqligini ifodalovchi bog'lanishlar va hisobiy modellar ishlab chiqilganligi va ulardan shunga o'xshash boshqa ish organlarining yeyilishga chidamliligini oshirishda foydalanish mumkinligidan iborat.

Tadqiqot natijalarining amaliy ahamiyati yerga ishlov beruvchi qishloq xo'jalik mashinalarining ishchi yuzalariga yeyilishga chidamli kompozision materiallarni payvandlab qoplash texnologiyasini ishlab chiqishdan iborat bo'lib, uni qo'llash natijasida ishchi organlarning yeyilishga chidamliligi 2-4 marta ortishi hisobiga yerlarga ishlov berishda yonilg'i sarfi, material va ehtiyot qismlar xarajatlarini kamayishiga erishish bilan izohlanadi.

Bugungi kunda qishloq xo'jaligini rivojlantirish xalq xo'jaligining asosiy ustivor yo'nalishlaridan biridir. Bunda qishloq xo'jalik faoliyatini olib borish ob'yekti tuproq hisoblanadi va unga ishlov beradigan mashinalarga, ayniqsa, pluglarga alohida e'tibor qaratiladi. Shuning uchun qishloq xo'jaligida tuproqqa ishlov beradigan mashinalariga talab katta bo'lib qolmoqda[4].Tuproqqa ishlov beradigan mashinalarning resursiga qo'yilgan talablarga asosan pluglar va kultivatorlarning birinchi inkorgacha ish hajmi 100 soatdan kam bo'lmasligi kerak. Ammo bugungi yerga ishlov beruvchi qishloq xo'jalik mashinalari bu talablariga javob bermayapti. Bu ishlatilayotgan ish organlarni ta'mirlash texnologiyasi jahonning ilg'or ilmiy-texnik yutuqlari asosidagi texnologiyalardan ancha ortda qolganligidan dalolat beradi. Tuproqqa ishlov beradigan mashinalarning ish organlari abraziv yeyilish sharoitida ishlagani uchun bu mashinalarning resursi ish organlarning resursi bilan ifodalanadi [5].

Qishloq xo'jalik texnikalari yassi ish organlarining asosiy yeyilish turi bo'lib quyidagilar hisoblanadi: abraziv yeyilish – 47 foiz, fretting-korroziyal yeyilish – 16 foiz, adgeziyal yeyilish – 14 foiz va boshqalar – 23 foiz. Ushbu detallarni yeyilishining o'ziga xos xususiyati yeyilish miqdorining kattaligi bo'lib, ularda yeyilish miqdori 20-30 mm gacha yetadi, ayrim hollarda, shaklini yo'qotishiga olib keladi. Shuning uchun ham bu detallarning ishonchliligi va resursini sezilarli darajada orttirish talab etiladi [6].

Bugungi kunda yerga ishlov beruvchi qishloq xo'jalik mashinalarini yeyilgan detallarini qayta tiklash bir muncha qiyinchiliklar tug'dirib kelmoqda. Yeyilish detallarning o'zaro ta'siri yoki muhit ta'siri natijasida yuzaga kelib, yuza qatlamida mikroqirqilishlar, qizish, oksidlanishlar sodir bo'ladi. Bu jarayonlar natijasida uning strukturasi, fizik-mexanik xossalari va materiallarning kimyoviy tarkibi o'zgarishi mumkin.

Qishloq xo'jalik va yo'l qurilish mashinalarining ko'pgina detallari abraziv yeyilish oqibatida ishdan chiqadi. Abraziv yeyilishning sodir bo'lish xarakteri detal va abraziv materialining fizik-mexanik xossalriga, kontakt yuzaning yuklanish darajasiga, yuza qatlamining deformatsiyalanish tezligiga, materialini qizish temperaturasiga va muhitning agressivlik darajasiga bog'liq ravishda keskin o'zgarishi mumkin. Yeyilishga olib keluvchi abraziv zarralar minerallardan (granit, qum, shag'al) yoki materiallardan (birikuvchi detallar materialidan, detallarni yeyilish mahsulotidan, kuyindisidan va boshqalar) iborat bo'lishi mumkin. [7].

Mashinalar ish organlarining abraziv yeyilishi ularni tuproq bilan ta'siri orqali yuzaga keladi. Abraziv yeyilish xarakteri mashina detallari ishchi yuzalariga ta'sir etuvchi qarshilik kuchiga, tuproqning xossalari, tabiati, tarkibi va donadorligiga bog'liq bo'ladi. Chunki tuproqning donadorligi, tarkibi, ishqalanish koeffitsiyenti, yopishqoqligi, tarkibida begona elementlarning borligi yeyilish jarayoni dinamikasini o'zgartirib yuboradi. [8].

Ma'lumki, mashina detallarining yeyilishi – murakkab va xilma-xil hodisalar hamda omillarga bog'liq bo'lgan jarayondir. Har bir alohida holda yeyilish jarayoni va birikmalarning ishlash qobiliyatini yo'qotish sababi yeyilish sharoitiga bog'liq bo'ladi.

Tuproqqa sifatli va talab etilgan agromuddatlarda ishlov berish uchun tuproqqa ishlov beradigan mashinalar ish organlarini doimo soz holda saqlab turish kerak. Ular tig'ining ish davomida o'tmaslanishi, ya'ni yerga yaxshi botmasligi oqibatida tuproqqa ishlov beradigan mashinalarning ekspluatatsion va texnologik ko'rsatkichlari yomonlashadi. Ish organlari tig'ining yeyilish jarayonini nazariy tomondan o'rganmasdan turib tuproqqa ishlov beradigan samarali ish organlarini yaratib bo'lmaydi[9].

Shuning uchun ham ish organlari tig'ining o'tmaslanishini tig'ni hosil qiluvchi barcha parametrlarning abraziv yeyilish davomida o'zgarish dinamikasini o'zaro bog'lanishda keng ko'lamli o'rganish lozim.

XULOSALAR

1. Respublikamiz qishloq xo'jaligida qo'llanilayotgan yerga ishlov beruvchi qishloq xo'jalik mashinalarining ishchi yuzalarini abraziv yeyilishga chidamliligini aniqlash bo'yicha tadqiqotlar olib borilmoqda. Tadqiqot natijalari ko'rsatmoqdaki, ishchi organlarning resersini talab darajasiga yetkazish uchun ularni rivojlangan davlatlarda ishlab chiqarilayotgan texnologiyalar asosida yoki standart talablari asosida ishlab chiqarish kerak.

2. Respublikamizda ishlab chiqarilayotgan yerga ishlov beruvchi qishloq xo'jalik mashinalarining ishchi organlarning resursini oshirish uchun keng qamrovli ilmiy-tadqiqotlar olib borib, ularning natijalari asosida ishchi organlarning ishchi yuzalariga termik ishlov berish yoki istiqbolli kompozitsion materiallarga asoslangan payvandlab qoplash texnologiyalarini joriy etish kerak.

3. Tuproqqa ishlov beradigan mashinalarning ish organlari abraziv muhitda ishlagani sababli ularning shakli va o'lchamlari tez o'zgarib boradi. Zamonoviy xaydov agregatlari ish tezligining 2 baravar oshishi ish organlariga tushadigan yuklanishni 4 martagacha ortib ketishiga olib kelgan, lekin yerga ishlov beruvchi qishloq xo'jalik mashinalarining ish organlari konstruktiv va materialshunoslik jihatidan o'zgarmay kelmoqda. Shuning uchun yerga ishlov beruvchi qishloq xo'jalik mashinalarining ishchi yuzalarini yeyilishga chidamliligini oshirish va uning tig'ini o'tkirlanishini ish davomida ta'minlash o'ta muhim ahamiyatga ega.

4. Tuproqqa ishlov beradigan mashinalar ish organlarining resursini oshirishga yo'naltirilgan tadbirlarni ishlab chiqishda ularni ishlatishda sodir bo'ladigan yeyilish mexanizmi, tuproqning fizik-mexanik va texnologik xossalari ular ish organlarining geometrik shakli va boshqa parametrlari muhim omil bo'lib xizmat qiladi.

5. Ishchi yuzalarni yuqori legirlangan qattiq qotishmalar bilan puxtaligini oshirish, yuqori chastotali tokda qoplash, uglerodga to'yintirish, qattiq qotishmali plastina qo'yish ish organlarning yeyilishga chidamliligini oshirishning nisbatan samarali usuli bo'lib, ularning resursini o'nlab martagacha oshirish imkonini beradi.

Adabiyotlar

- [1]. Нуриев К.К. “Рекомендации по повышению ресурса лемехов и долот двухъярусных плугов.”Ташкент, Издательство “Фан” 2008.-24 стр.
- [2]. T.S. Xudoyberdiyev “Traktor va avtomobillar nazariyasi hamda hisobi”, Toshkent, Fan va texnologiya, 2018 yil.
- [3]. M.Shoumarova, T.Abdullayev. Qishloq xo‘jalik mashinalaridan praktikum. ToshDAU taxririya nashriyoti. 2010.-185
- [4]. Сельскохозяйственные машины. Практикум/ М.Д. Адиньяев, В.Е. Бердишев, И.В. Бумбар и др.; Под редакцией А.П.Тарасенко.-М.: Колос, 2010,-200с
- [5]. Shoumarova M, Abdillayev T. Qishloq xo‘jaligi mashinalari. Toshkent. O‘qituvchi 2002.
- [6]. Hamidov A. Qishloq xo‘jalik mashinalarini loyihalash Toshkent 1994.
- [7]. Abdillayev T. Shoumarova M. G‘alla kombayni va paxta terish mashinalari. Toshkent 2000.
- [8]. Shoumarova M, Abdullayev T. Qishloq xo‘jaligi mashinalari. Toshkent 2006
- [9]. Shoumarova M, Abdillayev T. Qishloq xo‘jaligi mashinalari. Darslikning internetdagi nushasi. Toshkent, 2004 WWW.DIT.cent.r.uz.
- [10]. M.T.Madazimov. PhD dissertatsiya ishi. Gulbaxor-2020
- [11]. Qirg‘izaliyev N. X. ANALYSIS OF WORK CARRIED OUT ON INCREASING THE WORKING RESOURCE OF WORKING PARTS OF AGRICULTURAL MACHINES //World of Scientific news in Science. – 2024. – T. 2. – №. 3. – С. 417-425.
- [12]. Qirg‘izaliyev N., Qayumov H. ONIX VA TRACKER AVTOMOBILLARI KUZOVLARINI RR. FLOOR (ORQA POL) QISMINI PAYVANDLAB USULI //Theoretical aspects in the formation of pedagogical sciences. – 2024. – T. 3. – №. 11. – С. 194-197.
- [13]. Kosimova M., Qirg‘izaliyev N., Abduvohobova L. YUK VAGONLARINI YON DEVORINI PAYVANDLAB TEXNOLOGIYASI //Академические исследования в современной науке. – 2024.– Т. 3. – №. 18. – С. 59-63.

UO‘K 621.791

**EKSKAVATOR CHO‘MICH TISHLARINI PAYVANDLAB QOPLASH QURILMASINI
ISHLAB CHIQISH**

Sh.X. Yo‘ldashev

*Andijon mashinasozlik instituti, O‘zbekiston, ysh.andmi@gmail.com
(Qabul qilindi 24.01.2025 y.)*

Annotatsiya. Ushbu maqolada yo‘l-qurish, qurilish, konchilik va melioratsiya sohalarida keng ishlatiladigan tosh-tuproq qazish mashinalarining asosiy ishchi organi bo‘lgan, hamda tez yeyilib ishdan chiqadigan ekskavatorlarning cho‘mich tishlarini avtomatik usulda payvandlab qoplash uchun, “Shakldor yuzalarni payvandlab qoplash qurilmasi” ishlab chiqilganligi keltirilgan. Qurilma yordamida ko‘p sonli donalik detallarni qayta tiklash va ta‘mirlash ishlarini bajarishda samarali foydalanish mumkinligi asoslangan.

Tayanch so‘zlar: Ekskavator cho‘mich tishi, payvandlab qoplash qurilmasi, qayta tiklash, payvandlash, yeyilish, ishqalanish.

Аннотация. В данной статье приведено, что разработано "Устройство для наплавки фигурных плоскостей" для автоматической наплавки зубьев ковшей быстроизнающихся экскаваторов, являющееся основным рабочим органом каменно-земельно-копательных машин, широко используемых в дорожно-строительной, строительной, горной и мелиоративной отраслях. Обоснована возможность эффективного использования устройства при выполнении восстановительных и ремонтных работ многочисленных штучных деталей.

Ключевые слова: Зуб ковша экскаватора, устройство наплавки, восстановление, сварка, износ, трение.

Abstract. This article describes the development of a "Figure planing device" for automatic soldering of the teeth of the furrow of rapidly wearing excavators, which is the main working organ of stone-earth-digging machines, widely used in the road construction, construction, mining and reclamation industries. The possibility of effectively using the device when performing restoration and repair work on a large number of piece parts has been substantiated.

Key words: Excavator bucket teeth, surfacing device, restoration, welding, wear, friction.

Kirish. Hozirgi kunda respublikamizda olib borilayotgan islohotlar va innovatsiya tizimining keng rivojlanishi natijasida yo‘l-qurish, qurilish, konchilik va melioratsiya sohalaridagi texnika texnologiyalarning zamonga mos kelishi, hamda ulardan maqsadli foydalanish muhim ahamiyatga ega [1].

Respublikamizda ishlatilayotgan texnikalarning aksariyat ishchi organlari tashqi mamlakatlardan olib kelinadi. Bu o‘z navbatida ishchi organning tannarxini bir necha marta ortib kelishiga olib keladi. Ishchi organlardan samarali foydalanish uchun, yangi innovatsion tajribalar asosida yaratilgan texnikalar va ularni mahalliy sharoitda ishlab chiqarishni yo‘lga qo‘yish dolzarb masalalardan hisoblanadi.

Tosh-tuproq qazishda ekskavator cho‘mich tishlari yuza qatlaminin yeyilishga chidamliligini oshirish uchun, ayniqsa yeyilganlarini qayta tiklashda, ma‘lum tarkibli qattiq qotishma hosil qiluvchi kukunsimon kompozitsion materiallar bilan payvandlab qoplanadi. Bunda payvandlash jihozi ish unumining yuqoriligi, har xil sharoitlarda qo‘llash mumkin ekanligi, payvandlash materiali sarfining kamligi, termik ta‘sir zonasining kichikligi, mexanik ishlov berish uchun qo‘yim miqdorining kamligi, mexanizatsiyalashtirish darajasi, sanitar-gigienik muhitning yaxshiligi kabi afzalliklari bilan boshqa usullardan farq qilishi kerak.

Yuqoridagilardan kelib chiqib, yo‘l-qurish, qurilish, konchilik va melioratsiya sohalarida keng ishlatiladigan tosh-tuproq qazish mashinalarining asosiy ishchi organi bo‘lgan, hamda tez yeyilib ishdan chiqadigan ekskavatorlarning cho‘mich tishlarini avtomatik usulda payvandlab qoplash uchun, “Shakldor yuzalarni payvandlab qoplash qurilmasi” (1-rasm) ishlab chiqildi.

Yangi qurilmaning tavsifi. Ushbu qurilma payvandlab qoplash texnikasi turiga kirib, har xil detallarni, masalan ekskavator cho‘mich tishlarini qayta tiklashda avtomatik tarzda payvandlab qoplash ishlarini olib borish uchun xizmat qiladi.

Ma‘lumki payvandlash elektrodining uzluksiz xarakatini ta‘minlovchi xarakatlanuvchi payvandlash kallagi staninaga o‘rnatilgan bo‘lib detalni maxkamlash stoli va payvandlash kallagining xarakatini gidravlik boshqarish tizimi mavjud.

Ushbu texnik yechimning kamchiliklari sifatida payvandlash kallagining gidravlik boshqarish tizimi orqali ilgarilanma-qaytma va ko‘ndalang xarakatini ta‘minlash murakkabdir.

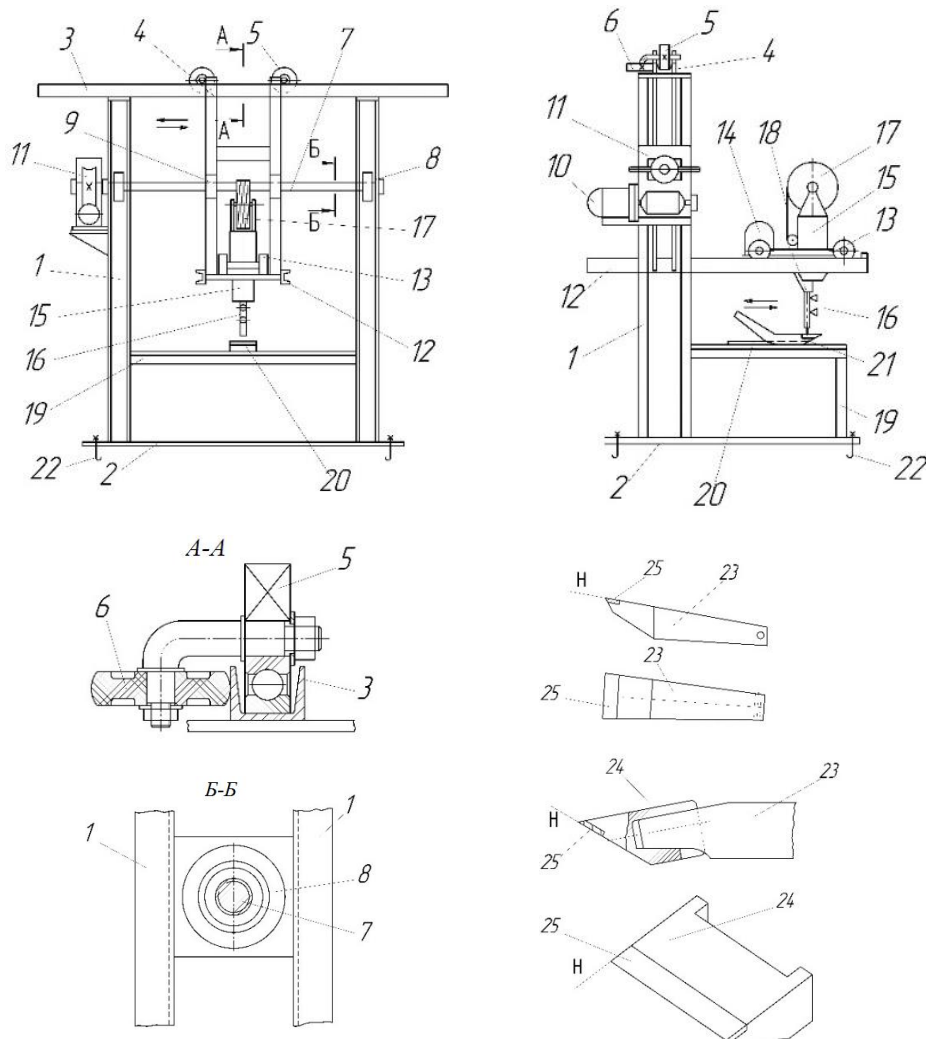
Taklif etilayotgan yangi qurilmaning vazifasi – uning shakldor yuzalarni payvandlab qoplash qurilmasini konstruktiv jixatdan soddalashtirish va payvandlash elektrodi xarakatini masofaviy boshqarish evaziga takomillashtirishdir.

Shakldor yuzalarni payvandlab qoplash qurilmasida belgilangan vazifaga erishish uchun, staninada payvandlash kallagi xarakatlanuvchi traversda ilgarilanma qaytma xarakatlanuvchi karetkaga o‘rnatilgan, ilgarilanma qaytma xarakatlanuvchi moslama va detal maxkamlangan stol, osma travers asosi aylanuvchi valga siljuvchi gaykalar yordamida o‘rnatilgan, val aylanuvchi mexanizm reversiv yuritmasi bilan kinematik bog‘langan staninaning stoykalarida joylashgan tayanch podshibniklarga maxkamlangan bo‘lib, qurilmaning asosiy mexanizmi bo‘lgan payvandlash kallagining ilgarilanma-qaytma va ko‘ndalang xarakatini ta‘minlovchi elektr yuritma masofaviy boshqaruv pulti orqali amalga oshiriladi.

Shakldor yuzalarni payvandlab qoplash qurilmasi platforma 2 ga payvandlangan shveller ustun 1 laridan va osma travers xarakatlanuvchi ko‘ndalang balka 3 dan va xarakatlanuvchi 5 va to‘xtovchi 6 roliklar bilan jixozlangan rama 4 dan iborat [2].

Ustun 1 ga tayanch podshibniklar 8 yordamida o‘rnatilgan aylanuvchi val 7 rama orqali o‘tkazilgan bo‘lib u siljuvchi vintsimon gaykalar 9 bilan kinematik bog‘langan. Val qadamli reversiv elektr yuritma 10 va chervyakli reduktor orqali xarakatlantiriladi. Ramani pastki qismi 4 ga yo‘naltirgich 12 payvandlangan bo‘lib, unda g‘altak 17 va payvandlash simi 18, payvandlash kallagi 15 va mundshtuk 16 va reversiv elektr yuritma o‘rnatilgan karetk 13 xarakatlanadi. Ramaning tag qismida esa shakldor matritsa 20 payvandlab qoplanayotgan detal 21 o‘rnatiladigan stol 19 joylashgan. Qurilmaning turg‘unligini ta‘minlash maqsadida uni anker bolt 22 lar yordamida beton asosga maxkamlanadi. Reversiv elektr yuritma 10 va 14 lar to‘rt tugmali elektron boshqaruv pulti bilan jixozlangan. Bugungi kunda bunday boshqaruv pultrlari aviamodelsozlikda, avtomobilsozlikda va uchuvchi dronlar boshqaruvida keng qo‘llanilmoqda. Boshqaruv jarayonining

moxiyati payvandlash kallagini pultning kerakli tugmalarini bosib o'nga va chapga boshqarishdan iboratdir. Qurilma ma'lum bo'lganligi uchun u xaqda ariza materilallarida to'la yoritilmaydi, faqatgina uning ishlash tamoyili yoritilgan. Ekskavator cho'mich tishlari tutgich 23, kesuvchi qism 24 va qattiq qotishmali qism 25 dan iborat bo'lib, asosan abraziv muxitda ishlab yeyiladigan ishchi qismi qayta tiklanadi.



1-rasm. Shakldor yuzalarni payvandlab qoplash uchun qurilma. 1 – ustun; 2 – platforma; 3 – ko'ndalang balka; 4 – rama; 5 – tayanch rolislari; 6 – tayanch rolislari; 7 – val; 8 – tayanch podshipniklari; 9 – vintsimon gayka; 10 – elektrodvigatel; 11 – chervyakli reduktor; 12 – yo'naltirgich; 13 – karetk; 14 – reversiv elektrodvigatel; 15 – payvandlash kallagi; 16 – mundahtuk; 17 – g'altak; 18 – payvandlash simi; 19 – mahkamlangan stol; 20 – shakldor matritsa; 21 – payvandlab qoplanayotgan detal; 22 – anker boltlar; 23 – tutgich; 24 – kesuvchi qism; 25 – qattiq qotishmali qism.

Shakldor yuzalarni payvandlab qoplash qurilmasi quyidagi tartibda ishlaydi. Ekskavator cho'mich tishining ishchi yuzasi 23 ni matritsa 20 ga maxkamlab olinadi va elektr ta'minoti yoqiladi. Masofadan pult orqali boshqargan xolda karetk 13 ga maxkamlangan payvandlash kallagi detalning yeyilgan yuzasiga olib kelinadi, bunda payvandlash kallagi yo'naltirgich 12 bo'ylab reversiv elektr yuritma 14 orqali ilgariylanma-qaytma xarakatlantiriladi va boshlang'ich nuqtaga moslab olingandan so'ng payvandlash kallagi 15 ishga tushurilib dastaki yoy yordamida payvandlanadi. Dastavval, payvand chok ilgariylanma-qaytma xarakat orqali xarakatlantiriladi va bunda karetk 13 yo'naltirgich bo'ylab xarakatlanadi. Yeyilgan tish yuzasi bo'ylab ko'ndalang chok xosil qilib bo'lgach, ramadagi osma traversdagi payvandlash kallagini tishning bo'ylama yuzasi bo'ylab xarakatlantiriladi. Vintsimon val 7 ni rama 4 ga vintsimon gaykalar yordamida

maxkamlangan chervyakli reduktor 11 reversiv qadamli elektr yuritma 10 orqali aylantiradi, natijada rama ilgariqlanma-qaytma xarakat qiladi. Shu tartibda barcha payvand choklar yarim avtomat tarzda xosil qilinadi [3].

Xulosa. Taklif etayotgan qurilma mavjud analoglariga nisbatan xizmat ko'rsatish soddaligi, inersiyasiz va bir vaqtning o'zida ikkita yo'nalishda xarakatlanib ishlay olishi bilan ajralib turadi. Payvandchi operatorning maxoratidan kelib chiqqan xolda ushbu qurilma yordamida aylanma va murakkab shakldagi payvand choklar xosil qilish mumkin..

Qurilma yordamida ko'p sonli donalik detallarni qayta tiklash va ta'mirlash ishlarini bajarishda samarali foydalanish mumkin.

Adabiyotlar

- [1]. Қосимов К.З. Машина деталлари ресурсини оширишнинг илмий-технологик асослари: Монография.- Андижон.- 2020.- 15 б.
- [2]. Патент Uz FAP 01793. Установка для наплавки фигурных плоскостей // Расмий ахборотнома. - 2022 Бюл. №2. 115-116 б. ВК23К 37/02, В23К 9/04.
- [3]. Yo'ldashev Sh.X., "Ekskavatorlarning cho'mich tishlarini qayta tiklash usulini takomillashtirish" Dis.PhD. Andijon, 2022. – B. 34.
- [4]. Qosimov K., Sh Y. Erosion of the working surface of the metal to weld sheeting with the metal powder and surpassing solid for metals' erosion //International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – 2019. – T. 6. – №. 10. – С. 11147-11152.
- [5]. Йулдашев Ш.Х. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ЗУБЬЕВ КОВШЕЙ ЭКСКАВАТОРОВ // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2023. 11(116). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/16230> (дата обращения: 06.12.2023).
- [6]. Йулдашев Ш.Х. Ейилган деталлари металл кукунлари билан пайвандлаб коплаб, пухталигини ошириш истиқболлари //Фаргона политехника институти илмий-техника журнали. – 2020.
- [7]. КОСИМОВ К. З. и др. Результаты исследований структур и свойств покрытий, полученные контактной приваркой композиционных порошковых материалов //Российский электронный научный журнал. – 2016. – №. 2. – С. 5-11.
- [8]. Йулдашев Ш. Х. У. Результаты экспериментальных исследований по термической обработке зубьев экскаваторов для повышения ресурсности //Universum: технические науки. – 2024. – Т. 5. – №. 4 (121). – С. 59-62.

УДК 677.21

ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СОЕДИНИТЕЛЬНЫХ ШВОВ СПЕЦОДЕЖДЫ ИЗ ВТОРИЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ

М.Х. Исаева, Ф.У. Нигматова, Н.Б. Мирзаева

Ташкентский институт текстильной и лёгкой промышленности, Узбекистан,

maxfuzaisayeva@gmail.com

(Получена 10.02.2025 г.)

Аннотация. Данная статья посвящена определению прочности соединительных швов специальной одежды из вторичных материалов. В эксперименте использовались необработанные и гидрофобные материалы из хлопкового волокна. Полученные данные будут использованы при внедрении в производство полевой одежды для работников агропромышленного комплекса.

Ключевые слова: вторичный материал, прочность шва, разрывная нагрузка, разрывное удлинение, гидрофобная ткань.

Annotatsiya. Ushbu maqola ikkilamchi materiallardan tayyorlangan maxsus kiyimlarning biriktiruvchi choklarining mustahkamligini aniqlashga bag'ishlangan. Tajribada paxta tolasidan olingan ishlov berilmagan va gidrofob materiallardan foydalanildi. Olingan ma'lumotlardan agrosanoat majmuasi ishchilari uchun dala kiyimlarini ishlab chiqarishga joriy etishda foydalaniladi.

Tayanch so'zlar: ikkilamchi material, chok mustahkamligi, uzilish kuchi, uzilishdagi uzayish, gidrofob mato.

Abstract. This article is dedicated to determining the strength of the connecting joints of special clothing made of secondary materials. Untreated and hydrophobic materials from cotton fiber were used in

the experiment. The obtained data will be used in the implementation of field clothing for agricultural workers in production.

Key words: *Secondary material, seam strength, tensile strength, tensile elongation, hydrophobic fabric.*

ВВЕДЕНИЕ

Специальная одежда эксплуатируется в различных условиях. Большое значение при эксплуатации использовании спецодежды для полевых работников АПК имеет сохранение внешнего вида и надежность при эксплуатации изделия в течение всего срока службы. Известно, что на прочность конструкции всего изделия и отдельных узлов влияют различные факторы. Спецодежда представляет собой инженерную систему, состоящую из отдельных частей (деталей), соединенных конструктивными и технологическими швами (технологических узлов конструкции). Надежность всей системы будет зависеть от надежности её элементов, а внешние силовые воздействия распределяются между отдельными элементами. На основе анализа существующей конструкции швов спецодежды определено направление нагрузок на части и узлы спецодежды в процессе эксплуатации. Специальная одежда эксплуатируется в различных условиях. Следовательно, на прочность конструкции всего изделия и отдельных узлов влияют различные факторы. Факторы, влияющие на соединение деталей швейных изделий, по своей природе разнообразны. Все они по-разному воздействуют на средства соединения и в конечном итоге приводят к снижению прочности соединений деталей изделия. Например, пыль не только загрязняет одежду, но и проникает в зоны соединения деталей. В результате действующих циклических нагрузок в изделии пыль вызывает перетирание средств соединения деталей за счет абразивного действия. Действие тепловых факторов приводит к старению и изменению структуры материалов, соединяющих детали - полимера швейной нити, клея в клеевых соединениях или полимера основного материала в сварных соединениях [1]. Следует отметить, что надежность соединительных швов изделия не должна быть ниже надёжности ткани, из которой оно изготовлено.

Поэтому при проектировании швейных изделий важно учитывать условия эксплуатации при выборе метода соединения деталей [2].

Все это также приводит к снижению прочности соединений деталей изделия. Важно отметить, что эти воздействия происходят во время воздействия внешних и иногда внутренних напряжений или под их влиянием.

На качество ниточных соединений в конструкции узла спецодежды влияют различные факторы, обусловленные структурой шва, типом переплетения, свойствами ткани и нити, параметрами шва, технологическими режимами [3]. Толщина ткани влияет на величину конструктивных прибавок и конструкцию шва. Критерием надежности шва при растяжении является работа на разрыв. На прочность соединения деталей также оказывают влияние химические реагенты: кислоты, щелочи, органические растворители и т. п., повышая степень их износа и частично растворяя их.

Внешний вид и прочность одежды и других изделий в определенной степени зависят от прочности швов. Важнейшим показателем, определяющим качество одежды, является прочность соединения. Прочность соединительных швов имеет важное значение для эксплуатационных характеристик одежды и включает в себя основные конструктивные швы. Разрывная нагрузка является основным показателем прочности, учитываемым при оценке ткани, что позволяет определить их долговечность, то есть устойчивость к механическим воздействиям.

Цель работы - определение прочности соединительных швов вторичных материалов для специальной одежды работников АПК и изучение возможностей их применения.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В качестве объекта исследования была выбрана хлопчатобумажная ткань из вторичного сырья предназначенная для изготовления специальной полевой одежды

работников АПК. А также ткань гидрофобной обработки эмульсией на основе олигомеров перфторакрилата и диизоцианата (РДОЭ), предоставленная узбекско-турецким предприятием "Chemical Pulcra." Данные ткани ранее на основе физико-механических и структурных исследований были рекомендованы для изготовления специальной одежды полевых работников. Все образцы ткани выполнены саржевым переплетением.

Авторами проведен тщательный анализ условий труда и внешней среды, а также системное их исследование комплекса опасных и вредных факторов условий эксплуатации полевой одежды, воздействующих на работающих [4]. Изучена топография износа соединительных швов деталей действующей специальной одежды (рис. 1).

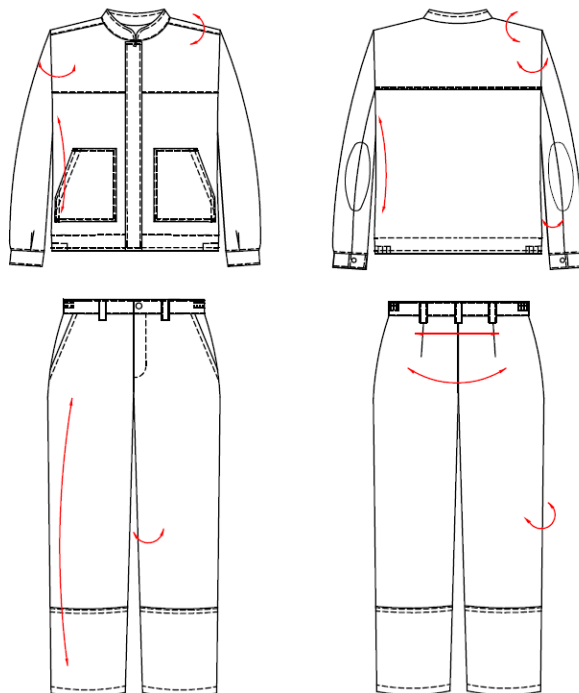


Рис. 1. Участки разрыва швов в специальной одежде.

На основе проведенных исследований установлено, что в процессе трудовой деятельности работников большое напряжение испытывают следующие швы на деталях спецодежды: боковой, плечевой шов куртки и рукава, шов проймы, шаговый и боковой шов брюк, шов средней линии брюк и т.д. При пошиве не соблюдаются существующие условия и стандартные требования [1].

Исследование прочности на разрыв проводили по стандартным методикам [5] на разрывной машине "Autograph" (Япония) (рис.2). Из ткани новой структуры были изготовлены образцы размером 5х30 см.





Рис.2. Разрывная машина "Autograph" (Япония).

В таблице 1 приведены характеристика и схема швов, применяемых в специальной одежде

Характеристика и схемы швов, применяемых в специальной одежде

Таблица 1.

Код шва	Наименование шва	схема	Характеристика шва, (см)	Область использования	Параметры швов
1.01.01	соединительный			Используется для соединения деталей полочки и спинки вдоль боковой линии среза	Нить ПЭ волокнистая 40, игла No100, ширина стежка 2,5 мм
2.02.01	настрочной			Используется при пришивании кармана к верху изделия, при соединении кокетки со спинкой	Нить ПЭ волокнистая 40, игла No100, ширина стежка 2,5 мм
3.14.01	обтачной			Используется при пришивании пояса куртки	Нить ПЭ волокнистая 40, игла No100, ширина стежка 2,5 мм

В образцах выполнены соединительные швы с помощью швейной полиэфирной нити №40, а также игл №100.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ АНАЛИЗ

По результатам исследования выявлено, что прочность стачного шва, выполненного с помощью швейной нити ПЭ № 40 на образце ткани хлопок-100%/хлопок-50%, вискоза-50% с гидрофобной пропиткой при ширине стежка 2,5 мм на 71 Н меньше по основе и 55,7 Н больше по утку, а разрывное удлинение на 17% больше по основе и на 10,3% больше по утку по сравнению с соединительным швом, выполненным на образце ткани без пропитки; при ширине стежка 3 мм, на 49.4 Н больше по основе и на 17 Н больше по утку, а разрывное удлинение больше на 16 % по основе, на 6 % меньше по утку. При ширине стежка 3,5 мм

гидрофобная ткань на 44 Н прочнее по основе, на 40 Н по утку, а разрывное удлинение на 12% больше по основе, на 3% больше по утку (рис.3).

Прочность настрочного шва, выполненного на образце ткани хлопок-100%/хлопок-50% вискоза- 50% с гидрофобной пропиткой при ширине стежка 2,5 мм, на 111,8 Н больше по основе и на 63,7 Н больше по утку по сравнению с соединительным швом, выполненным на образце ткани без пропитки, а разрывное удлинение больше на 12,58 % по основе, на 3,7 % больше по утку. При ширине стежка 3 мм, разрывная нагрузка на 22,7 Н больше по основе и на 45,15 Н больше по утку, а разрывное удлинение больше на 14,2 % по основе, на 3,7 % больше по утку. При ширине стежка 3,5 мм гидрофобная ткань на 57,6 Н прочнее по основе, на 35,5 Н по утку, а разрывное удлинение на 16,7% больше по основе, на 2% больше по утку (рис.4)

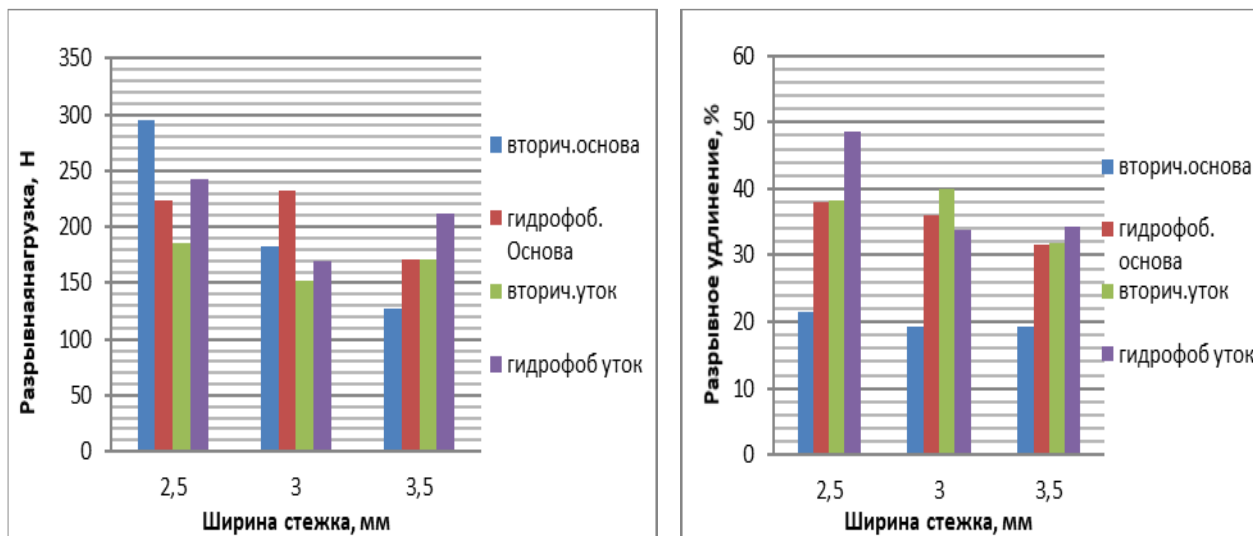


Рис.3. Разрывная нагрузка и разрывное удлинение образцов со стачивающим швом.

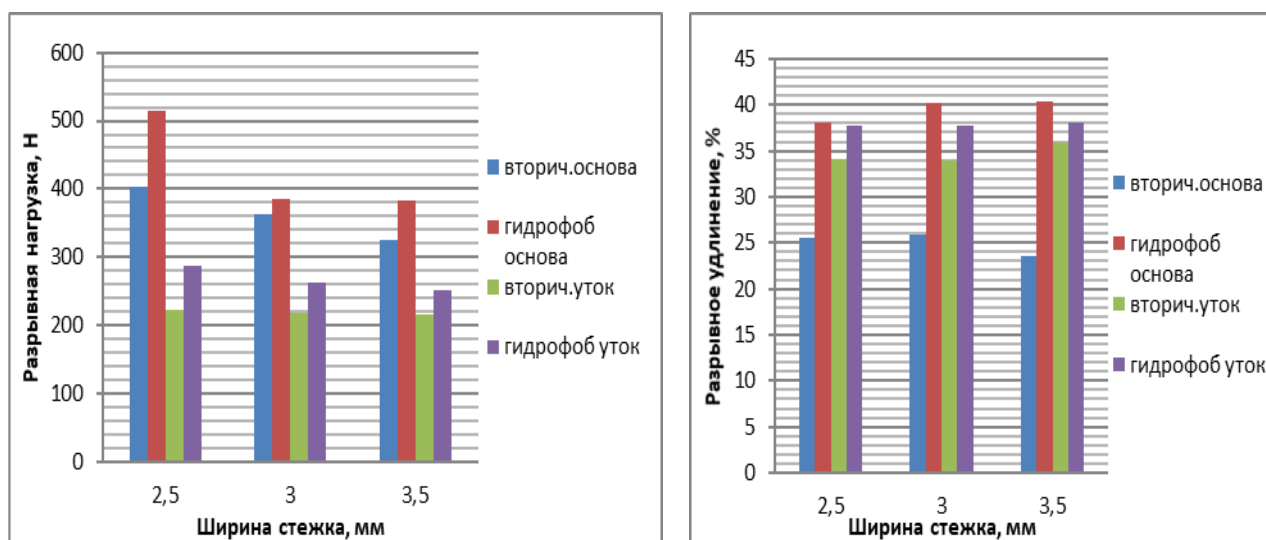


Рис.4.Разрывная нагрузка и разрывное удлинение образцов с настрочным швом.

ВЫВОДЫ

В ходе исследования была проведена оценка прочности соединительных швов спецодежды из вторичной ткани без обработки и вторичной ткани гидрофобной обработки. Экспериментальные результаты показали, что гидрофобная ткань обладает лучшими эксплуатационными характеристиками, что делает её предпочтительной для пошива спецодежды, предназначенной для работников АПК. По результатам проведенных теоретических и экспериментальных исследований, для повышения прочности шва в спецодежде из ткани с новым волокнистым составом гидрофобной обработки для

работников агропромышленного комплекса рекомендуется швейная нить ПЭ с номером 40 и шириной строчки 2,5-3 мм.

Вторичная ткань – это отличный ресурс, который можно использовать наравне с первичной. Она сохраняет прочность, комфорт и функциональность, позволяя создавать новые изделия без потери качества. При работе с вторичной тканью можно применять дополнительные элементы, такие как подлокотники, наколенники, второй слой для усиления прочности, а также декоративные и защитные вставки. Это не только продлевает срок службы изделий, но и делает их более удобными и практичными.

Использование вторичной ткани – это разумный и экологичный подход, который помогает экономить ресурсы, создавая качественные и долговечные вещи.

Список литературы

- [1]. Кокеткин П.П. Одежда: технология-техника, процессы-качество. - М.: МГУДТ, 2001. - 560 с.
- [2]. Кокеткин П.П. Механические и физико-химические способы соединения деталей швейных изделий. - М.: Легкая и пищевая промышленность, 1983. - 200 с.
- [3]. Жихарев А.П. Практикум по материаловедению в производстве изделий легкой промышленности. - М.: Академия, 2004. - 464 с.
- [4]. Исаева М.Х., Нигматова Ф.У., Мирзаева Н.Б. Системные требования, предъявляемые к специальной полевой одежде для работников аграрного сектора // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2023. 12(117).
- [5]. ГОСТ 28073-89. Изделия швейные. Методы определения разрывной нагрузки, удлинения ниточных швов, раздвигаемости нитей ткани в швах.

УДК 677.021.153.7

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ ВОЛОКНИСТЫХ ОТХОДОВ НАТУРАЛЬНОГО ШЕЛКА

Д.У. Арипджанова², Х.Х. Умурзакова¹, Ш.К. Эрматов², С.Ш. Холдарова¹, М.Э. Кенжаева¹

¹Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности,

²Термезский государственный университет инженерии и агротехнологий.

umurzaqova_h@mail.ru

(Получена 10.02.2025 г.)

Аннотация. В данной работе исследованы технологические свойства и составлена классификация волокнистых отходов шелка. С целью использования вторичных отходов натурального шелка, а именно очесов шелкопрядения, как сырья в смеси с шерстью, проведено экспериментальное исследование по изучению итапельной длины волокон. Проведены исследования и анализ отваренного без разрезания оболочки бракованных коконов, что волокнистая структура представляет собой запутанную массу, не поддающуюся распределению без разрыва коконных нитей. Исследованы структура и ряд технологических, физико-механических, фрикционных, электропроводящих свойств этих отходов.

Ключевые слова: волокнистые отходы, дефектные коконы, струна сдира, узелок, одонки, рвань шелка-сырца, очесы, пробные моточки шелка-сырца.

Annotatsiya. Ushbu maqolada ipak tolali chiqindilarning texnologik xususiyatlari o'rganilgan va tasnifi tuzilgan. Tabiiy ipakning ikkilamchi chiqindilarini, ya'ni ipak yigirishda tarash jarayonidagi chiqindilarini jun bilan aralashmasida xomashyo sifatida ishlatish maqsadida tolalarning shtapel uzunligini o'rganish bo'yicha amaliy tadqiqot o'tkazildi. Qobig'i kesilmasdan qaynatilgan nuqsonli pillalarni o'rganish va tahlil qilish shuni ko'rsatdiki, tolali tuzilma chigallashgan massa bo'lib, pilla iplarini uzmasdan yoyib bo'lmaydi. Ushbu chiqindilarning

tuzilishi va bir qator texnologik, fizik-mexanik, ishqalanish va elektr o'tkazuvchanlik xususiyatlari o'rganildi.

Tayanch soʻzlar: tolali chiqindi, nuqsonli pillalar, torsimon los, tugun, qaznoqlar, xom ipak uzuqlari, tarandilar, xom ipak kalavacha namunalari.

Abstract. In this paper, the technological properties of silk fibrous waste are investigated and a classification of them is compiled. In order to use secondary waste of natural silk, namely silk spinning tow, as a raw material in a mixture with wool, an experimental study was conducted to study the staple length of fibers. Research and analysis of defective cocoons boiled without cutting the shell were conducted, which showed that the fibrous structure is a tangled mass that cannot be distributed without breaking the cocoon threads. The structure and a number of technological, physical and mechanical, frictional, and electrically conductive properties of this waste were investigated.

Key words: fibrous waste, defective cocoons, tear string, knot, envelopes, tatters of raw silk, tow, trial skeins of raw silk.

ВВЕДЕНИЕ

Одним из сырьевых ресурсов Республики являются шелковичные коконы и шелк-сырец. Натуральный шелк среди природных волокон обладает самыми высокими прочностными характеристиками, гигиеническими, антисептическими, бактерицидными и хорошими технологическими свойствами, обеспечивающими ему стабильный диапазон применения. Однако, на предприятиях Республики, при производстве одного килограмма шелка-сырца образуется почти столько же различных волокнистых отходов.

За рубежом, в ведущих шелководческих странах, степень переработки коконов тутового шелкопряда значительно выше, выход шелка-сырца достигает 45-46%, выше и степень переработки его волокнистых отходов. Зарубежными и отечественными производителями ведутся постоянные поиски сокращения выхода не утилизируемых отходов шелка. В республике работают две фабрики по переработке отходов шелка в пряжу.

Учеными ТИТЛП разработана безотходная технология переработки натурального шелка, ведётся научно исследовательская работа по нанотехнологии шелка [1-4].

В то же время значительный объем волокнистых отходов шелка остается не утилизированным и реализуется за рубеж по низким ценам. Использование отдельных их видов в шерстопрядении значительно повысит эффективность промышленного производства. Это требует комплексного анализа технологических свойств различных типов отходов, учета их в процессе подготовки к смеси с шерстью и выработки технологии переработки отдельных видов волокон в зависимости от их состояния и свойств. Основные технологические параметры некоторых видов отходов приведены в литературе [5-7].

Используя известную технологию [8] исследованы технологические свойства и составлена классификация волокнистых отходов шелка, условно разделив их на группы:

- отходы в виде целых оболочек неразматываемых коконов;
- оболочки коконов с повреждениями или их фрагменты;
- срезы;
- струна;
- холсты.

Целые оболочки неразматываемых коконов, кроме верхнего слоя сдира, составляющего 9% от массы, представляют собой непрерывную моно-нить, длиной до 1200-1500 м. Внешние и внутренние дефекты оболочки не позволяют её размотать и такие коконы перерабатываются путем дискретизации нити на отдельные волокна различными способами с дальнейшим формированием пряжи. Толщина нити зависит от породы или гибрида и имеет как местную, так и функциональную неровноту. Средняя линейная плотность коконной нити колеблется в пределах от 0,29 до 0,33 текс, а утончается она от начала до конца, примерно, в 1,8-2 раза.

Коконная оболочка, образуемая гусеницей при завивке, представляет собой сложную структуру, составленную из отдельных слоев. Каждый слой образуется укладкой нити в пакеты из серий S – образных витков. Подобная структура самой оболочки предопределяет запутанность волокон при обработке и вероятность затягивания волокон в узлы и жгуты.

Длина отдельных волокон и закон их распределения по длине в общей массе зависит от способа переработки.

Изучение волокнистых отходов шелка показало, что по своим физико-механическим и технологическим характеристикам они существенно отличаются от всех существующих видов текстильного сырья, что предопределяет особенности технологии их переработки в прядении. Эти особенности заключаются в значительном разбросе длины волокон, при незначительном колебании его толщины. Волокнистая масса, содержащая различные по длине фракции волокон, по существующим технологиям не может быть переработана в пряжу, т.к. при настройке оборудования на длинноволокнистую фракцию короткие волокна выпадают из прочеса. При наладке оборудования на короткие волокна длинноволокнистая фракция подвергается разрыву, приводящему к образованию дефектов из-за неконтролируемых плавающих волокон, загущиваний концов волокон и др. Группирование различных видов отходов по длине волокна и раздельная технология их переработки в каждой группе в шелковой промышленности из-за ограниченной сырьевой базы и технологических мощностей экономически не выгодно.

В этих условиях шелкопрядение целесообразно развивать в другом направлении. Поэтому различные виды отходов приводились к близкому по технологическим характеристикам состоянию, но далеко не оптимальному. Наиболее длинные волокна различными способами штапилировались на заданную длину, образуя более или менее однородную волокнистую массу. Для прядения этих волокон были использованы существующие технологии и оборудование, рассчитанные на более длинные волокна, а в частности, ленточные, ровничные и прядильные машины имеющие индекс «И», которые предназначены для переработки искусственных волокон. Известно, что чесание волокон в шелкопрядении в основном осуществляются способами: классическим, гребенным, кардо-гребенным способами.

Из-за не совершенности технологии подготовки к прядению волокнистых отходов шелка различной фракции, многие из их видов не перерабатываются.

В процессе шелкопрядения образуются вторичные волокнистые отходы в виде очесов длиной 40-120 мм, в настоящее время которые также не перерабатываются в республике и в основном экспортируются в Китай по более низким ценам. Отдельными учеными периодически делаются попытки по разработке способов утилизации отходов шелка.

По основному направлению, выбранному исследователями, предполагалось использование этих отходов для производства нетканых материалов иглопробивным или клеевым способом. Нетканые материалы из натурального шелка, вследствие своих высоких гигиенических свойств являются хорошим сырьем для изделий детского ассортимента, а также в качестве подкладочного материала в обувной промышленности. Однако из-за отсутствия технологической цепочки, результаты исследования не внедрены в промышленное производство.

Другим возможным направлением использования не утилизируемых отходов натурального шелка можно считать использование их в качестве исходного сырья для химической промышленности. Уникальные химические свойства фиброина, его аминокислотный состав предполагают широкий возможный диапазон использования. Однако, большинство исследований в этой области направлено на создание технологии его растворения в специальном растворе, с последующим формированием через фильеры для получения шелковой нити [9]. Хотя работы в этом направлении ведутся в течение ряда лет, по прочности эти волокна не приближаются к натуральному шелку, а сами разработки находятся на стадии экспериментов.

Наиболее перспективным направлением использования не утилизируемых текстильной промышленностью отходов шелка можно считать использование волокнистой массы коротковолокнистых отходов в качестве исходного сырья для бумажной промышленности для производства ценных сортов бумаги.

С целью использования вторичных отходов натурального шелка, а именно очесов шелкопрядения, как сырья в смеси с шерстью, проведено экспериментальное исследование по изучению штапельной длины волокон. Штапельный анализ образца массой 100 мг проводили по методике определения длины волокон для длиноволокнистого сырья, льна и кенафа.

Из образца осторожно вытаскивались волокна шелка с последующим измерением длины на бархатной доске. Распределение волокон в общей массе определялось весовым методом и пересчетом условного количества волокон. Результаты приведены в таблице 1.

Таблица 1

Распределение волокон по длине в волокнистой массе очесов шелкопрядения

Длина группы волокон, мм	По числу нитей, %	По массе, %
0-10	-	-
11-20	-	-
21-30	-	-
31-40	1,5	2,1
41-50	3,3	4,8
51-60	4,3	7,0
61-70	13,0	9,5
71-80	10,4	8,7
81-90	15,2	8,5
91-100	18,0	13,2
101-110	23,3	25,2
111-120	8,0	16,5
Более – 120	2,5	4,1

Анализ табл. 3.2 показывает, что в очесах шелкопрядения длина основной массы находится в пределах 80-120 мм, волокна длиной до 40 мм составили всего 1,5%. Это объясняется тем, что иностранная шелкопрядильная фабрика «Silver-Silk» в г. Ташкенте при подготовке сырья путем размотки бракованных коконов использует систему неконтролируемой размотки линейной плотности шелка.

Проведенными электронно-микроскопическими исследованиями поверхности коконных нитей с пятнистых участков оболочки выявлено (рис. 1) частичное разрушение структуры нити, серицинового слоя и повреждение фибрилл, образование поперечных и продольных трещин и разрывов, изменение формы, изогнутости и загущенности. Эти дефекты приводят к снижению прочности коконной нити.



1



2



3

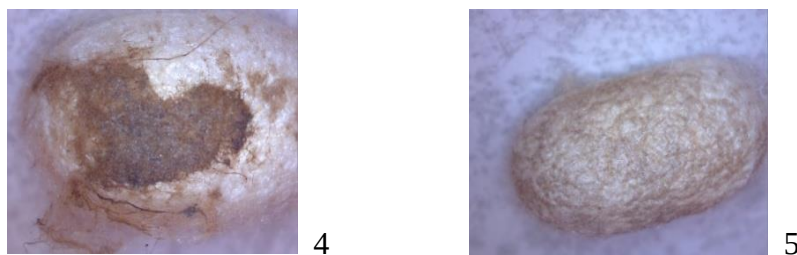


Рис 1. Результаты электронного микрофотографирования поверхности коконных нитей с пятнистых участков оболочки коконов: 1 – бездефектная оболочка коконов; 2 – с черными пятнами; 3 – оболочка с коричневыми пятнами; 4 – с бурыми пятнами; 5 – с желтыми пятнами.

Результаты одиночной размотки коконов (по 50 шт.) породы Узбекистан-5 показали, что наличие бурых пятен снижает выход шелка сырца, по отношению к бездефектной оболочке на 15,7%; черных пятен на 10,0 %; коричневых на 16,45 %; а желтых на 19,1 % (рис 2).

Результаты исследования дефектной оболочки коконов, еще раз доказывают, что из подобных коконов нецелесообразно разматывать шелк-сырец, а получать шелковую массу как сырьё для шелкопрядения.

Проведенными нами экспериментальными исследованиями и анализом отваренного без разрезания оболочки бракованных коконов доказано, что волокнистая структура представляет собой запутанную массу, не поддающуюся распределению без разрыва коконных нитей. При разрезании оболочки в любом направлении образуемая коротковолокнистая фракция предопределяет потерю в шелкопрядении до 25 % массы исходного сырья.

В целях подготовки волокнистых отходов шелка, как сырья для смеси с шерстью, исследованы структура и ряд технологических, физико-механических, фрикционных, диэлектрических и электрических и др. свойств этих отходов [10-14].

Результаты исследования линейных поперечников и поверхностные дефекты волокон шелка приводятся в табл. 2 и 3.

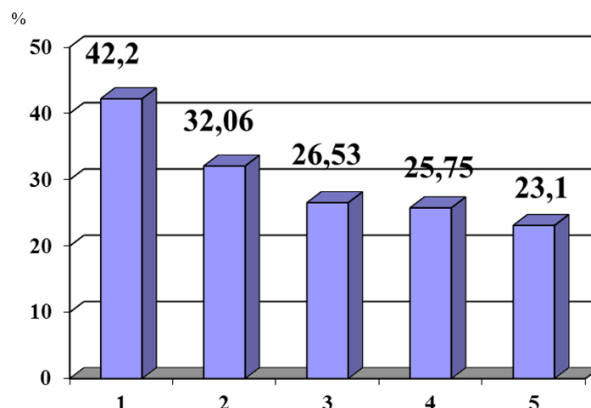


Рис 2. Результаты одиночной размотки и выход коконной нити. 1 – бездефектной оболочки коконов; 2 – с черными пятнами; 3 – оболочки с коричневыми пятнами; 4 – с бурыми пятнами; 5 – с желтыми пятнами.

Таблица 2.

Линейный поперечник волокон шелка

Виды волокон параметры	Струна сдира	Узелки	Пробные маточки шелка- сырца	Волокна из одонков	Очесы с чесальных машин	Очесы отбеленные	Рвань шелка- сырца
Линейный поперечник (мм)	0,0142	0,0123	0,132	0,0137	0,0142	0,0148	0,0781
Сред. квадратическое отклонение (мм)	0,020	0,0018	0,015	0,0044	0,0023	0,0028	0,016
Коэффициент вариации (%)	13,8	14,6	11,4	32,1	16,4	19,0	20,5

Таблица 3

Поверхностные дефекты волокон шелка

№	Дефекты	Виды волокон	Линейный поперечник (мм)	Наплыв серицина на поверхности (%)	Извитость (%)	Поперечные трещины, надрывы (%)	Расщепление шелковин (%)	Сор, загрязнения поверхности (%)	Утолщения, малые налеты (%)	Смятость, излом (%)
1.	Струна сдира		0,0142	35	60	20	-	-	-	20
2.	Узелки		0,0123	30	40	33	-	-	-	-
3.	Шелк-сырец (пробная моточка)		0,132	-	-	-	36	30	-	-
4.	Одонки		0,0137	4	10	-	-	20	20	-
5.	Очесы с чесальных машин		0,0142	0,4	-	-	-	-	-	-
6.	Отбеленные очесы		0,0148	8,3	-	20	-	-	-	10
7.	Рвань шелка-сырца		0,0781	12	-	30	70	-	10	-

Как видно из табл. 2 и 3, самым подходящим сырьем для смеси с волокном шерсти являются очесы с чесальных машин, где наблюдается самый низкий наплыв серицина на поверхности (0,4%), отсутствие других дефектов, а также низкий коэффициент вариации по линейному поперечнику (16,4 %).

Исследование фрикционных свойств волокон очень важно по нескольким причинам. Фрикционные параметры волокон определяют протекание технологических процессов, особенно в прядении. Взаимодействие между волокнами сказывается на равноте получаемых полуфабрикатов, прочности волокнистых материалов, необходимой крутке. Но с другой стороны, фрикционные свойства характеризуют состояние и свойства поверхности волокон: особенности структуры, дефектность, наличие на поверхности различных веществ, электризуемость и т.д.

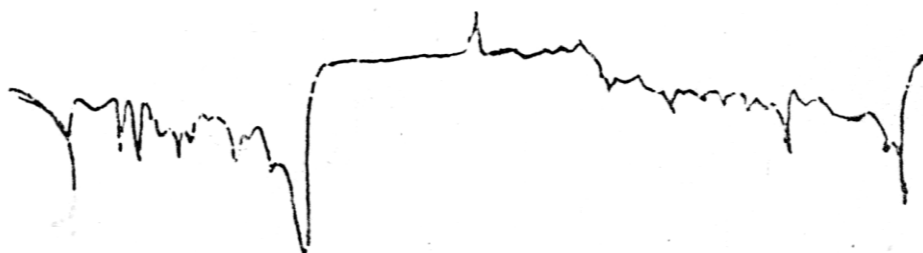
Для характеристики фрикционных свойств волокнистых отходов натурального шелка определяли коэффициент тангенциального сдвига (КТС). КТС вычисляли на основе диаграмм изменения силы тангенциального сдвига при перемещении друг по другу двух скрещенных одиночных волокон (комплексов). Натяжение неподвижного волокна равнялось 0,5 сН, скорость подвижного волокна составляла $2 \cdot 10^{-3}$ м/с. Давление подвижного волокна на неподвижное равно 0,02 сН, а длина перемещения волокна – 10 мм. Перед испытанием волокна в течение суток выдерживали в помещении при относительной влажности воздуха 65% и температуре 20°C. Результаты исследования КТС приводятся табл. 4.

Исследования фрикционных свойствах шелка волокно установлено, что при переработке волокнистых отходов в шелковую пряжу необходим тщательный подбор сырья с учетом линейных плотностей волокон и КТС.

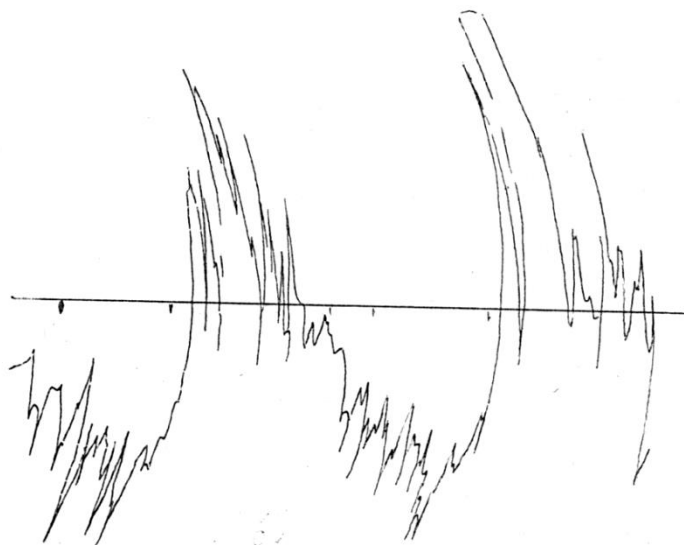
Таблица 4

Значения коэффициента тангенциального сдвига волокон шелка

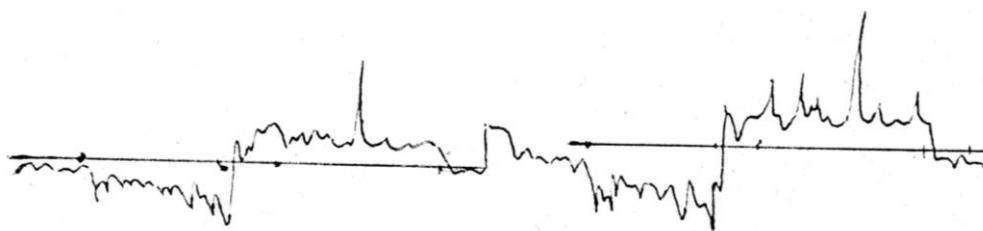
Вид волокон	Линейный поперечник (мм)	Параметры		
		Значение КТС	Среднеквадратическое отклонение КТС	Коэффициент вариации КТС (%)
<u>Струна сдира:</u> одиночные волокна	0,014	0,12	0,051	42,0
комплексы	0,059	0,61	0,14	23,0
<u>Узелки:</u> одиночные волокна	0,012	0,13	0,062	23,0
комплексы	0,065	0,72	0,17	24,0
<u>Шелк – сырец</u> (пробная маточка)	0,13	0,26	0,120	46,0
<u>Волокна из одонков</u>	0,014	0,17	0,065	38,0
<u>Очесы с чесальных машин</u>	0,014	0,19	0,064	33,0
<u>Очесы отбеленные</u>	0,015	0,15	0,041	27,0
<u>Рвань шелка-сырца</u>	0,078	0,29	0,072	27,0



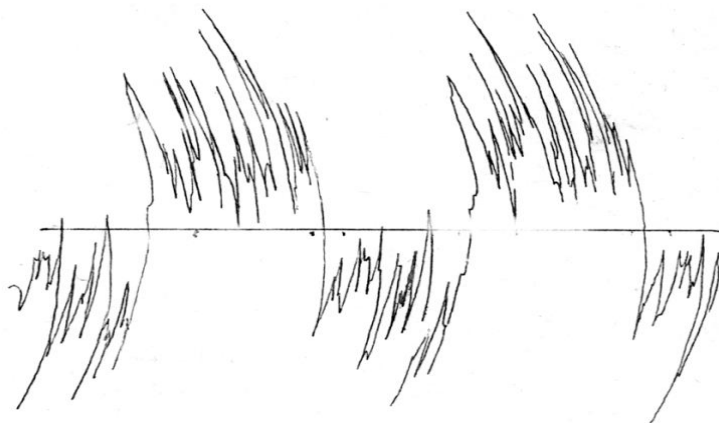
а) Струны сдира (разделенные)



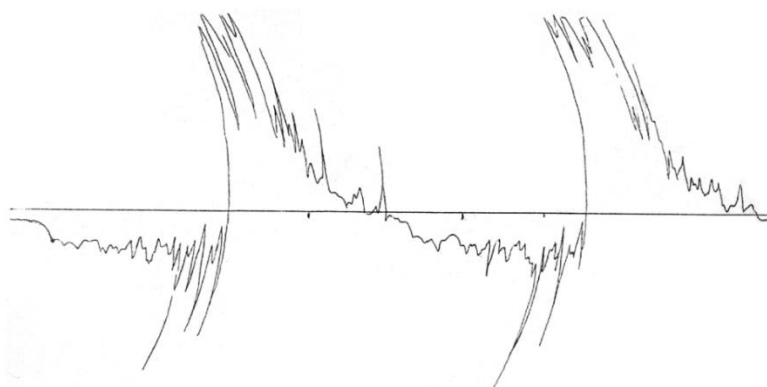
б) Струны сдира (комплексы)



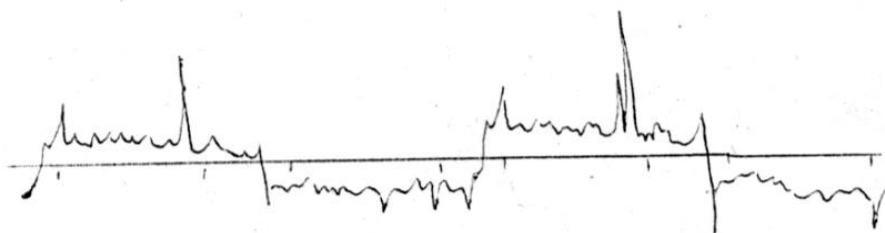
в) Узелок (разделенный)



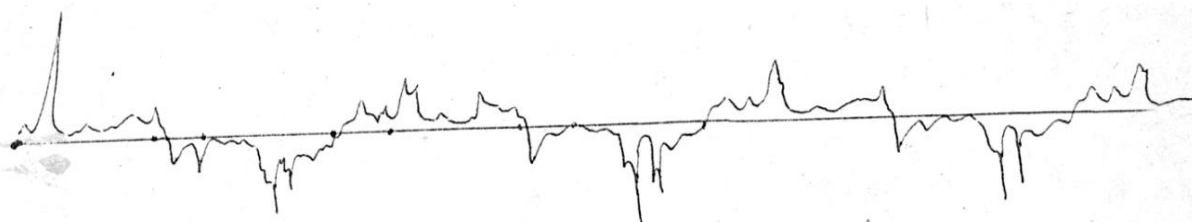
г) Узелок



д) Шелк – сырец. (комплекс)



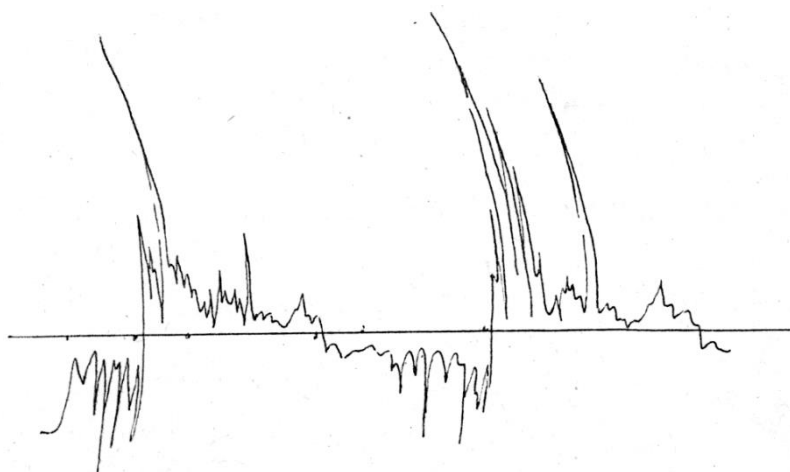
е) Шелк – сырец. (одиночный)



з) Холст из одонков



и) Очесы



к) Рвань шелка – сырца.

Рис. 3. Диаграммы трения волокон

На основе исследования фрикционных свойств установлено, что КТС различных волокнистых отходов отличается друг от друга и лежит в пределах 0,12-0,72. При переработке волокнистых отходов натурального шелка в пряжу необходимо учитывать линейную плотность волокон и коэффициента тангенциального сдвига при трении (КТС).

ВЫВОД

Путем электронной микроскопии поверхности коконных нитей и пятнистых участков оболочки коконов гибрида Узбекистан -5, а также одиночной их размотки установлено, что по отношению к бездефектной, выход шелка-сырца снижается с оболочек: с бурыми пятнами на 15,7%, черными на 10,0 %, коричневыми на 16,5 %, а желтыми на 19,1 % (абс). Экспериментальными исследованиями установлено, что в процессе предварительной очистки и промывки выход волокна шерсти состави 43-59%.

На основе исследования диэлектрических, электрических и трибонических свойств обоснована целесообразность использования вторичных отходов шелка (очесов шелкопрядения) в смеси с волокном шерсти.

Список литературы

- [1]. Алимова Х.А., Саидова Р.А., Арипджанова Д.У., Гуламов А.Э. Состояние и развитие нанотехнологии шелка. // Ж. Проблемы текстиля, -2012. -№2. -С. 35-42.
- [2]. Алимова Х.А., Арипджанова Д.У., Гуламов А.Э., Саидова Р.А., Хайдаров К.Б. Способ получения порошка из натурального шелка. № IAP 05153. 2016 г. Бюл. №8.
- [3]. Алимова Х.А. и др. Нанотехнологии и сырье для наночастицы натурального шелка // Ж. Проблемы текстиля. Ташкент. -2013. -№3. -С.31-38.
- [4]. Алимова Х.А., Арипджанова Д.У., Гуламов А.Э., Умурзакова Х.Х. Наноиндустрия в текстильной технологии Ташкент. Ж. Проблемы текстиля -2017. -№4. -С. 20-25.

- [5]. Alimova Kh.A., Bobatov U.A., Akhmedov J.A., Sobirov Q.E., Umurzakova Kh. The formation of defects during the reeling of raw silk // Journal of Physics: AIP Conference Series, 2021 J. Phys.: Conf. Ser. 1889 042049.
- [6]. Хабибуллаев Д.А., Умурзакова Х.Х. Свойства пряжи из смешанных волокон // Проблемы текстильной отрасли и пути их решения: Сборник научных трудов Всероссийского круглого стола с международным участием (22 декабря 2020 г.). – М.: РГУ им. А.Н. Косыгина, 2021. -271 с. -С. 255-257.
- [7]. Хайдаров И.У., Хабибуллаев Д.А., Умурзакова Х.Х., Собиров Қ.Э. Поликомпонентли ип ишлаб чиқариш учун тоғалар аралашмасини оптималлаштириш // J.Result of national scientific research international. Volume 2 Issue 7, 2023. P.211-226.
- [8]. 8.Alimova X.A., Akhmedov J.A. Ipak ishlab chiqarishda chiqindisiz texnologiya. Darslik. Tashkent. «Noshir» - 2022. -197 b.
- [9]. Худойбердиева Д.Б. и др. Использование раствора фиброина в производстве химических волокон. // Ж. Шелк. Рс/УзНИИНТИ. -1986. -№1. -С. 23.
- [10]. Алимова Х.А., Арипджанова Д.У., Гуламов А.Э., Хайдаров К.Б., Умурзакова Х.Х. Структура и свойства некоторых видов шелкового волокна. // Ж. Композиционные материалы. - 2013. -№2. -С. 4-7.
- [11]. Алимова Х.А., Арипджанова Д.У., Гуламов А.Э., Умурзакова Х.Х., Боботов У.А., Хайдаров К.Б., Прочностные свойства волокнистых отходов натурального шелка. // Ж. Композиционные материалы. - 2013. -№3. -С. 22-26.
- [12]. Алимова Х.А., Арипджанова Д.У., Хайдаров К.Б., Кабулова Н.Ж. Фрикционные свойства натурального шелка. // Ж. Композиционные материалы. - 2013. -№2. -С. 25-27.
- [13]. Алимова Х.А., Хайдаров К.Б., Гуламов А.Э., Арипджанова Д.У. Диэлектрические и электрические свойства волокон шелка. // Ж. Проблемы текстиля. - 2013. -№3. -С. 19-23.
- [14]. Алимова Х.А., Арипджанова Д.У., Умурзакова Х.Х., Гуламов А.Э., Хайдаров К.Б. Физические свойства отдельных видов шелкового волокна. // Ж. Композиционные материалы. - 2014. -№1. -С. 26-30.

УДК 677.021.152

PAXTANI MAYDA IFLOSLIKLARDAN TOZALASH MASHINASINING KO‘P OMILLI TAJIRIBA NATIJALARI

A. Djuraev¹, O. Rajabov², tayanch doktorant O. Qorachaeva³

¹Toshkent to‘qimachilik va yengil sanoat instituti,

²Namangan to‘qimachilik sanoati instituti

³Andijon davlat texnika instituti

[\(Qabul qilindi 10.02.2025 y.\)](#)

Annotatsiya. Maqolada paxta xom ashyosini mayda chiqindilardan tozalash mashinasiga qayishqoq tayanchli yangi ko‘p qirrali to‘rli sirtning konstruktiv sxemasi va ishlash printsipi keltirilgan. Tavsiya qilingan qayishqoq tayanchli yangi ko‘p qirrali to‘rli sirtini to‘liq faktorli tajriba natijalari berilgan. Tozalash samarasini belgilovchi tenglama olinib, parametrlarni optimal qiymatlarini aniqlash bo‘yicha bog‘lanishlar grafiklari qurilgan. Taxlillar asosida tavsiya qilingan qayishqoq tayanchli yangi ko‘p qillari to‘rli sirt parametrlarining optimal qiymatlari aniqlangan.

Tayanch so‘zlar: qayishqoq tayanch, paxta xomashyosi, baraban, tozalash samaradorligi, rezina, to‘rli sirt, mayda ifloslik.

Аннотация. В статье представлена конструктивная схема и принцип работы нового многофасетного сетчатого покрытия с липкой основой для машины очистки хлопкового сырья от мелких загрязнений. Приведены результаты полнофакторного эксперимента для рекомендованного сетчатого покрытия с липкой основой. Получено уравнение, определяющее эффективность очистки, и построены графики зависимостей для нахождения оптимальных значений параметров. На основе анализов определены оптимальные значения параметров рекомендованного нового многофасетного сетчатого покрытия с липкой основой.

Ключевые слова: липкая основа, хлопковое сырьё, барaban, эффективность очистки, резина, сетчатое покрытие, мелкие загрязнения.

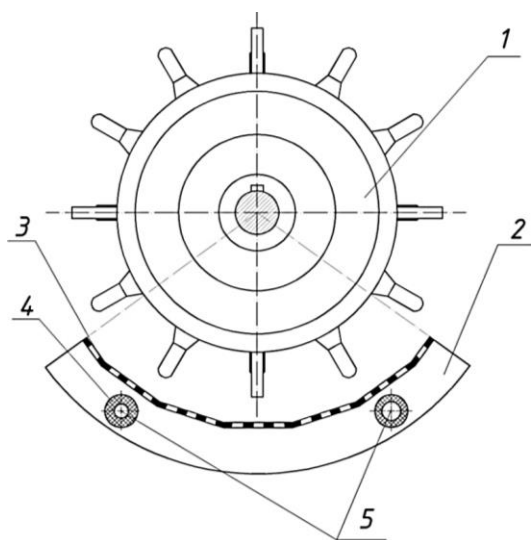
Abstract. The article presents the design scheme and operating principle of a new multi-faceted mesh surface with a sticky base for a cotton cleaning machine to remove fine impurities. The results of a full-factor experiment on the recommended sticky base new multi-faceted mesh surface are provided. A

formula determining the cleaning efficiency is derived, and connection graphs are constructed to identify the optimal values of the parameters. Based on the analysis, the optimal values of the parameters for the recommended sticky base new multi-faceted mesh surface are determined."

Key words: sticky base, cotton raw material, drum, cleaning efficiency, rubber, mesh surface, fine impurities.

Hozirgi kunda paxta mayda iflosliklardan tozalovchi mashinadagi mavjud to'rtli sirt tozalagich korpusida qattiq maxkamlangan, aylana yoyi bo'yicha bukilgan bo'lib, har xil shakldagi katakchalarga ega. Bunday konstruksiyaning asosiy kamchiligi to'rtli sirtning qo'zg'almasligi, to'rtli sirt yuzasi bilan paxtaning o'zaro ta'sirining pastligi bo'lib, natijada paxta xom ashyosining tozalanishiga salbiy ta'sir ko'rsatmoqda [3].

Tavsiya etilayotgan konstruksiyada to'rtli sirt qayishqoq tayanchlar orqali korpusga mahkamlanadi. Shu sababli paxtaning to'rtli yuza bilan o'zaro xarakati natijasida, qayishqoq tayanchlar hisobiga to'rtli sirtning tebranishi yuzaga keladi. Bunda to'rtli sirtning chap tomonida birinchi bo'lib joylashgan qayishqoq vtulka, o'ng tomoniga joylashgan vtulkaga nisbatan qalinroq qilib tayyorlangan. Bu esa o'z navbatida, tozalagichning qoziqli barabani bilan paxta xom-ashyosi o'tkazilishining boshida to'rtli sirtning eng yuqori amplituda tebranishini ta'minlab beradi. Tavsiya etilayotgan konstruksiya quyidagi 1-rasmda keltirilgan.



1-rasm. Qayishqoq tayanchli ko'p qirrali to'rtli yuza konstruksiya sxemasi. 1-qoziqli baraban, 2-ko'p qirrali to'rtli sirt asosi, 3- ko'p qirrali to'rtli sirt yuzasi, 4-qayishqoq element, 5-to'rtli sirt tayanchlari.

O'z navbatida mavjud konstruksiyaning yana bir kamchiligi to'rtli sirt bilan paxta orasidagi ta'sir talab darajasida emasligi va to'rtli sirt yuzasidan paxtaning o'tishida o'zgarmaydigan xarakati va shu bilan birgalikda paxtaning to'rtli yuzasi bilan kerak bo'lgan darajada impulsning pastligi va paxta tozalash samaradorligiga to'siq bo'ladigan to'rtli sirtning ichki yoy yuzasi bo'yicha o'tish jarayonida ularning kerakli darajada to'xtashi pastligidir.

Qo'yilgan masalani yechilishi to'rtli yuzani xosil qiladigan yassilik bo'yicha egri chiziq yo'nalishi zonasida o'tiladigan paxta xarakati yo'lini ta'minlab berish orqali to'rtli yuza sirtining takomillashtirish yo'li bilan amalga oshiriladi. Bunda ko'p qirrali to'rtli yuzaning paxta bilan o'zaro xarakatlari yo'nalishlari siklik o'zgarib turadi. Bu esa o'z navbatida paxtadan mayda iflosliklarni ajralib ketishiga unumli foyda beradi [4].

Ko'p omilli tajribalarni matematik modeli. UXK paxta tozalash mashinasining mayda chiqindilardan tozalash zonasiga o'rnatilgan yangi qayishqoq tayanchli

ko'p qirrali to'rtli sirtlarni qo'llash natijasida tajribalarni matematik modelashtirish usulidan foydalanildi.

Paxtani mayda iflosliklardan tozalash jarayoniga ta'sir qiluvchi bu omillarni, ya'ni kiruvchi omillarni kodlashtirib olindi. Bunda: x_1 – ko'p qirrali to'rtli yuza qirralari soni; x_2 – qoziqli baraban va to'rtli yuza orasidasi tirqish; x_3 – ko'p qirrali to'rtli yuza tayanchlaridagi rezinaning qattiqligi (Shoru bo'yicha) Kiruvchi omillarning qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan. Chiquvchi omil sifatida esa paxtaning tozalash samaradorligi va chigitning mexanik shikastlanishi olindi. Yuqorida ta'kidlanganlardan kelib chiqqan holda qoziqli barabanning maqbul parametrlarini aniqlash uchun baholovchi mezon sifatida paxtaning tozalash samaradorligi qabul qilindi.

Ta'sir etuvchi, ya'ni kiruvchi faktorlar kodlashtirib olindi.

X_1 – ko'p qirrali to'rtli yuza qirralari soni;

X_2 – qoziqli baraban va to'rtli yuza orasidasi tirqish (mm);

X_3 – ko'p qirrali to'rtli yuza tayanchlaridagi rezinaning qattiqligi (Shoru bo'yicha) (N/mm^2);

Kiruvchi omillarning qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan.

Omilning nomi	Kodlashtirilgan belgisi	Omilning haqiqiy qiymati					O'zgarish oralig'i
		-1,682	-1	0	+1	+1,682	
Ko'p qirrali to'rli yuza qirralari soni;	x_1	22,64	4	6	8	9,36	2
Qoziqli baraban va to'rli yuza orasidasi tirqish (mm);	x_2	12,64	14	16	18	19,36	2
Ko'p qirrali to'rli yuza tayanchlaridagi rezinaning qattiqligi (Shoru bo'yicha) (N/mm^2);	x_3	35,68	42,5	52,5	62,5	69,32	10

Y-chiquvchi omil sifatida chigitli paxtaning tozalash samaradorligi

Kiruvchi omillar va chiquvchi omilning tozalash samaradorligiga ta'sirini ko'p omilli tajriba orqali o'rganamiz. Buning uchun rejalashtirish matritsasi tuzib olinadi. Xar bir sharoitda tajribalar 3 martadan takroran o'tkaziladi. Bu xolda tajribalar soni quyidagi ifoda bilan aniqlanadi.

$$N=2^k+2k+n_0=2^3+2\cdot 3+6=20$$

Tajriba natijasida olingan tozalash samaradorligining takroriy qiymatlarini o'rta arifmetikasi xisoblandi. Bunda natijalarni o'rta arifmetik qiymati qo'yidagicha aniqlanadi.

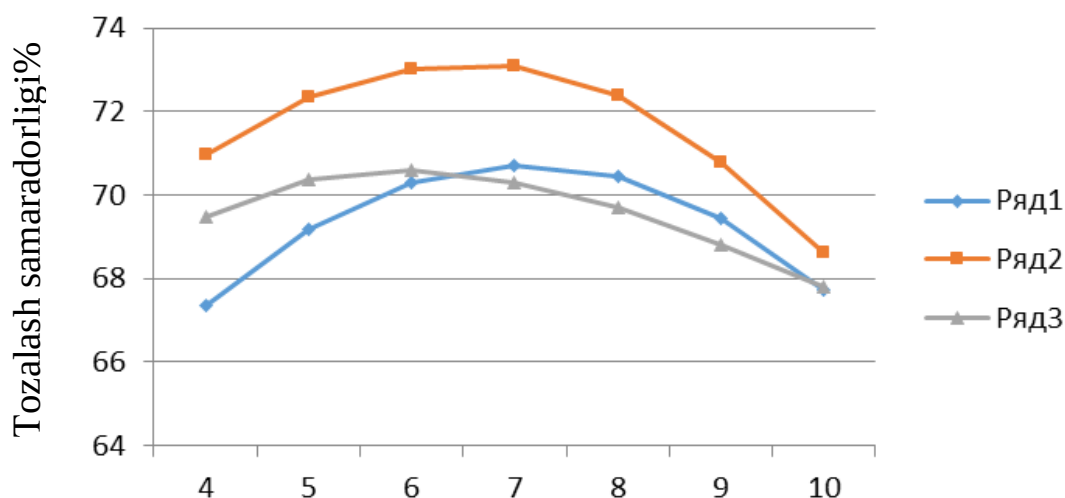
$$\bar{Y} = \frac{\bar{Y}_{i1} + \bar{Y}_{i2} + \bar{Y}_{i3}}{3}$$

Hisoblashlardan kelib chiqib regressiya tenglamasi quyidagicha ko'rinishda bo'ladi:

$$Y = 73,01 + 0,618x_1 + 0,071x_2 + 0,0649x_3 - 0,632x_1x_2 - 0,282x_1x_3 - 0,0925x_2x_3 - 1,41x_1^2 - 1,427x_2^2 - 1,047x_3^2$$

Olingan modelning adekvatligini tekshirish uchun Fisher kriteriyasining formulalaridan foydalanildi.

Tajriba natijalarini tahlili. Tadqiqotlarni yanada oydinlashtirish maqsadida tenglamani sonli yechimini EXM ning Exsel dasturida yechilib, parametrlarni bog'liqlik grafiklari olindi (2,3,4,5-rasmlar).

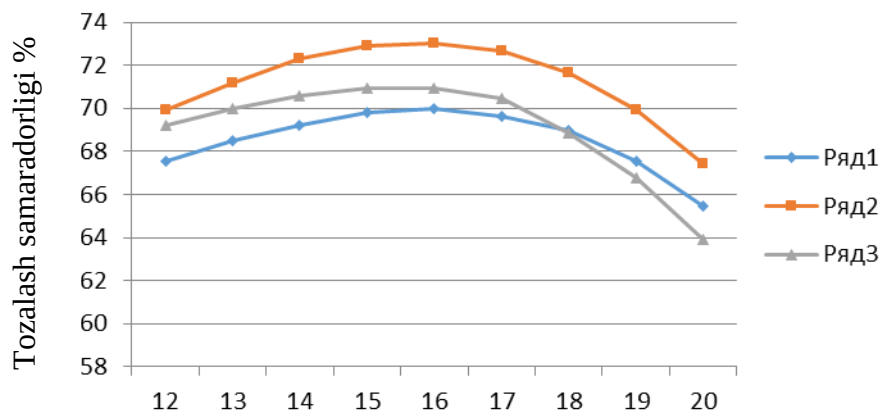


2-rasm. Tozalash samaradorligini ko'p qirrali to'rli yuza qirralar soniga bog'liq ravishda o'zgarish grafigi.

2-rasmda ko'p qirrali to'qli yuza qirralari sonini tozalash samaradorligiga bog'liqlik grafigi keltirilgan. Diagrammadagi birinchi grafik x_2 va x_3 larning quyi qiymatlaridagi, ikkinchi grafik oraliq qiymatlardagi, uchinchi grafik esa yuqori qiymatdagisidir.

Grafiklar shuni ko'rsatdiki, ko'p qirrali to'qli yuza qirralari sonini 4 tadan 8 tagacha ortganda tozalash samaradorligiga o'z ta'sirini ko'rsatdi.

Diagrammadagi birinchi grafik x_2 va x_3 larning quyi qiymatlari $x_2=14mm$, $x_3=42,5 N/mm^2$ bo'lganda tozalash samaradorligi aniqlandi. Bunda ko'p qirrali to'qli sirtidagi virralar soni 4 ta bo'lganda, tozalash samaradorligi 67,3% eng past natijani, 7 ta gacha oshirib borilganda tozalash samaradorligi eng yuqori qiymatga bordi va 70,7% natijani, qirralar sonini 10 tagacha oshirganimizda esa tozalash samaradorligi pasayib 67,7% ga tushganligi kuzatildi. Ikkinchi grafik x_2 va x_3 larning o'rta qiymatlarda $x_2=16mm$, $x_3=52,5 N/mm^2$ bo'lganda tozalash samaradorligi aniqlandi. Agar ko'p qirrali to'qli sirtidagi qirralar soni 4ta bo'lganda tozalash samaradorligi 70,98% eng past natijani, 7 tagacha oshirganimizda esa tozalash samaradorligi ortib borib eng yuqori 73,1% natija olindi va 10 tagacha oshirganimizda tozalash samaradorligi pasayib 68,6% gacha borganini ko'rsatdi. Uchinchi grafik x_2 va x_3 larning yuqori qiymatlarda $x_2=18mm$, $x_3=62,5 N/mm^2$ bo'lganda, to'qli yuza qirralar sonini o'zgartirib tajribalar o'tkazildi. Bunda ko'p qirrali to'qli yuza qirralar soni 4 ta bo'lganda, 69,46% tozalash samaradorligiga, 6 tagacha oshirganimizda esa tozalash samaradorligi ortib borib eng yuqori 70,58% gacha ortib bordi, 10 tada esa tozalash samaradorligi 67,8% ga pasayib borganligi kuzatildi. Grafiklar tahlilidan shuni ko'rish mumkinki, ko'p qirrali to'qli yuza qirralar soni quyi qiymatlarida tozalash samaradorligi pastroq, qirralar sonining o'rta qiymatlarida esa tozalash samaradorligi yuqoriroq ko'rsatkichda bo'lganligi aniqlandi. Tajribaviy tadqiqotlarda tozalash mashinasining ko'p qirrali to'qli yuzasi qirralar sonining yuqori qiymatlarida tekshirilganda ya'ni, 10 da paxta xomashyosi mayda iflosliklarni tozalash zonasida paxtaning to'r yuzasi bilan kerak bo'lgan darajada impulsning pastligi bo'lishi, natijada esa mashinaning tozalash samaradorligi pasayib borganligini ko'rishimiz mumkin. Ko'p qirrali to'qli yuzaning qirralar soni 7 ta bo'lganda mashinaning tozalash samarasi eng yuqori, ya'ni 73,1% da tozalaganligini ko'rsatdi.



3-rasm. Qoziqli baraban va to'qli sirt orasidagi masofaning tozalash samaradorligigiga bog'liqlik grafigi.

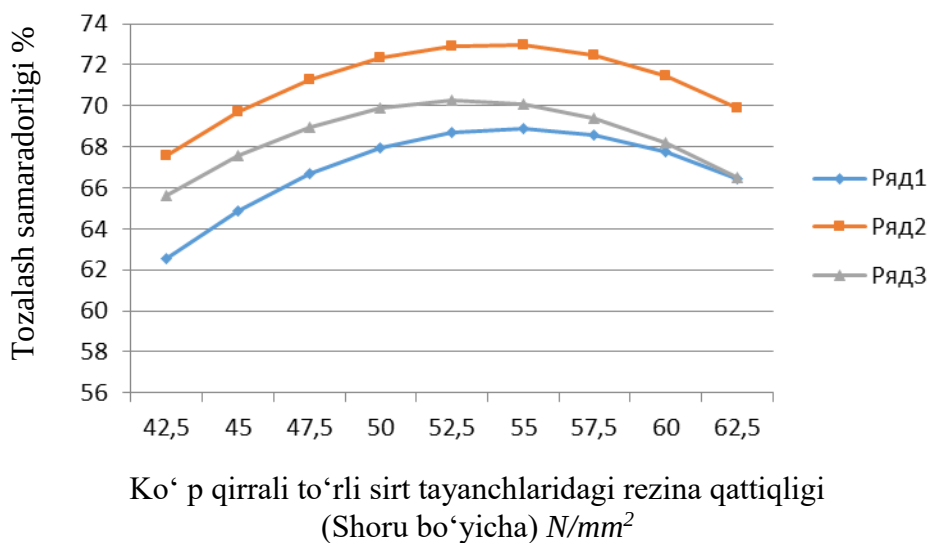
Bunda qoziqli baraban va to'qli sirt orasidagi masofa $x_2=12 mm$ dan $x_2=20 mm$ gacha oshganda tozalash samaradorligiga ta'siri aniqlandi. 1-grafikda x_1 va x_3 larning quyi qiymatlarida, ya'ni $x_1=4ta$, $x_3=42,5 N/mm^2$ bo'lganda qoziqli baraban va to'qli sirt orasidagi masofani o'zgartirib tajriba o'tkazildi. Bunda qoziqli baraban va to'qli sirt orasidagi masofa $x_2=12 mm$ da 67,55% tozalash samaradorlikka, $x_2=16mm$ da tozalash samaradorligi eng yuqori 70% gacha ortib bordi, $x_2=20mm$ da esa tozalash samaradorligi 65,47% gacha pasayib borganligi kuzatildi. 2-grafikda x_1 va x_3 larning o'rta qiymatlarida $x_1=6ta$, $x_3=52,5 N/mm^2$ bo'lganda tozalash samaradorligiga ta'sir ko'rsatishi o'rganildi. Agar qoziqli baraban va to'qli sirt orasidagi masofa $x_2=12mm$ bo'lganda 69,9% tozalash samaradorligiga, $x_2=16mm$ bo'lganda ortib 73 % tozalash samaradorligiga, $x_2=20 mm$ oraliq masofada esa tozalash samaradorligi pasayib borganligi va bu ko'rsatkich 67,44%

ekanligi aniqlandi. 3-grafikda x_1 va x_3 larning yuqori qiymatlarida $x_1=8$ ta, $x_3=62,5$ N/mm^2 bo'lganda tozalash samaradorligiga ta'siri o'rganildi. Bunda qoziqli baraban va to'rtli sirt orasidagi masofa $x_2=12$ mm bo'lganda 69,2% tozalash samaradorligiga, $x_2=16$ mm da tozalash samaradorligi ortib borib 70,95% samaradorlikda tozaganligini ko'rsatdi. Oraliq masofa $x_2=20$ mm da esa tozalash samaradorligi 63,93% gacha pasayib borganligi kuzatildi. Grafik tahlilidan shu ma'lum bo'ldiki, qoziqli baraban va to'rtli sirt orasidagi masofa o'zgarishi tozalash samaradorligiga o'z ta'sirini ko'rsatar ekan.

Olingan natijalar va grafiklardan ko'rinadiki, qoziqli baraban va to'rtli sirt orasidagi masofa 15 – 16 mm orliqda bo'lganda paxta xom-ashyosining tozalash samaradorligi yuqori bo'lganligi aniqlandi.

4-rasmda Ko'p qirrali to'rtli sirt tayanchlaridagi rezina vtulkaning qattiqligini tozalash samaradorligiga bog'liqlik grafiklari keltirilgan. Grafikdagi birinchi chiziqda x_1 va x_2 larning quyi qiymatlaridagi, ikkinchi chiziq o'rta qiymatlardagi va uchinchi chiziq yuqori qiymatdagisidir.

Bunda ko'p qirrali to'rtli sirt tayanchlaridagi rezina vtulkaning qattiqligi 42,5 N/mm^2 dan 62,5 N/mm^2 gacha oshganda tozalash samaradorligiga ta'siri o'rganildi. 1-grafikda x_1 va x_2 larning quyi qiymatlarida ya'ni, $x_1=4$ ta, $x_2 = 14$ mm bo'lganda to'rtli sirt tayanchlarida rezina vtulka birkligini o'zgartirib tajriba o'tkazildi. Bunda rezina qattiqligi 42,5 N/mm^2 da tekshirilganda 62,56 % tozalash samaradorligiga, 55 N/mm^2 ga oshirilganda esa tozalash samaradorligi ortib borib eng yuqori 68,89%, 55 N/mm^2 ga oshirilganda tozalash samaradorligi pasayib 66,4% ga pasayib borganligi kuzatildi.



4-rasm. Tozalash samaradorligini to'rtli sirt tayanchlaridagi rezina qattiqligiga (Shoru bo'yicha) bog'liq ravishda o'zgarish grafigi.

Diagrammadagi 2-grafikda x_1 va x_2 larning o'rta qiymatlarida ya'ni, $x_1=6$ ta, $x_2=16$ mm bo'lganda tozalash samaradorligiga ta'siri o'rganildi. Agar to'rtli sirt tayanchlaridagi rezina qattiqligi quyi qiymati 42,5 N/mm^2 bo'lganda, tozalash samaradorligiga 67,56 % ni, rezina qattiqligining qiymati 55 N/mm^2 da tozalash samaradorligi eng yuqori 72,96% ga, rezina qattiqligi 62,5 N/mm^2 gacha oshirilganda esa tozalash samaradorligi 69,9% ga pasayib borganligi kuzatildi. 3-grafikda esa x_1 va x_2 larning yuqori qiymatlarida ya'ni, $x_1=8$ ta, $x_2=18$ mm bo'lganda tajribalar o'tkazildi. Bunda to'rtli sirt tayanchlaridagi rezina qattiqligi 42,5 N/mm^2 bo'lganda tozalash samarasi 65,62% ni tashkil etdi. Agar $x_3=52,5$ N/mm^2 gacha ortirilganda tozalash samaradorligi ortib borib 70,24% natijani ko'rsatdi. Rezina qattiqligi eng yuqori 62,5 N/mm^2 gacha oshirib borganimizda esa tozalash samaradorligi 66,48 % gacha pasayib borganligi kuzatildi.

Grafik tahlilidan shu ma'lum bo'ldiki, rezinaning qattiqligi o'zgarishi tozalash samaradorligiga o'z ta'sirini ko'rsatar ekan. Agar to'rtli sirt tayanchlariga rezina qattiqligi 52,5 – 55 N/mm^2 oraliqdagi rezina markasi o'rnatilganda paxta xom-ashyosini yuqori samaradorlikda tozalash

imkonini bera oladi

Xulosa. To'liq omilli tajribalar asosida takomillashtirilgan paxtani mayda chiqindilardan tozalash mashinasining ishchi parametrlarini optimal qiymatlari aniqlandi. Umumiy grafiklar tahlili va olingan regressiya tenglamasi ekstremumga yechilib, yangi to'rtli sirtning tozalash samaradorligi ortishini ta'minlovchi quyidagi maqbul qiymatlari topildi. Unga ko'ra $n=7$ ta, $\delta=16\text{mm}$ va to'rtli sirt tayanchlariga rezina qattiqligi $52,5 - 55 \text{ N/mm}^2$. Topilgan maqbul qiymatlarda baholash mezonining qiymati, ya'ni mashinaning tozalash samaradorligi $72,9\%$ ni tashkil etdi.

Aadabiyotlar

- [1]. Омонов. Ф.Б. Пахтани дастлабки ишлаш маълумотномаси Ташкент: “Фан” 2006-403бет
- [2]. John Baffes. The “Cotton Problem”. Trade department. The world bank Washington, USA d.c. 20433/September 2004
- [3]. Джураев А., Ражабов О., Далиев Ш. Патент. Рес.Узб/ ИАП 20170019/
- [4]. Сетчатая поверхность очистителя волокнистого материала
- [5]. Маматов А.З. Технологик жараёнларни математик моделлаштириш. Ташкент . “Фан” 2005 й 39-45.
- [6]. Rajabov O. Paxta xomashyosini mayda iflosliklardan tozalash texnologiyasini takomillashtirish. Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) dissertatsiyasi avtoreferati. Namangan 2019 y.
- [7]. Juraev Anvar and Rajabov Ozod. Analysis of the interaction of Fibrous Material with a Multifaceted Grid of the cleaner, International Journal of Recent Technology and Engineering, vol. 8, 1, 2019, pp. 2661-2666.
- [8]. Rajabov O.I. The influence of the mode of movement of the pieces cotton when interacting with a cotton grid // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology (India). Vol. 6, Issue 3, March 2019. P. 8455-8381
- [9]. A.Djuraev, K.Yuldashev, O.Teshaboev “Development of construction of a screw conveyer that transports and cleans cotton, justification of screw parameters” E3S Web of Conferences 471, 04011 (2024) TITDS-XIV-2023 P. 1-8 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202447104011/>
- [10]. Ergashev, J., & Mamadaliyeva, Z. (2024). Research on the design of teenage clothing set from knitted fabrics with high heat retention properties in automated design systems. *AIP Conference Proceedings*, 3045, 030035. <https://doi.org/10.1063/5.0197841>

БАРАБАНЛИ ҚУРИТГИЧДА МИНЕРАЛ ЎҒИТЛАРНИНГ ДИНАМИК ОҚИМ СТРУКТУРАСИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ

Ж.О. Шукруллаев, Х.Ф. Джураев

Бухоро муҳандислик-технология институти,

E-mail djuraev_xf@mail.ru

(Қабул қилинди 12.12.2024 й.)

Аннотация. Мақолада, барабанли қуритгичнинг қўндаланг ва бўйлама кесим юзаси бўйича сочулувчан минерал ўғитларнинг мақбул динамик оқим структурасини ташкил этиш орқали қуритиш жараёнини жадаллаштиришга қаратилган тадқиқотлар келтирилган. Қуритгичда сочулувчан маҳсулотларнинг бир меъёрга аралашши самарадорлиги, барабаннинг қиялик бурчагига, айланишлар сонига, насадкаларнинг геометрик шаклига ҳамда қиялик бурчагига боғлиқлиги асосланган. Барабаннинг марказий ва ён томон зоналари бўйича маҳсулот заррачаларининг ҳаракат траекторияларини тавсифловчи схемалар олиниб, заррачага таъсир этувчи кучлар аниқланган. Насадкалар орқали барабаннинг марказий зонасидан ҳамда ён томон сиртидан сирпаниб юқорига қўтарилаётган ва пастга қараб йўналаётган заррачаларнинг мувозонат шартларини аниқлашга қаратилган тадқиқот натижалари келтирилган.

Таянч сўзлар: қуритиш, сочулувчан маҳсулот, барабали қуритгич, заррача, насадка, оқим, аралашши коэффициент, барабаннинг бурчак тезлиги.

Аннотация. В статье приведены результаты исследования, направленные на ускорение процесса сушки за счет создания оптимальной динамической структуры потоков дисперсных минеральных удобрений на поперечной и продольной поверхности барабанной сушилки. Обосновано, что эффективность равномерного перемешивания дисперсных продуктов в сушилке зависит от угла наклона барабана, числа оборотов, геометрической формы насадки и её угла наклона.

Получены схемы, описывающие траектории движения частиц продукта по центральной и боковым зонам барабанной сушилки, определены силы действующие на частицы. А также представлены результаты исследований, направленных на определение условий равновесия частиц, поднимающих вверх из центральной зоны барабана и скользящих вниз с боковой поверхности барабана.

Ключевые слова: сушка, дисперсный материал, барабанная сушилка, частица, насадка, поток, коэффициент перемешивания, угловая скорость барабана

Abstract. The article presents research aimed at intensifying the drying process of dispersed mineral fertilizers by organizing an optimal dynamic flow structure across the transverse and longitudinal cross-sections of a drum dryer. The efficiency of uniform mixing of dispersed products in the dryer is substantiated based on the drum's inclination angle, rotation speed, the geometric shape of baffles, and their inclination angle. Schematics describing the movement trajectories of product particles in the central and side zones of the drum are provided, and the forces acting on the particles are identified. The study also includes results on determining the equilibrium conditions of particles slipping and being lifted from the central zone and side surface of the drum via baffles, both upward and downward.

Keywords: drying, dispersed product, drum dryer, particle, baffle, flow, mixing coefficient, angular velocity of the drum/

Кириш

Қишлоқ хўжалиги тармоқларида тупроқ унумдорлигини, ўсимликларнинг ҳосилдорлигини ошириш учун сифатли қуритилган минерал ўғитларга кундан кунга талаб ошиб бормоқда. Ҳозирги кунда, минерал ўғитларни қуритиш тизимида энергияни кўп талаб этадиган қуритигичлардан фойдаланиб келинмоқда. Қуритилаётган сочулувчан маҳсулотларнинг ўлчами, бошланғич намлик даражалари, маҳсулотнинг ишчи камерада ҳаракатланиш траекториясини характерловчи параметрларнинг мақбул режимларини асослаш муҳим вазифалардан ҳисобланади [1,2].

Кимё саноати қурилмаларида фазалараро контактлашув тизимининг тўғри ташкил этилмаганлиги, иссиқлик ва моддаалмашинув жараёнларига салбий таъсир этади. Шунга кўра, иссиқлик ва моддаалмашинув аппаратларини лойиҳалаш, технологик қурилма ва аппаратларда борадиган жараёнларни жадалаштириш масаласини ечишда фазалар аро оқимлар структурасини тадқиқ қилиш талаб этилади [3,4].

Бир қатор олимлар томонидан оқимлар структурасини тавсифловчи моделларни ишлаб чиқишда барабанли қуритиш қурилмаларининг маълум оралиқ зоналари бўйича маҳсулотни аралашиш коэффициентини ҳамда фазаларнинг контактлашув юзаси - насадкаларнинг геометрик шакли ва ишчи камерада жойлашув траекториясига боғлиқлиги бўйича тадқиқотлар амалга оширилиб, бир қатор гипотезалар илгари сурилган.

Минерал ўғитларни қуритиш жараёнида қаттиқ ва газ фазаларининг контактлашув юзаларини ҳамда мувозонат шартларини ифодалашда диффузион моделнинг авфзалликлари бўйича тадқиқотлар илгари сурилган. Диффузия моделининг авфзаллиги шундаки, қуритиш камерасининг бутун ҳажми бўйича заррачаларнинг ҳаракатланишини тавсифловчи тенгламалар ечимини талаб қилмайди. Аммо, муҳитнинг ўртача тезлиги, заррачаларнинг аралашиш коэффициентини характерловчи нотекис тезлик майдонининг параметрларини ҳисобга олади [5,6]. Лекин, бундай тенгламанинг ечими учун аппаратнинг бўйлама, кўндаланг кесим юзалари бўйича фазаларнинг аралашиш коэффициентини аниқлаш талаб этилади. Шунга кўра, қуритиш камерасида ҳаракатланаётган сочулувчан маҳсулотларнинг барабан ички ҳажми бўйича тенг тақсимланишини таъминлашда ишчи камерадаги насадкаларнинг геометрик шакли, жойлашуви асосида маҳсулот динамик оқим структурасининг оптимал режимларини ишлаб чиқиш муҳим вазифа ҳисобланади.

Тадқиқот усуллари

Тадқиқотлар асосида минерал ўғитларни қуритиш жараёни давомида қуйидаги омилларнинг таъсир чегаралари таҳлил қилинди: -минерал ўғитларнинг донаторлик даражаси; -насадкаларнинг геометрик шакли, қиялик бурчаги; -барабаннинг айланиш

эса 10минутни ташкил этаяпти. Ушбу катталиклар барабанли куритгичнинг $5\div 7$ айл./мин ораликлари диапазони бўйича аниқланди [1].

Тадқиқот натижалари

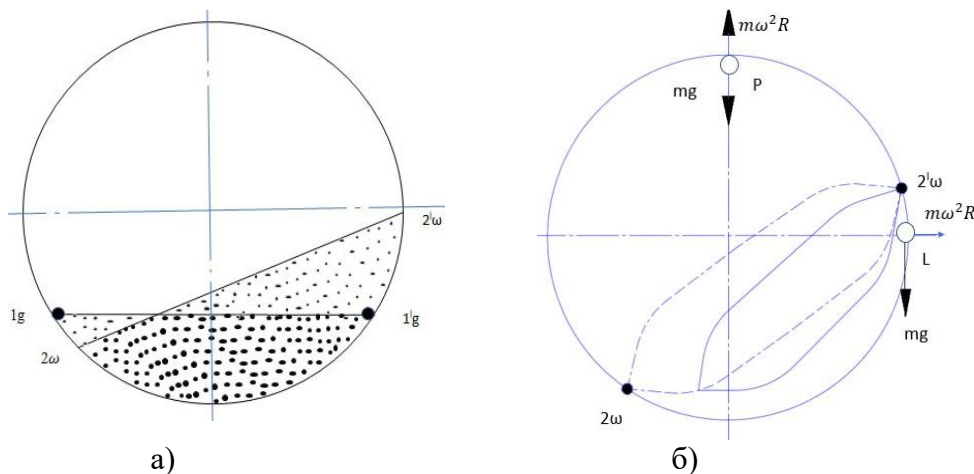
Сочулувчан маҳсулотларнинг барабан кесим юзаси бўйича тенг тақсимланишини ифодалашда бир ўлчамли диффузия модели қўлланилиб, куритиш аппаратининг бошланғич зонасига қабул қилинаётган, ишчи камера бўйлаб насадкалар орқали сочилаётган ҳамда куритгичнинг охириг зонасига етиб бораётган маҳсулотнинг аралашуш даражаси рангли индикатор асосида аниқланди. Маҳсулотнинг аралашуш жараёнини тадқиқ қилиш учун фазалар оқимининг қарама - қарши йўналиши бўйича бир ўлчамли диффузия модели ўринли эканлигини инобатга оладиган бўлсак, у ҳолда газ фазаси бўйича диффузия моделини қуйидаги тенглама орқали ифодаланади [8,9]:

$$\vartheta_{\text{кур.агент}} \cdot \frac{dC_{\text{зар}}}{dz} = D_{\text{арал}} \frac{d^2 C_{\text{зар}}}{dz^2} \pm R_c \quad (2)$$

бу ерда: $D_{\text{арал}}$ - қаттиқ жисм заррачаларининг газ фазасидаги аралашуш коэффициентини, $\text{м}^2/\text{с}$; $C_{\text{зар}}$ –газ системаси таркибидаги заррачаларнинг концентрацияси, $\text{кг}/\text{м}^3$; $\vartheta_{\text{кур.агент}}$ - куритувчи агент тезлиги, $\text{м}/\text{с}$; z - маҳсулот ҳаракатининг бўйлама координатаси; $\pm$ - куритиш аппаратиға қабул қилинаётган ва чиқиб кетаётган компонентлар; $R_c = j dF/dV$ фазалар аро алмашуш коэффициентини.

Насадкаға нисбатан тинч турган ёки аралашаётган маҳсулот чегара қатламларидаги заррачаларнинг эгри чизиқли ҳаракат траекторияларини ҳисобға олган ҳолда, айланма ҳаракат қилаётган барабан ва насадкалар аро маҳсулотнинг силжиши ва барабаннинг ички ҳажми бўйича тарқалишини қуйидагича изоҳлаш мумкин:

-сочулувчан маҳсулот барабаннинг айланиши билан датлабки тинч $1_g - 1_g^I$ ҳолатдан аралашуш ҳолатига $2_\omega - 2_\omega^I$ ўтади (3а-расм);



3-расм. Маҳсулотнинг барабанли куритгичдаги ҳаракат схемаси.

-барабаннинг айланиш частотасига боғлиқ ҳолда маҳсулот ёпиқ циркуляцияли ҳаракатни ҳосил қилади;

-барабан айланиш частотасининг маълум бир қийматида маҳсулот барабан узунлиги бўйича ҳаракатланиб, маҳсулотнинг тинг ҳолатда эгаллаган барабан сегментиға нисбатан маълум бир баландлик бўйича кўтарилиб, заррачаларнинг пастға йўналиши ва ҳажм бўйича тарқалиши юзаға келади. Маҳсулотнинг бундай ҳаракати ва аралашуш жараёни барабаннинг $0,53\div 0,71$ оралиғидаги бурчак тезлиги $\omega_{кр}$ да ҳосил бўлади. Бундай бурчак тезлиғида маҳсулот заррачалари барабан билан биргаликда айлана бошлайди (3 б-расм).

Барабан бурчак тезлигининг критик қийматини аниқлаш учун силлиқ айланаётган барабаннинг кўндаланг кесими бўйича заррачаларнинг мувозонат шартларини L ва

Рнукталарда кўриб чиқамиз (3б-расм). У ҳолда тенглама L ва P нукта бўйича қуйидаги кўринишга эга бўлади [8,10,11]:

$$L \text{ бўйича: } mg - f_{\text{ишк}} \cdot m \cdot \omega_{кр}^2 \cdot R = 0 \Rightarrow \omega_{кр} = \sqrt{\frac{g}{f_{\text{ишк}} R}} \quad (3)$$

$$P \text{ бўйича: } mg - m \cdot \omega_{кр}^2 \cdot R = 0 \Rightarrow \omega_{кр} = \sqrt{\frac{g}{R}} \quad (4)$$

бу ерда: m -заррача массаси, кг; g - эркин тушиш тезланиши, м/с²; $f_{\text{ишк}}$ -барабаннинг ички юзасида заррачанинг ишқаланиш коэффициентини; R -барабаннинг айланиш ўқидан, диаметри d ташкил этган заррача оғирлиги марказигача бўлган масофа, бунда R барабаннинг радиусига тенг бўлиб, $R \gg d$ ҳолат ўринли ҳисобланади [12].

Агар барабаннинг тўлиш даражаси ζ га тенг бўлса, у ҳолда маҳсулот билан барабан бирга айланади деб, барабаннинг бурчак тезлигини қуйидаги тенглама билан ифодалаймиз:

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{g}{R \cdot f_{\text{ишк}} (1-\zeta)^{0,5}}}; \quad \omega_{кр} = \sqrt{\frac{g}{R \cdot (1-\zeta)^{0,5}}} \quad (5)$$

бу ерда $f_{\text{ишк}}$ - маҳсулотнинг ишқаланиш коэффициентини.

Таҳлилар шуни кўрсатадики юқоридаги тенгламалар орқали барабаннинг бурчак тезлигини аниқлашда экспериментал ва назарий тадқиқотлар асосида тенгламани ташкил этувчи катталикларни ва уларнинг таъсир чегараларини аниқлаш талаб этилади. Шунинг учун амалиётда оддий тенгламадан фойдаланиш мақсадга мувофиқ ҳисобланади, яъни:

$$\omega_{кр} = \sqrt{\frac{g}{R}} \quad (6)$$

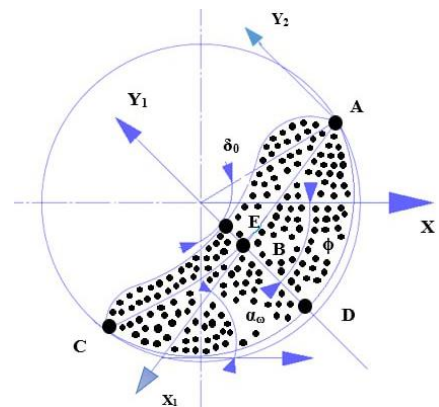
Юқорида келтирилган 3б расмга мувофиқ, барабаннинг кўндаланг кесим юзаси бўйича циркуляцияли шаклда ҳаракатланаётган маҳсулот оқимини икки хил зонага ажратиш мумкин (4-расм).

4-расмдан кўриниб турибдики, маҳсулотнинг характерли ҳаракати кўталилувчи- $ABCD$ зонани ҳамда сирпанувчи- $ABCE$ зонани ташкил этиб, ABC чизик эса маҳсулот қатлами зоналарини ажратувчи чегара ҳисобланади. Маҳсулотнинг барабан билан биргаликдаги ҳаракати натижасида ҳосил бўлаётган циркуляцияли шакл ҳолатининг маркази BE нукталар ҳисобланиб, ушбу нукталар траекторияси атрофида маҳсулот заррачалари ёпиқ цикли ташкил этади. AB зонада маҳсулот заррачалари кўтарилиш ҳолатидан сирпаниш ҳолатига, BC зонада эса тескари, яъни сирпаниш ҳолатидан кўтарилиш ҳолатига ўтиб туради.

$\omega/\omega_{кр}$ нисбатнинг $0,53 \div 0,73$ рад/с оралиғи бўйича ўрнатилган ҳаракат режимда кўтарилаётган маҳсулот қатламининг потенциал энергияси амалий жиҳатдан доимий бўлиб, потенциал энергиянинг минимум қийматини ташкил этади.

Демак, маҳсулот заррачаларининг барабанли қуритгичдаги ҳаракати бўйича қуйидагича хулоса қилиш мумкин:

-аралашувчи гравитацион майдон муҳитидаги сочулувчан маҳсулот оқими, энергия тақсимооти бўйича минимум ва максимум даражали энергияни характерлайди; -бир-бирига нисбатан ҳаракатсиз ва ҳаракатни амалга оширувчи заррачалардан иборат система гравитацион кучлар таъсир текислиги бўйича ҳаракатланади, ўрнатилган ҳаракатда эса заррачаларни система чегарасидан ташқарига, яъни ушбу системага нисбатан ҳаракат ҳолатига ўтказиш йўли билан ўз массасини камайтириш ҳисобига потенциал энергиянинг мумкин бўлган минималига яқинлашади [13].



4-расм. Сочулувчан маҳсулотларнинг ҳаракат траекторияларининг схемаси.

Юқорида қайд этилганидек, сочулувчан маҳсулотлар тинч ҳолатдан ҳаракат ҳолатига ўтиши алоҳида заррачаларнинг мувозонати билан аниқланади. Маҳсулот қатламининг юзасини ташкил этган заррачаларга барабаннинг айланиши натижасида тортишиш ва марказдан қочма кучлар таъсир этади. У ҳолда заррачаларнинг мувозонат тенгламаси куйидагича бўлади:

$$mg \cdot \sin \alpha_{\omega} - f_{\text{ишқ}} mg \cdot \cos \alpha_{\omega} - m\omega^2 R \cdot \frac{\cos \delta}{\cos \varphi} (\sin \varphi + f_{\text{ишқ}} \cos \varphi) = 0 \quad (7)$$

α_{ω} бурчакнинг қиймати маҳсулот заррачаларининг тинч ҳолатдан ҳаракат ҳолатига ўтганда ҳосил бўлган φ бурчакнинг катталигига боғлиқ. Аммо, заррачанинг тинч ҳолатдан ҳаракат ҳолатига ўтиши учун салбий ҳолат шундан иборатки, $\varphi = \delta_0$ бўлганда А нуктадаги заррачага марказдан қочма куч томонидан ҳосил қилинган тормозланиш таъсир этади. Ушбу А нуктадаги заррачанинг ҳаракати маҳсулот қатламини ташкил этган заррачаларнинг барқарор ҳаракатини характерлайди. Заррача ҳаракатланаяпти деб қарасак, у ҳолда 7-тенгламадаги α_{ω} бурчакни куйидагича ифодаalaymиз:

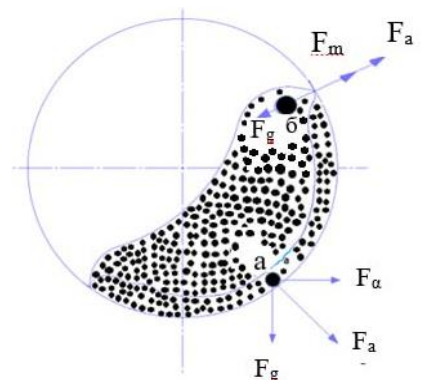
$$\alpha_{\omega} = \arccos \left\{ \left[\frac{f_{\text{ишқ}} \omega^2 R (\sin \delta_0 + f_{\text{ишқ}} \cos \delta_0) / g +}{+ \sqrt{f_{\text{ишқ}}^2 + 1 - \omega^4 R (\sin \delta_0 + f_{\text{ишқ}} \cos \delta_0) / g^2}} \right] / (f_{\text{ишқ}}^2 + 1) \right\} \quad (8)$$

Заррачаларнинг ҳаракат траекторияси бўйича олинган натижалар шуни кўрсатадики, А нуктадаги заррачанинг жойлашув бурчаги α_{ω} ва δ_0 бурчакларнинг йиғиндисига тенг.

Барабанли қуритгичнинг айланиши натижасида маҳсулот қатлами тинч ҳолатдан маҳлум бир ҳаракат зонасига ўтади. Схема (5-расм) га қарайдиган бўлсак, жараён давомида маҳсулот қатлами заррачалари – ҳаракат зонаси (**а**) ни ҳамда узилиш чизиги зонаси (**б**)ни ташкил этади. Сочулувчан минерал ўғитнинг барабан ички юзаси бўйича ҳаракатланиши ва аралаштиришида, барабаннинг юқори нуктасига кўтарилиб пастга йўналаётган маҳсулотнинг фаол массаси қатлам массасининг 40-45% ташкил этади. Ҳаракат давомида заррача кўтарилган юқори нуктада кучлар баланси ўзгариб, адгезия кучи таъсирида заррачаларнинг бир бирига жипслашуви туфайли қалинлашуви ва унинг ҳар бир лаҳзада сочилиб туриши юзага келади. Қатлам қалинлашган сари заррачаларнинг кетма кет пастга томон сирпаниши содир бўлиб, ҳаракатланиш зонаси (**а**) бўйича юқорига кўтарилаётган заррачалар билан тўқнашуви юзага келади. Бу эса ўз новбатида маҳсулот қатлами юзаси бўйича сирпанаётган заррачаларнинг тезлигини камайтиради. Натижада қатлам сиртининг қиялик бурчаги маҳсулотнинг табиий қиялик бурчагига яқинлашади. Демак, барабаннинг юқори нуктасидан барабан деворига сирпаниб пастга йўналаётган заррачаларнинг пастга тушиш тезлиги секинлашиб, марказий нукталарда эса тушиш тезлиги ошади. Юзани ташкил этган маҳсулот қатламининг қалинлиги қанчалик катта бўлса, барабаннинг айланиш тезлигини ошириш талаб этилади. Ушбу ҳолатда барабаннинг кўндаланг кесим юзаси бўйича маҳсулот динамик оқимининг ҳажмий кўриниши ботиқ линза шаклини намайен қилади.

Маҳсулот заррачаларининг ҳаракатланиш (**а**) ҳамда ҳосил бўлаётган қатлам тўдасидан заррачаларнинг узилиш (**б**) зоналаридаги кучлар таъсирини таҳлил қиладиган бўлсак (5-расм), узилиш зонасидаги заррачага тортишиш (оғирлик) F_g , марказдан қочма F_m ҳамда адгезия F_a кучлари таъсир этади. Тортишиш кучи таъсирида узилиш зонасидаги заррача марказий зонага, марказдан қочма ва адгезия кучлари таъсирида эса барабаннинг ички сирти томон силжийди. Шунингдек ҳаракат (**а**) зонасидаги заррачага таъсир этувчи итарувчи - F_a , адгезия - F_a кучлари туфайли барабан сирти томон, тортишиш кучи F_g таъсирида эса пастга қараб ҳаракатланиши кузатилади (5-расм).

Қуритиш жараёни давомида қуритгичга узатилаётган сочулувчан маҳсулот массаси G , барабанли қуритгичнинг остки тубини ташкил этган маҳсулотнинг



5-расм. Маҳсулот қатламига таъсир этувчи кучлар траекторияси.

фаол массаси P билан қуйидагича фарқланади [13,14]:

$$P = G - P_D - P_M \quad (9)$$

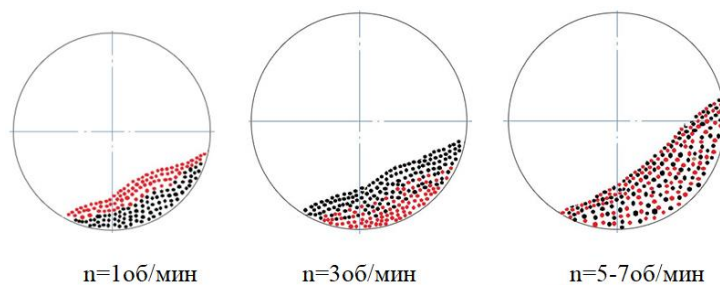
бу ерда P_D – маҳсулотнинг барабан деворига нисбатан ишқаланиш кучи, Н; P_M – бир бирига нисбатан аралашиб ҳаракатланаётган маҳсулот қатламининг ички ишқаланиш кучи, Н.

Маҳсулот қатламлари бўйича тезликнинг бир меъёрга тарқалишига адгезия кучи, қатлам ҳарорати, ҳарорат натижасида заррачаларнинг сирт хусусиятларини ўзгариши каби омиллар таъсир қилади. Ҳаракат йўналиши бўйича икки хил зонани ташкил этувчи сочулувчан маҳсулотларнинг барабанли қуритгичдаги ҳаракат траекториясини, заррачанинг барабан сирти бўйича силжиши ҳамда аралашини тавсифловчи тенгламалар орқали ифодалаймиз [15,16]:

$$m \cdot \frac{d}{dt} \cdot g \cdot F, \quad I \cdot \frac{d}{dt} \cdot \omega = T \quad (10)$$

бу ерда: m -заррача массаси, кг; g -заррача тезлиги, м/с; F -куч I -инерция моменти, кг·м² ω -бурчак тезлик, рад/с.

Маҳсулот заррачаларининг барабан остки зонаси бўйича оқим структурасини характерловчи натижалар 6-расмда келтирилган. Барабан айланиши билан насадкалар ёрдамида маҳсулотнинг 70-80 фоизи барабаннинг юқори зонасига кўтарила бошлайди. Барабаннинг айланиши натижасида насадкаларнинг қиялик бурчаги горизонталга нисбатан ўзгариб бориши туфайли маҳсулот тўкилиши юзага келиб, барабаннинг марказий, ва марказга яқин зоналар бўйича тарқалиб пастга, маҳсулотнинг қолган 20-30 фоизи эса барабаннинг ички юзаси бўйлаб сирпаниб тушиши аниқланди.



Технологик жараёнинг давомийлиги 3 мин 30 сек
6-расм. Барабанли қуритгичнинг остки зонаси бўйича маҳсулот қатламининг динамик оқим структураси.

Барабанининг кесим юзаси бўйича маҳсулот заррачаларининг динамик оқим структурасини ўрганишга қаратилган тадқиқотлар шуни кўрсатдики, насадкалар ўрнатилмаган ҳолда заррачаларнинг барабан остки зонаси бўйича аралашини даражаси барабаннинг айланиш тезлигига, заррачаларнинг

ўлчамига боғлиқ [15,17].

Маҳсулот заррачалари билан иситувчи агентнинг контактлашув юзаси, барабаннинг бутун ҳажми бўйича заррачаларнинг бир меъёрга тарқалиш даражаси эса насадкаларнинг жойлашув бурчагига ҳамда барабанли қуритгичнинг айланиш тезлиги ва унинг қиялик бурчагига боғлиқ.

Маҳсулот заррачаларининг бундай характерли оқимини аниқлашда икки хил рангги ташкил этган хомашёдан фойдаланилди.

Хулоса

Хулоса қилиб шуни таъкидлаш жоизки, сочулувчан фракцияга эга бўлган маҳсулотларнинг мақбул динамик оқим структураси, қуритиш жараёнини жадаллаштиришда асосий омилларда бири ҳисобланади. Шуни инобатга олиб, таклиф этилаётган барабанли қуритгичда фазаларнинг контактлашув юзаси, барабан узунлиги бўйича маҳсулотнинг ҳаракати, барабаннинг ҳажми бўйича заррачаларнинг бир меъёрга тарқалиши, заррачаларнинг бир бирига нисбатан аралашини коэффициентлари аниқланди. Барабанли қуритгичнинг бўйлама узунлиги бўйича фазалар оқимининг қарама қарши ҳаракатини тавсифловчи диффузия тенгламаси ишлаб чиқилди. Барабаннинг ички ҳажми бўйича маҳсулот ҳаракатининг траекториялари таҳлил қилиниб, заррачаларнинг мувозонат шартларини тавсифловчи тенгламалар олинди. Маҳсулот заррачаларининг ҳаракатланиш зонасидаги ҳамда Барабаннинг айланиши натижасида ли қуритгичнинг да ҳаракатланаётган заррачаларга таъсир этувчи кучлар

Маҳсулот заррачаларининг ҳаракатланиш зонаси ҳамда барабаннинг айланиши натижасида унинг ён томон зонасида ҳосил бўлаётган қатлам тўдасига таъсир этувчи адгезия, марказдан қочма, тортишиш кучлари аниқланиб, кучларнинг таъсир чегараларини тавсифловчи натижалар олинди.

Адабиётлар

- [1]. Rasulov Sh.X., Djuraev X.F., Adizova M.R. Fundamentals of Kinetiks of Tomato Drying Process. Eurasian Research Bulletin In volume 6 of March, 2022 Impact factor: 8.105 Genius Journals Publishing, Group, Brussels Belgium P. 26-30
- [2]. Джураев Х.Ф., Расулов Ш.Х., Абидов К.З., Усмонов А. Энергосберегающая технология сушки томатного сырья, UNIVERSUM. Технические науки №9 (102) Часть 3 Москва: 2022. С. 15-18
- [3]. Расулов Ш.Х., Джураев Х.Ф., Увайзов С.К., Мизомов М.С., Файзиев А.Х. Разработка оптимального механизма перемещения тепло и массоперенос в процессе сушки. Научно – технический журнал Ферганского политехнического института 2023 год Том 27. №5 Фергана: 2023. С. 118-125
- [4]. Sh.Rasulov., Kh.Djuraev., A.Usmanov., M.Khalikov. Kinetics of drying process of tomato fruit. Manufacturing technology problems Scientific and Technical Journal Namangan Institute of Engineering and Technilogy. ISSN 2181-8622 Volume 8 Issue 4 2023 P. 240-247
- [5]. Бронштейн Б.И., Щеголев В.В. Гидродинамика, масса-и теплообмена. Л.: Химия, 1988.-336с
- [6]. Гельперин Н.И., Костаян А.Б. Структура потоков и эффективность колонных аппаратов химической промышленности. М.: Химия, 1977.-264с
- [7]. Хусанбоев М.А. Движение дисперсного материала в барабанных сушилках. International Conference on Developments in Education. Hosted from Amsterdam, Netherlands 22nd Dec.2022.ср.14-29.
- [8]. Систер В.Г., Пушнов А.С., Пирогова О.В., Карпенко А.С. Современные методы интенсификации процессов тепло- и массообмена в контактных аппаратах с насадкой // Химическая технология. 2018. №2. С. 81–87.
- [9]. Розен А.М., Мартюшин Е.И., Олевский В.М. и др. Масштабный переход в химической технологии: разработка промышленных аппаратов методом гидродинамического моделирования. М.: Химия., 1980. 320 с.
- [10]. Ревуженко О. А. О перемешивании сыпучих материалов в тонких слоях // Физическая механика. 2004. № 7. Спец. вып.4.2. С. 277–280.
- [11]. Волков М. В. Метод расчета процесса смешивания сыпучих материалов в новом аппарате с открытой рабочей камерой: дис. ... канд. тех. наук. Ярославль, 2014.
- [12]. Фиалков Б. С., Плицын В. Т. Кинетика движения и характер горения кокса в доменной печи. М.: Металлургия, 1971. 288 с.
- [13]. Варламов А. В. Исходные предпосылки к составлению обобщенной математической модели динамической системы «Бункерное устройство с сыпучим материалом – сводообразование» // Вестн. Самар. ГУПС. 2011. № 2. С. 79–89.
- [14]. Першин, В.Ф. Энергетический метод описания движения материала в поперечном сечении гладкого вращающегося цилиндра / В.Ф. Першин // Теоретические основы химической технологии. – 1988. – Т. 22, № 2. – С. 255 – 260.
- [15]. Першин, В.Ф. Расчет распределения сыпучего материала в гладком вращающемся барабане / В.Ф. Першин // Химическое и нефтяное машиностроение. – 1988.
- [16]. Першин, В.Ф. Использование энергетического подхода при определении режимов движения сыпучего материала во вращающемся барабане / В.Ф. Першин, Г.А. Минаев // Теоретические основы химической технологии. – 1989. – Т. 23, № 5. – С. 659 – 662.
- [17]. Селиванов, Ю.Т. Исследование влияние осевого движения на процесс непрерывного смешивания сыпучего материалов во вращающемся барабане / Ю.Т. Селиванов, В.Ф. Першин // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2003. – Т. 46, вып. 7. – С. 42 – 45.

UDK 621.65-192

**MARKAZDAN QOCHMA (D) NASOSLARNI ISHGA TUSHIRISHDA BOSIMLI
KOMMUNIKATSIYALARDAGI O‘TISH JARAYONLARINI YAXSHILASH**

B.M. Shakirov¹, tayanch doktorant B.M.B. Shakirov²

¹Andijon qishloq xo‘jaligi va agrotexnologiyalari instituti

²Andijon mashinasozlik instituti

bShakirov91@mail.ru

[\(Qabul qilindi 10.02.2025 y.\)](#)

Annotatsiya. Ushbu maqsad markazdan qochma nasoslarning ishga tushirish jarayonida bosimli kommunikatsiyalarda yuzaga keladigan o'tish jarayonlarini tahlil qilish va ularni aniqroq hisoblash usullarini takomillashtirishga qaratilgan. Ishga tushirish jarayonida quvur tizimida gidravlik zarba, bosim tebranishlari va kavitatsiya kabi noxush hodisalar sodir bo'lishi mumkin.

Natijalarga ko'ra, takomillashtirilgan hisoblash usuli yordamida nasos ishga tushirilganda bosimli quvurlarda yuzaga keladigan o'tish jarayonlari aniqroq prognoz qilinishi va gidravlik zarbaning oldini olish choralari samaraliroq qo'llanilishi mumkinligi aniqlangan.

Tayanch so'zlar: markazdan qochma nasos, bosimli kommunikatsiyalar, o'tish jarayonlari, gidravlik zarba, hisoblash usuli, modellashtirish.

Аннотация. Данной статье выполнен анализ переходных процессов, возникающих в напорных коммуникациях при запуске центробежных насосов, и совершенствование методов их расчёта. В процессе запуска в трубопроводной системе могут возникать такие неблагоприятные явления, как гидравлический удар, колебания давления и кавитация.

На основании результатов установлено, что с помощью усовершенствованного метода расчёта переходные процессы, возникающие в напорных трубопроводах при запуске насоса, могут быть прогнозированы с большей точностью, а меры по предотвращению гидравлического удара могут применяться более эффективно.

Ключевые слова: центробежный насос, напорные коммуникации, переходные процессы, гидравлический удар, метод расчёта, моделирование.

Abstract. This study focuses on analyzing transient processes occurring in pressure pipelines during the start-up of centrifugal pumps and improving the methods for their calculation. During the start-up process, undesirable phenomena such as water hammer, pressure fluctuations, and cavitation may occur in the pipeline system.

Keywords: centrifugal pump, pressure pipelines, transient processes, water hammer, calculation method, modeling.

Kirish. Zamonaviy sanoat, energetika va suv ta'minoti tizimlarida markazdan qochma nasoslar muhim ro'l o'ynaydi. Ushbu nasoslarning samaradorligi va ishonchliligi ularning ishga tushirilishida bosimli kommunikatsiyalarda yuzaga keladigan o'tish jarayonlarini aniq hisoblash va boshqarishga bog'liq. Ishga tushirish jarayonida bosimning keskin o'zgarishi, gidravlik zarbalar va turbulent oqimlar tizim komponentlariga salbiy ta'sir ko'rsatishi mumkin. An'anaviy hisoblash usullari ba'zi cheklavlarga ega bo'lib, tizimning dinamik xususiyatlarini to'liq aks ettira olmaydi. Shu sababli, ushbu maqolada markazdan qochma nasoslarni ishga tushirish jarayonida bosimli kommunikatsiyalardagi o'tish jarayonlarini modellashtirish va hisoblash usullarini innovatsion takomillashtirish masalasi ko'rib chiqiladi. Takomillashtirilgan usul gidravlik jarayonlarni sun'iy intellekt algoritmlari va real vaqt monitoringi yordamida aniq bashoratlash imkonini beradi. Ushbu yondashuv gidravlik tizimlarning ishonchligini oshirish va ekspluatatsiya xarajatlarini kamaytirish imkoniyatini yaratadi [1,2].

Markazdan qochma nasoslarning ishga tushirish jarayoni. Markazdan qochma nasoslar ishga tushirilganda, tizimda bosim o'zgarishi, gidravlik zarbalar va boshqa o'tish jarayonlari kuzatiladi. Bu jarayonlar quvurlar, armatura va nasosning o'ziga ta'sir qilishi mumkin. O'tish jarayonlarini aniq hisoblash va nazorat qilish tizimning ishonchliligini oshirishga xizmat qiladi [4].

Nasosni ishga tushirishda ishlatiladigan energetik tenglama quyidagicha:

$$N = \frac{PQ}{\eta} \quad (1.1)$$

Bu yerda:

N – nasosning quvvati (kVt),

P – tizimdagi bosim (m),

Q – oqim miqdori (m^3/s),

η – nasosning foydali ish koeffitsienti.

Quvurdagi oqim tenglamasi (Bernulli tenglamasi).

Quvurdagi suyuqlik oqimi quyidagi Bernulli tenglamasi orqali aniqlanadi:

$$P + \frac{1}{2} \rho v^2 + \rho gh = \text{const} \quad (1.2)$$

Bu yerda:

P – bosim (N/m²)

h – umumiy energiya balandligi (m)

v – tezlik (m/s)

g – erkin tushish tezlanishi (m/s²)

ρ – suyuq zichligi kg/m³

Bu tenglama nasos ishga tushganda yoki to‘xtaganda oqimdagi energiya o‘zgarishlarini aniqlashga yordam beradi. Shu orqali bosimli kommunikatsiyalardagi dinamik jarayonlar modellashtiriladi.

Markazdan qochma nasosning bosh bosimi.

Nasos tomonidan yaratilgan bosh bosim quyidagi formula orqali hisoblanadi:

$$H = \frac{P_2 - P_1}{\rho g} + \frac{v_2^2 - v_1^2}{2g} + z_2 - z_1 \quad (1.3)$$

H – nasos tomonidan yaratilgan bosh bosim (m)

P_2, P_1 – kirish va chiqish nuqtalaridagi bosim (N/m²)

ρ – suyuq zichligi kg/m³

g – erkin tushish tezlashishi (m/s²)

v_1, v_2 – nasos kirish va chiqishdagi oqim tezliklari (m/s)

z_1, z_2 – kirish va chiqish nuqtalaridagi geodezik balandlik (m)

Bu tenglama nasos ishlatadigan mexanik energiyaning gidravlik shaklda ifodalanishini ko‘rsatadi. Nasosni ishga tushirish jarayonida bosim va tezlik o‘zgarishlarini hisoblash uchun ushbu formula muhim ahamiyatga ega.

Nasos tezligi va oqim o‘rtasidagi bog‘liqlik (Affinitet qonunlari).

Nasosning teligi o‘zgarganda oqim va bosh bosim quyidagi qonuniyatlarga bo‘ysunadi:

$$Q_2 = Q_1 \frac{N_2}{N_1} \quad (1.4)$$

$$H_2 = H_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^2 \quad (1.5)$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{N_2}{N_1} \right)^3 \quad (1.6)$$

Q_1, Q_2 – nasosning birinchi va ikkinchi holatdagi oqim miqdori, (m³/s)

H_1, H_2 – nasosning birinchi va ikkinchi holatdagi bosh bosimi, (m)

P_1, P_2 – nasosning birinchi va ikkinchi holatdagi kuvvati, (kVt)

N_1, N_2 – nasos aylanish tezligi (aynan birinchi va ikkinchi holatlar uchun).

Bu tenglamalar nasos tezligi o'zgartirish orqali oqim, bosim va quvvatni qanday boshqarish mumkinligini ko'rsatadi. Nasosni ishga tushurish jarayonida bosimli kommunikatsiyalardagi ta'sirni kamaytirish uchun tezlikni asta-sekin oshirish kerak.

Markazdan qochma nasoslarning ishga tushirish jarayoni nasos tizimining samaradorligi va xavfsizligini ta'minlash uchun muhim bosqich hisoblanadi. Ushbu jarayon quyidagi asosiy bosqichlardan iborat:

1. Tayyorgarlik bosqichi.

Kulfaklarni tekshirish - Nasosning kirish va chiqish klapanlari to'g'ri holatda ekanligiga ishonch hosil qilish.

Suv bilan to'ldirish - Agar nasos o'zidan so'ruvchi tur bo'lmasa, uning ish kamerasini va quvur tizimini suyuqlik bilan to'ldirish kerak.

Havo chiqarish - Nasos kamerasida havo qolmasligi kerak, chunki bu kavitatsiyaga sabab bo'lishi mumkin.

Nasos valining erkin aylanishini tekshirish - Nasos qo'lda aylantirilib, harakat qismlarining qotib qolmaganligi tekshiriladi.

2. Ishga tushirish jarayoni.

Elektr ta'minotini tekshirish – Elektrodvigatel va elektr zanjiri sozligini tekshirish.

Nasosni bosimsiz ishga tushirish - Chiqish kulfaklari yopiq yoki yarim ochiq holatda bo'lishi kerak, bu ishga tushirish momentini kamaytiradi.

Elektrodvigatelni ishga tushirish - Nasos dvigateliga elektr toki uzatiladi va u ishga tushiriladi.

Kulfakni asta-sekin ochish - Nasos ishga tushgach, bosim barqarorlashguncha chiqish kulfakni asta-sekin ochish lozim.

3. Ish jarayonini nazorat qilish.

Bosim va sarf miqdorini tekshirish - Nasos ish rejimiga mos ravishda ishlayotganini aniqlash.

Tezlik va tebranishlarni nazorat qilish - Nosozliklarning oldini olish uchun to'g'ri monitoring qilish.

Kavitatsiya va ortiqcha qizishdan ehtiyot bo'lish - Kavitatsiya belgilari paydo bo'lsa, darhol choralar ko'rish lozim.

4. To'xtatish jarayoni.

Kulfaklarni yopish - To'xtatish oldidan bosimni pasaytirish.

Nasosni o'chirish - Dvigatelni elektr ta'minotidan uzish.

Suv tizimini bo'shatish (kerak bo'lsa) - Nasos uzoq vaqt ishlatilmasa, ichidagi suvni chiqarish lozim [5,6].

Bu jarayonlarga rioya qilish markazdan qochma nasoslarning uzoq muddat ishonchli ishlashini ta'minlaydi.

O'tish jarayonlarini hisoblashning mavjud usullari. Hozirgi vaqtda o'tish jarayonlarini hisoblash uchun turli analitik va sonli usullar mavjud:

Klassik gidravlik hisoblash usullari;

Diferensial tenglamalar asosidagi matematik modellar;

Kompyuter dasturlaridan foydalanish (masalan, CFD modellari) [7].

Bosimning vaqtga bog'liq o'zgarishini hisoblash:

a) Bosimli kommunikatsiyalarda bosimning vaqtga bog'liq o'zgarishini hisoblash uchun quyidagi differensial tenglama qo'llaniladi:

$$\frac{dP}{dt} = \frac{\rho g Q}{A} \quad (1.7)$$

Bu yerda:

P – bosim (Pa)

V – tezlik (m/s)

A – trubaning kesim maydoni

g – erkin tushish tezlanishi (m/s^2)

t – vaqt (s)

Q – oqim sarfi (m^3/s)

ρ – suyuqlik zichligi (m^3/kg)

Innovatsion hisoblash usullarini takomillashtirish. Innovatsion hisoblash usuli quyidagi jihatlarni o'z ichiga oladi:

Gidravlik zarbalarni oldindan bashorat qilish va ularni bartaraf etishning yangi usullarini ishlab chiqish;

O'zgaruvchan yuklamali sharoitlarda tizim harakatini sun'iy intellekt asosida simulyatsiya qilish;

Eksperimental ma'lumotlar bilan solishtirish orqali modelning aniqligini oshirish va neyron tarmoqlardan foydalanish;

Sun'iy intellekt algoritmlaridan foydalanib bashoratlash aniqligini oshirish;

Gidravlik tizimlarning real vaqt rejimida monitoringi va avtomatik optimizatsiyasini amalga oshirish [8].

Gidravlik zarbalarni hisoblash uchun quyidagi tenglama qo'llanilishi mumkin:

$$P = \rho cv \quad (1.8)$$

Bu yerda:

P – gidravlik zarba bosimi (Pa)

ρ – suyuqlik zichligi (m^3/kg)

c – tovush tezligi (m/s)

v – suyuqlik tezligining o'zgarishi (m/s)

Nasos tizimidagi dinamik bosimning o'zgarishini quyidagi ifoda yordamida aniqlash mumkin:

$$H = \frac{V^2}{2g} + \frac{P}{\gamma} + z \quad (1.9)$$

Bu yerda:

H – umumiy energiya balandligi (m)

V – tezlik (m/s)

g – erkin tushish tezlanishi (m/s^2)

P – bosim (Pa)

γ – suyuqlik og‘irlik zichligi

z – geodezik balandlik (m)

Gidravlik zarbalarni hisoblash uchun quyidagi tenglama qo‘llanilishi mumkin:

Ushbu yondashuv yordamida bosimli kommunikatsiyalarda yuzaga keladigan o‘tish jarayonlarini yanada aniq hisoblash va tizimning ishonchliligini oshirish mumkin [10].

Gidravlik zarba va uning hisoblash usullari.

1. Hidravlik zarbaning mohiyati. Hidravlik zarba – bu suyuqlik oqimining tez o‘zgarishi natijasida quvur tizimida yuzaga keladigan keskin bosim tebranishidir. Bu holat, asosan:

Nasosni to‘satdan to‘xtatish yoki ishga tushirishda,

Klapanlarni keskin yopish yoki ochishda,

Quvur liniyasida suyuqlikning harakat yo‘nalishini keskin o‘zgartirishda sodir bo‘ladi.

Gidravlik zarba quvur va armaturalarga jiddiy zarar yetkazishi, kavitatsiya, quvurlar yorilishi yoki nasosning ishlash sharoitlarining buzilishiga olib kelishi mumkin.

2. Hidravlik zarba tenglamasi. Bosimning o‘zgarishini hisoblash uchun Joukowski formulasi qo‘llaniladi:

$$\Delta P = \rho a \Delta V \quad (1.10)$$

ΔP - bosimning o‘zgarishi (Pa)

a – tovush tezligi (m/s)

ρ – suyuqlik zichligi (kg/m³)

ΔV - tezlikning o‘zgarishi (m/s)

Bu formula shuni ko‘rsatadiki, oqim tezligi yoki tovush tezligi qanchalik katta bo‘lsa, gidravlik zarbaning ta‘siri shunchalik kuchli bo‘ladi.

3. Hisoblash usullari. Hidravlik zarba hisoblash usullari quyidagilarga bo‘linadi:

3.1. Joukowski usuli. Bu usul eng oddiy va keng tarqalgan bo‘lib, quvur tizimida bosimning maksimal o‘zgarishini baholash uchun ishlatiladi. Bunda, suyuqlik oqimi to‘satdan to‘xtagan deb faraz qilinadi va Joukowski tenglamasi orqali hisob-kitob qilinadi.

3.2. Xisobiy chiziqlar usuli. Bu usul vaqt bo‘yicha bosim va tezlikning o‘zgarishini hisoblash uchun ishlatiladi. U gidravlik zarbani batafsil modellashtirish imkonini beradi va quvur uzunligi, diametri hamda kulfaklarning yopilish tezligini hisobga oladi.

3.3. Xisobiy eksperiment usuli (CFD). Zamonaviy kompyuter modellashtirish (CFD - Computational Fluid Dynamics) usullari orqali gidravlik zarbaning aniq ta‘sirini hisoblash va quvur tizimining dinamik javobini baholash mumkin. Bu usul eng aniq natijalarni beradi, ammo katta hisoblash resurslarini talab qiladi [9].

4. Hidravlik zarbaning oldini olish usullari.

Gidravlik zarbani kamaytirish uchun quyidagi choralar ko‘riladi:

Kulfaklarni asta-sekin yopish - Nasos tizimidagi klapanlarni tez emas, sekin yopish orqali bosim tebranishlarini kamaytirish mumkin.

Havo kameralarini o‘rnatish - Quvur tizimiga maxsus havo kameralarini yoki amortizatorlarni joylashtirish bosim zarbalarini yutishga yordam beradi.

Nasos chastatasini boshqarish - Oqimni boshqarish uchun inverterli dvigatellar yoki chastatani asta-sekin o‘zgartiradigan tizimlardan foydalanish mumkin.

Gidravlik akkumulyatorlar - Bosim ortishini nazorat qilish uchun maxsus akkumulyatorlar ishlatiladi.

Gidravlik zarba - bosimning keskin o‘zgarishidan hosil bo‘luvchi gidravlik hodisa bo‘lib, u quvur liniyalari va armaturalarga katta yuklamalarni keltirib chiqarishi mumkin. Ushbu zarbani

hisoblashda quyidagi tenglamalar asosida modellashtirish amalga oshiriladi [11,12]:

$$\begin{aligned} \frac{\partial H}{\partial t} + a \frac{\partial V}{\partial x} &= 0 \\ \frac{\partial V}{\partial t} + g \frac{\partial H}{\partial x} + f \frac{V|V|}{2D} &= 0 \end{aligned} \quad (1.11)$$

Bu yerda:

H – umumiy energiya balandligi (m)

V – tezlik (m/s)

a – tovush tezligi (m/s)

g – erkin tushish tezlanishi (m/s²)

t – vaqt (s)

f – ishqalanish koeffitsienti

D – quvur diametric (m)

x – koordinata

Xulosa

Bosimli kommunikatsiyalarda markazdan qochma nasoslarning ishga tushirilishi suyuqlik oqimining tez o'zgarishi bilan bog'liq bo'lib, gidravlik zarba, bosim tebranishlari va kavitatsiya kabi noxush hodisalarning yuzaga kelishiga sabab bo'lishi mumkin. Ushbu jarayonlarni to'g'ri tahlil qilish va oldindan hisoblash quvur tizimining ishonchligini ta'minlash, nasos qurilmalarining uzoq muddat barqaror ishlashiga erishish uchun muhim ahamiyat kasb etadi.

Tadqiqot davomida mavjud hisoblash usullari tahlil qilinib, ularning afzallik va kamchiliklari baholandi. An'anaviy hisoblash usullari, jumladan, Joukowski tenglamasi va hisobiy chiziqlar metodi, quvur tizimlaridagi bosim o'zgarishlarini umumiy baholash imkonini bersa-da, real sharoitlarda yuzaga keladigan murakkab dinamik jarayonlarni yetarlicha aniq aks ettira olmaydi. Shu sababli, zamonaviy kompyuter modellashtirish (CFD) usullari va ilg'or analitik modellar yordamida hisoblash natijalarining aniqligini oshirish maqsadida takomillashtirilgan usul ishlab chiqildi.

Xulosa qilib aytganda, ushbu tadqiqot gidravlika, nasos tizimlari va muhandislik kommunikatsiyalari sohasida dolzarb muammoni hal etishga qaratilgan bo'lib, uning natijalari sanoat va muhandislik amaliyotida qo'llanishi mumkin. Bu o'z navbatida nasos qurilmalarining samaradorligini oshirish, texnologik tizimlarning ishonchligini ta'minlash hamda energiya tejamkorlik darajasini yaxshilashga yordam beradi.

Kelgusidagi tadqiqotlar hisoblash modelini yanada aniqlashtirish va gidravlik zarbani oldindan prognoz qilish usullarini avtomatlashtirishga qaratilishi mumkin. Shu bilan birga, real sanoat ob'ektlarida sinov tadqiqotlarini o'tkazish orqali nazariy modellarning amaliy natijalari bilan solishtirish zarur bo'ladi.

Adabiyotlar

- [1]. Абрамов Н.Н. Гидравлические переходные процессы в насосных станциях. – М.: Энергия, 1983.
- [2]. Wylie, E. B., Streeter, V. L. Fluid Transients in Systems. – Prentice Hall, 1993.
- [3]. Safwat, H. Hydraulic Transients: Analysis and Control. – CRC Press, 2016.
- [4]. Apresyan, D. S. Совершенствование методов расчета переходных процессов в напорных коммуникациях насосных станций при пуске агрегатов. – Диссертация, 2022.
- [5]. ISO 9906:2012. Rotodynamic pumps – Hydraulic performance acceptance tests – Grades 1 and 2.
- [6]. Computational Fluid Dynamics (CFD) Analysis of Centrifugal Pump Transients. – Journal of Fluids Engineering, ASME, 2018.
- [7]. Chow, V. T. Open-Channel Hydraulics. – McGraw-Hill, 1959.
- [8]. Беляев Н.М. – Гидравлика и гидравлические машины
- [9]. Гольдштейн Л.М. – Гидравлические удары в трубопроводах
- [10]. Stepanoff A.J. – Centrifugal and Axial Flow Pumps: Theory, Design, and Application
- [11]. Чугаев Н.С. – Насосы и насосные станции
- [12]. Батезон В.В. – Гидравлический удар и методы его предотвращения

УДК.678.046.3

РАЗРАБОТКА СЕРОСОДЕРЖАЩИХ ПОЛИМЕР-БИТУМНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

Б.Н. Боборажабов, А. Ибадуллаев, М.Х. Икромов, Э.У. Тешабаева

Ташкентский государственный транспортный университет², ibadullaev1957@bk.ru
(Получена 24.01.2025 г.)

Annotatsiya. Bu maqolada mahalliy xomashyolar asosida asfaltabeton yo'l qoplamasini o'rnini bosuvchi iqtisodiy samarali va yuqori ekspluatatsiya xossalriga ega polimer-bitum kompozitsiyasi olish tarkibi va texnologiyasi tavsiya etilgan, kompozitsiya barcha xossalari bo'yicha GOST talablariga javob beradi.

Таянч сўзлар. Структура, таркиб, аралаштириш, едирилиш, резинотехника, буюм, шина, битум, қоплама, кинетика, мустахамлик, технология, композиция.

Аннотация. В данной статье сформулирована возможность разработать вяжущих материалов для дорожных полимер-битумных покрытий, которое отличается использованием более дешевых и доступных ингредиентов на основе местных сырьевых ресурсов по сравнению с асфальтобетонными композициями, и по уровню своих основных эксплуатационных показателей и максимально приближено к значениям требований ГОСТу, обеспечивающих их надёжную эксплуатацию.

Ключевые слова. Структура, состав, смешение, износ, резинотехника, изделия, шины, битум, покрытия, кинетика, прочность, технология, композиция. **Abstract.** This article formulates the possibility of developing binders for polymer-bitumen road coatings, which are distinguished by the use of cheaper and more accessible ingredients based on local raw materials compared to asphalt concrete compositions, and by the level of their main operational indicators and are as close as possible to the values of the GOST requirements, ensuring their reliable operation.

Key words: Structure, composition, mixing, wear, rubber engineering, products, tires, bitumen, coatings, kinetics, strength, technology, composition.

Введение. Нефтяные битумы были и остаются основным видом вяжущих материалов, применяемых в дорожном строительстве. Непрерывное возрастание требований потребителей к долговечности дорог, соответственно, и к качеству битумов, усиление внимания к вопросам экологичности производства стимулируют развитие новых и совершенствование существующих технологий их производства [1,2].

Производимые сегодня дорожные вяжущие 4-го поколения, то есть битумы, модифицированные полимерами, обеспечивают высокий уровень эксплуатационных показателей, таких как: трещиностойкость, теплостойкость, сдвигоустойчивость, долговременная прочность и сопротивление низкотемпературному растрескиванию [3,4].

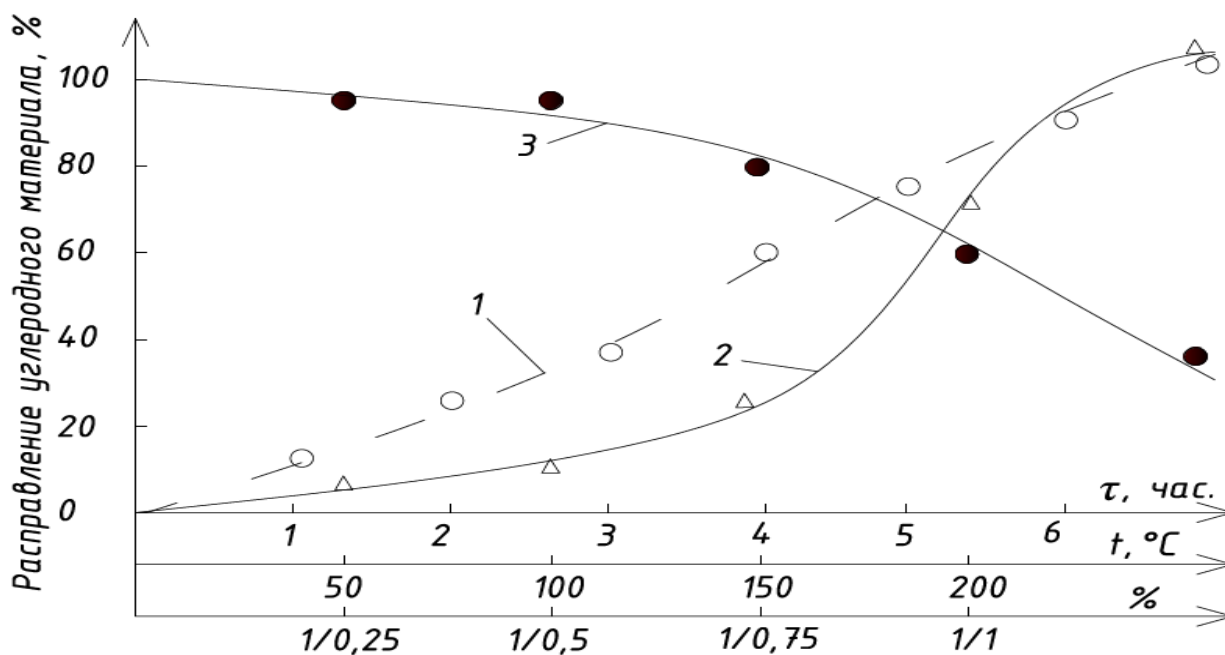
К числу основных эксплуатационных недостатков применения полимер- битумных вяжущих помимо высокой себестоимости и определённой склонности к расслоению в период «жизненного цикла» следует отнести и использование в качестве основы окисленных битумов, что увеличивает себестоимость вяжущих и снижает их качество. Этот недостаток можно отнести ко всем выпускаемым сегодня полимерно-битумным вяжущим материалам. Кроме того, недостатком полимер-битумных вяжущих является использование дорогостоящих пластификаторов и полимеров [4-6].

В связи с вышеизложенным была сформулирована основная цель работы - разработать вяжущее для дорожных асфальтобетонных покрытий, которое бы отличалось использованием более дешевых и доступных компонентов на основе местных сырьевых ресурсов по сравнению с асфальтобетонными композициями, и по уровню своих основных эксплуатационных показателей было бы максимально приближено к значениям нормативных требований ГОСТу, обеспечивающих их надёжную эксплуатацию в место асфальтобетонных смесей.

Объекты и методы исследования. Объектом исследования является бутадиенстирольный и изопреновые каучуки, порошок из изношенные резинотехнические

изделии и шин, минеральные сырьевые ресурсы и дорожные битумы. Упруго-прочностные свойства композиции определяли по ГОСТу 270-2015, морозостойкость по ГОСТу 408-2013, сопротивления истиранию по ГОСТу 23509-2014, получены в результате просмотра не менее 100 полей зрения, теплофизические параметры битумов в температурном интервале ($-100\text{ }^{\circ}\text{C} \div +200\text{ }^{\circ}\text{C}$) определялись методом дифференциально-сканирующей калориметрии на приборе DSC 204 F1 Phoenix (Германия), температура стеклования по методу ДСК, исследования поверхностной структуры битума и резинобитумных композитов проводили на сканирующих зондовых микроскопах (СЗМ) на платформе Ntegra Prima и Solver Pro (Россия), исследования свойств битума и резинобитумных композитов проводились в соответствии с ГОСТом 4333-2014, исследования прочностных и деформационных характеристик асфальтобетонов проводили согласно ГОСТа 12801-2013.

Результаты и обсуждение. Исследование показали, что смешение углеродного материала, полученного на основе изношенной шины, с битумом, составляющим основу полимерно-битумной композиции, вызвало некоторые технологические проблемы [5-8], то есть из-за низкой плотности углеродного материала в композиции и большого геометрического объема их было трудно смешивать для получения гомогенной композиции [7-10]. Для достижения поставленной цели предлагалось набухать и расплавить углеродный материал в битуме. Было изучено влияние времени, температуры и соотношения битума и углеродного материала на процесс плавления углеродного материала на основе шин в битуме (Рис. 1).



1-время, 2-температура; 3-соотношение ингредиентов

Рисунок 1. Влияние времени, температуры, соотношения битума и углеродного материала на процесс его размягчения в битуме.

Как видно из рисунка, температура технологического процесса плавки углеродного материала 180°C , время 6-8 часов, соотношение битума и углеродного материала 1:3. В этом процессе углеродный материал на основе активных органических соединений битума при высоких температурах набухает в течение первых четырех часов, затем в течение трех часов происходит процесс девулканизации. В этом случае образуются активные центры в результате разрыва вулканизационных сетки. Для повышения термостойкости композиции в ее состав добавляли ГПС [9-12] и исследовали влияние ее содержания на свойства композиции (Рис. 2).

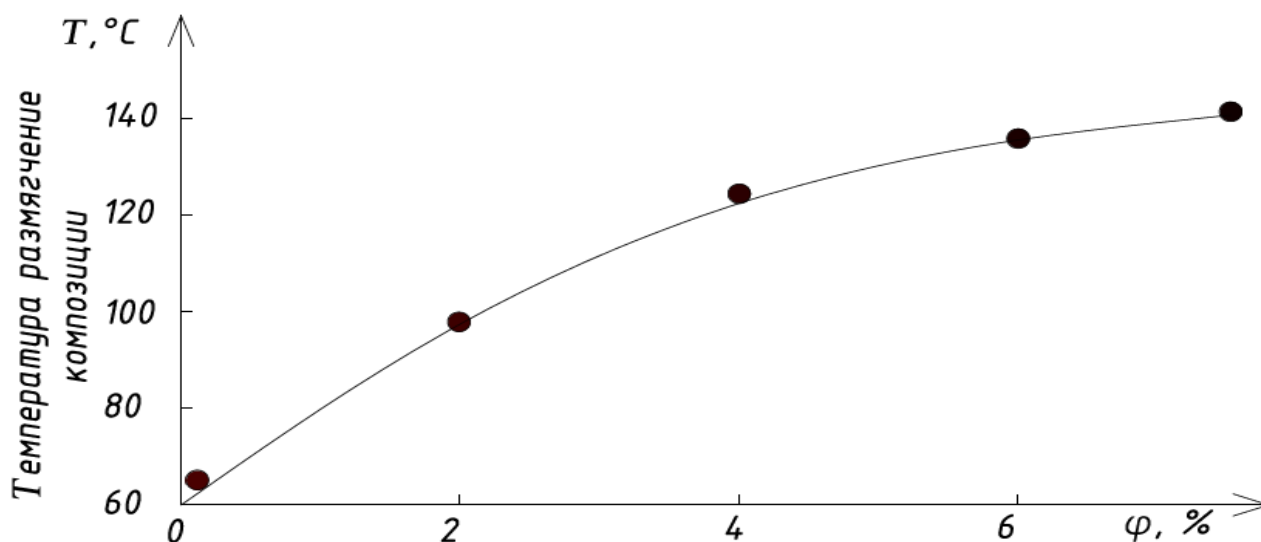
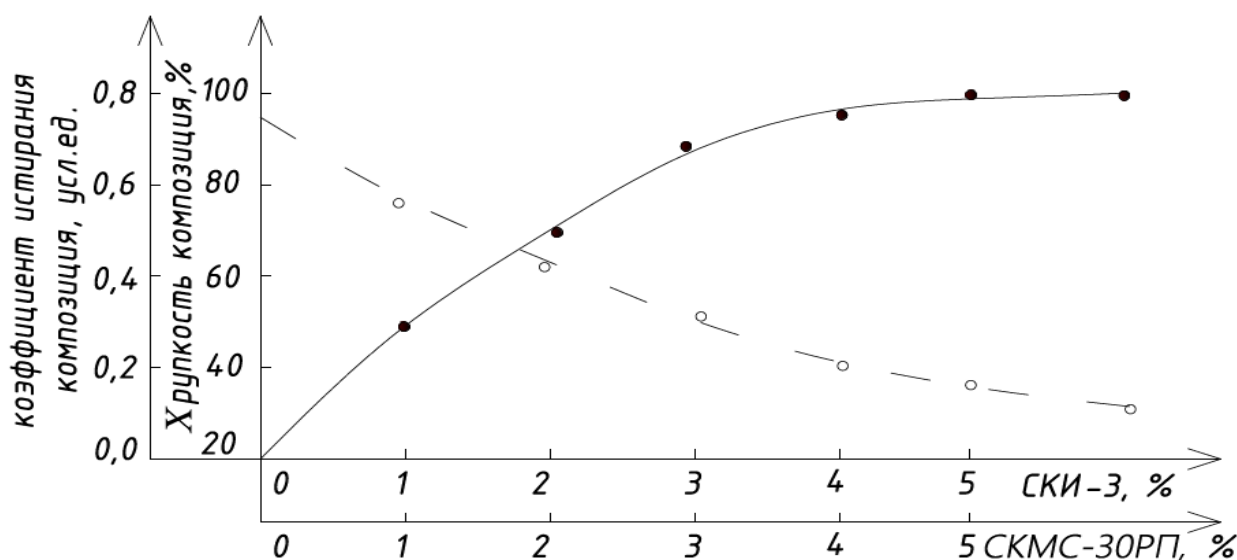


Рисунок 2. Влияние содержание газопиролизной смолы на температуру размягчения композиции.

Как видно из рисунка, оптимальное содержание ГПС составляло 3-5% от общего объема и при этом термостойкость композиции увеличилась от 60 до 120°C. Это процесс известно выше, поскольку температура размягчения ГПС выше 180°C. Уменьшение его плавления связано с повышением температуры размягчения композиции, в которой определенное содержанием углеродного материала могло прореагировать с активными центрами, образовавшимися в результате разрыва вулканизационных сеток. Известно, что одним из основных недостатков асфальтобетонных композиций является их хрупкость в холодных условиях и их проскальзывание при движении большегрузных автомобилей в жарких условиях [13]. Для улучшения этого в композицию были добавлены изопреновый и бутадиенстирольный каучуки (Рис. 3).



Влияние СКМС-3 на хрупкость (---) и СКМС-30АРКМ-15 на стойкость к истиранию композиции (____)
Рисунок 3. Влияние высокомолекулярного соединения на хрупкость и стойкость к истиранию композиции.

На основании полученных результатов наблюдалось 50% увеличение эластичности композиции при добавлении в ее состав 5% изопренового каучука. Однако, добавление бутадиенстирольного каучука привело к увеличению ее сопротивления к истиранию и сдвигу на 63%. С целью снижения стоимости композиции без ухудшения ее технологических и технических свойств было исследовано влияние бентонитовой глины [14], характеризующейся с высокими адсорбционными свойствами (Таблица 1).

Таблица 1.

Влияние содержание бентонитовой глины на технологические свойства композиции.

Наименование показателей	Содержание бентонитовой глины по отношению к общему объему, %			
	20	40	60	80
Температура плавления, °C	86	103	133	140
Удлинение (25 °C), мм	67	55	48	29
Пенитратсия, мм ⁻¹	27	23	18	15
Прочность сцепления с основанием, МПа	1,2	1,4	1,6	1,6

Как видно из таблицы, бентонитовая глина не только улучшает технологические свойства композиции, но и увеличивает его адгезию к бетону. В то же время он гарантирует, что битум не выходил на поверхность композиции под воздействием высоких температур, и было замечено, что он дает положительные результаты, когда ее оптимальное содержания превышает 60% от общего объема композиции.

Известно [13-15], что полимерно-битумные композиции в основном состоят из органических материалов, поэтому желательно увеличивать их объем без снижения свойства композиции. В данном случае исследовали, влияние вторичный продукт, образующийся в процессе пиролиза изношенных резинотехнических изделий и шин - углеродную смесь [15] на свойства композиции (Табл.2).

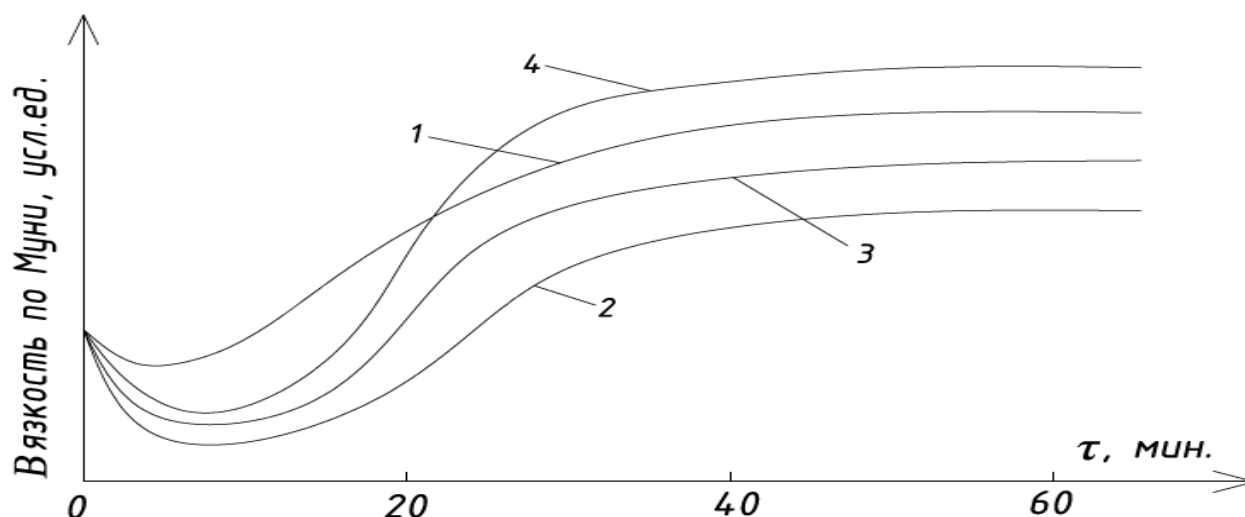
Таблица 2.

Влияние углеродного смеси на свойства полимерно-битумные композиции.

Название показателей	Содержание углеродного смеси по отношению к общему объему, %			
	3,0	6,0	9,0	12,0
Температура плавления, °C	86	113	143	150
Удлинение (25 °C), мм	67	54	40	25
Пенитратсия, мм ⁻¹	27	24	20	18
Прочность сцепления с основанием, МПа	1,2	1,6	1,9	2,6

Положительные результаты были достигнуты при добавлении углеродного смеси более 9,0% от общего объема, что позволило улучшить технологические и технические свойства композиции. Это связано с тем, что вторичный продукт хорошо смешивается с композицией, потому что он является органическим материалом, а поры, образующиеся частицы углеродного смеси при высоких температурах [16], могут быть следствием абсорбции высокомолекулярных соединений имеющих в составе композиции и образования межфазной связи.

Это условия обеспечивает образование вулканизационной сетки в композиции и повышает ее устойчивость к жаре, холоду и динамическим нагрузкам. С учетом добавления в полимерно-битумную композицию эласто-меров, девулканизированной изношенный резины и углеродного смеси было рекомендовано добавлять вулканизирующие ингредиенты [17] для повышения ее физико-механических свойств (Рис. 4).



Массовая доля серы по общему весу: 1-5 мас.%; 2-10 мас.%; 3-15 мас.%;
4-20 мас.%. ($t=200-220^{\circ}\text{C}$, $\tau=360$ мин)

Рисунок 4. Влияние содержания серы на кинетику вулканизации полимер-битумной композиции.

Как видно из рисунка, добавление серы к полимерно-битумной композиции в качестве вулканизирующего агента увеличивает прочность износостойкой резины. В этом случае было показано, что оптимальное содержание серы составляет 20% от общего объема. Оксиды металлов в минеральных наполнителях, добавленных в композицию, участвуют в процессе вулканизации в качестве активатора, а в качестве ускорителя процесса вулканизации фосфоро-алкиламидные жирные кислоты и вторичные алканол амины, которое добавляются в соотношении 5:5. В результате вулканизация проводилась в процессе нанесения покрытия при температуре $200-220^{\circ}\text{C}$ и давлении 450 МПа и процесс завершился за 360 минут.

Заключение. Таким образом, установлено для смешение углеродного материала, полученного на основе изношенной шины, с битумом, предлагалось набухать и расплавить углеродный материал в битуме. Было изучено влияние времени, температуры и соотношения битума и углеродного материала на процесс плавления углеродного материала на основе шин в битуме. Определено, температура технологического процесса плавки углеродного материала 180°C , время 6-8 часов, соотношение битума и углеродного материала 1:3. В этом процессе углеродный материал на основе активных органических соединений битума при высоких температурах набухает в течение первых четырех часов, затем в течение трех часов происходит процесс девулканизации. В этом случае образуются активные центры в результате разрыва вулканизационных сетки. Для повышения термостойкости композиции в ее состав добавляли ГПС и исследовали влияние ее содержание на свойства композиции.

Известно, что одним из основных недостатков асфальтобетонных композиций является их хрупкость в холодных условиях и их проскальзывание при движении большегрузных автомобилей в жарких условиях. Для улучшения этого в композицию были добавлены изопреновый и бутадиенстирольный каучуки. На основании полученных результатов наблюдалось 50% увеличение эластичности композиции при добавлении в ее состав 5% изопренового каучука. Однако, добавление бутадиенстирольного каучука привело к увеличению ее сопротивления к истиранию и сдвигу на 63%. С целью снижения стоимости композиции без ухудшение ее технологических и технических свойств было исследовано влияния бентонитовой глина, характеризующей с высокими адсорбционными свойствами. Для увеличения объем композиции без снижения их свойства добавили вторичный продукт, образующийся в процессе пиролиза изношенных резинотехнических изделий и шин - углеродную смесь. При добавлении углеродного смеси более 9,0% от общего объема, позволило улучшить технологические и технические свойства композиции. Это связано с

тем, что вторичный продукт хорошо смешивается с композицией, потому что он является органическим материалом, а поры, образующиеся частицы углеродного смеси при высоких температурах, могут быть следствием абсорбции высокомолекулярных соединений имеющих в составе композиции и образования межфазной связи.

С учетом добавления в полимерно-битумную композицию эластомеров, девулканизированной изношенной резины и углеродного смеси было рекомендовано добавлять вулканизирующие ингредиенты для повышения ее физико-механических свойств. Добавление серы к полимерно-битумной композиции в качестве вулканизирующего агента увеличивает прочность износостойкой резины. В этом случае было показано, что оптимальное содержание серы составляет 20% от общего объема. Оксиды металлов в минеральных наполнителях, добавленных в композицию, участвуют в процессе вулканизации в качестве активатора, а в качестве ускорителя процесса вулканизации фосфо-алкиламидные жирные кислоты и вторичные алканолламины, которые добавляются в соотношении 5:5.

Список литературы

- [1]. Кутын Ю.А., Теляшев Э.Г., Викторова Г.Н. Битумные технологии и качество битумов // Химия и технология топлив и масел. - 2006. - №2. - С. 10.
- [2]. Гуреев А.А., Сомов В.А., Луговской А.И., Иванов А.В. Новое в технологии производства битумных материалов // Химия и технология топлив и масел. – 2000. - №2. - С. 49-51.
- [3]. Колбановская А.С., Михайлов В.В. Дорожные битумы.-М. 2003.-264с.
- [4]. Boborazhabov B.N., Vapaev M.D, Akhmadzhonov S.A., Ibadullaev A.S. Research of the properties of road asphalt with modified additives // European science review № 9-10 2018. P.163 – 166.
- [5]. Vapaev M.D, Boborazhabov B.N., Teshabaeva E.U., Ibadullaev A.S. Road compositions based on modified bitumens // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences № 9-10 2018. 34-37 с.
- [6]. Juraev V.N., Boborazhabov B.N., Vapaev M.D, Ibadullaev A.S. Modification of bitumen by waste of gas-processing, gaso-chemical and rubber industries // Austrian Journal of Technical and Natural Sciences № 5-6 2019. 32-36 p.
- [7]. Жураев В.Н., Машаев Э.Э., Вапаев М.Д., Ибадуллаев А. Модификация битума для получения тепло-морозостойких дорожных композиций // Узбекский химический журнал, 2019, №4, Тошкент – 2019 г. С. 40-46.
- [8]. Ибадуллаев А.С., Боборажабов Б.Н., Тешабаева Э.У., Вапаев М.Д. Дорожные композиции на основе модифицированных битумов Ж. Химия и химическая технология 2018. №4, С-46-48
- [9]. Боборажабов Б.Н., Ахмаджонов С.А., Вапаев М.Д. Research of the properties of road asphalt with modified additives. European science review № 9-10 2018. 163-166 p.
- [10]. Ибадуллаев А.С., Вапаев М.Д., Эшчанов Э.У., Тешабаева Э.У. Модификация нефтяных битума отходами газохимической и резиновой промышленности. International conference «Innovations in the oil and gas industry, modern power engineering and actual problems» May 26, 2020, Tashkent. P-218-219.
- [11]. Yoqubov B. B., Ibadullaev A. Yoqubova D.K., Teshabaeva E.U. Prospects and Development of Research of composite Elastomer Materials. // Journal of Siberian Federal University. Chemistry 2021, 14(4). 464-476 p.
- [12]. Ёкубов Б.Б. Ибадуллаев А., Боборажабов Б. Модификация битума для получения тепло-морозостойких дорожных композиций. // Ўзбекистон кимё журналы, Тошкент 2020, №3. С. 27-31.
- [13]. Ибадуллаев А., Боборажабов Б.Н., Тешабаева Э.У., Икромов М.Х. Научные основы модификации полимер-битумных композиций // Монография – Тошкент: «Tipograf» нашриёти 2023. – UDK 665.637.8 150 bet.
- [14]. Икромов М.Х., Ибадуллаева А.С., Боборажабов Б.Н. Модифицированный полимер-битумный композиций для автомобильных дорог. Фаргона политехника институты илмий теник журналы 2023 йил, Том.27, №2. 154-158 bet. (05.00.00, №20).
- [15]. Ikromov M.X., Kayumov A.J. Conditions of travel clothing reinforced by geoset from basalt fiber. // Scientific-technical journal FarPI. 2021. Vol. 4. №2 ISSN 2181-1350. 70 - 77 bet.
- [16]. Икромов М.Х. Армирование оснований дорожных одежд //Илмий техника журналы – ФарПИ, 2021. ISSN 2181-7200 том 25 №4, 144-147бет.
- [17]. Ikromov M., Mamaev Sh.I., Nigmatova D.I. Nafasov J.H. Analysis of Factors Influencing the Friction Coefficient Between Wheels and Rails of Main Train Locomotives (Vol 02 Issue 03, 2024, - pp. 29-32. ISSN (E): 2993-277).

MAYDA DONADOR BETONLARNING FIZIK-MEXANIK XOSSALARI

X.A. Akramov, Sh.T. Raximov, Tayanch doktorant Q.D. Xudoynazarova

Toshkent arxitektura qurilish universiteti
(tel.97-761-92-25, [e-mail.: raximov.12081979@mail.ru](mailto:email: raximov.12081979@mail.ru))
(Qabul qilindi 10.02.2025 y.)

Annotatsiya. Maqolada mahalliy xomashyolar va sanoat chiqindilari asosida olingan mayda donador betonlarning fizik-mexanik xossalarini laboratoriya sharoitida aniqlangan eksperimental tadqiqot natijalari keltirilgan.

Tayanch soʻzlar: mayda donador beton, fizik-mexanik xossalar, kirishish, umrboqiylik, mustahkamlik, superplastifikator, mis eritish toshqoli, kul, portlandsement, sanoat chiqindilari, toʻldiruvchi.

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментального исследования физико-механических свойств мелкозернистого бетона, полученного на основе местного сырья и промышленных отходов, определенных в лабораторных условиях.

Ключевые слова: мелкозернистый бетон, физико-механические свойства, усадка,, долговечность, прочность, суперпластификатор, медеплавильный шлак, зола-унос, портландцемент, промышленные отходы, заполнитель.

Abstract. The article presents the results of an experimental study of the physical and mechanical properties of fine-grained concrete obtained from local raw materials and industrial waste, determined under laboratory conditions.

Key words: fine-grained concrete, physical and mechanical properties, shrinkage, durability, strength, superplasticizer, copper smelter slag, fly ash, Portland cement, industrial waste, filler.

Ishning maqsadi. Mahalliy xomashyolar va sanoat chiqindilari asosida olingan mayda donador betonlarning fizik-mexanik xossalarini, kirishish xossasi va umrboqiyligini tadqiq etish.

Jahonda mayda donador betonlar tarkibini sanoat chiqindilari, kimyoviy va mineral qoʻshimchalardan foydalanib optimallashtirish, beton qorishmalarda struktura hosil boʻlishini maqsadli boshqarishga yoʻnaltirilgan koʻplab ilmiy-tadqiqot ishlari olib borilmoqda. Shunga bogʻliq ravishda, respublikamizda sanoat chiqindilari asosidagi mayda donador betonlarning tarkiblari va xossalarini tadqiq etishning eksperimental-nazariy asoslarini ishlab chiqish muhim ahamiyat kasb etmoqda. Zamonaviy texnologiyalar yordamida olingan mayda donadorli beton yuqori siqilishga mustahkamlikka, oʻrtacha zichligi 2000-2500 kg/m³ oraligʻida boʻlib, ular ishlatilish maqsadiga muvofiq bir qator maxsus xususiyatlarga ham ega boʻladi. Bunday betonlar metro, transport tunnellari, koʻp qavatli binolar, katta oraliqli koʻpriklar, yer osti inshootlari va boshqa koʻplab qurilish ob'ektlarida keng qoʻllaniladi [1].

Qoʻyilgan vazifa. Mayda donador betonlar ning mustahkamlik xossalari asosan bir oʻqli, baʼzida qoʻshimcha ravishda ikki oʻqli siqilishga, egilishga va choʻzilishga boʻlgan mustahkamlik chegarasi bilan baholandi [2].

Muhandislik hisob ishlarida, namunalarni sinash natijalari orqali aniqlanuvchi, bir oʻqli siqilishga boʻlgan mustahkamlik chegarasi eng koʻp qoʻllaniladi:

$$\sigma_{скл} = K \frac{P}{F}$$

bunda, K- namunalar oʻlchamini hisobga oluvchi koeffitsient;

P- buzuvchi kuch, N;

F- namunaning ishchi yuzasi maydoni, sm².

Tajriba sinov namunalari kubik va prizma-toʻsincha shaklida tayyorlandi, sinov ishlari 3, 7, 28 va 60 sutkadan soʻng amalga oshirildi. Namunalar normal haroratli nam sharoitda saqlandi. Har bir muddatda uchtdan namuna sinaldi, bunda namunaga vaqt boʻyicha yuk qoʻyilishi 0.2-0.3 MPa/s ni tashkil etdi (1-rasm).

Mayda donador betonlarning mustahkamligi vaqt oʻtishi bilan ortib bordi. Sement-kulli

aralash bog'lovchili qorishmalarda quyidagini tashkil etdi:

Qorishmaning qotish muddati, sut.	3	7	28	60
Siqilishga mustahkamlik chegarasi, MPa (28 sutkadan so'ng).	25,61	32,73	36.03	37.68



1-rasm. O'tkazilgan tajriba sinov ishlaridan namunalar.

Kub namunalarni siqilishda cho'zilishga bo'lgan mustahkamlik chegarasi (GOST 5802-86, GOST 10180-2012) quyidagi formula bo'yicha aniqlandi:

$$\sigma_{qy3} = 0,52 \frac{P_{\max}}{a^2}, \text{ krc / cm}^2$$

bunda, $P_{\max}$ –buzuvchi kuch, kgs;

a-kub shaklidagi namunalarning tomonlari uzunligi, sm.

Egilishga bo'lgan mustahkamlik chegarasi, to'ldiruvchi eng katta yirikligi 5 mm gacha bo'lgan tarkiblar uchun, 40x40x160 mm o'lchamli to'sinchalar ustida olib borilgan sinov ishlari natijasida aniqlandi.

$$\sigma_{\text{эвл}} = \frac{3P_1 l}{2bh^2}$$

bunda, P_1 –buzuvchi kuch, kgs;

l-to'sincha tayanchlari orasidagi masofa bo'lib, 10 sm ga teng;

b-namunaning eni, sm;

h-namunaning balandligi, sm;

Cho'zilishga- $\sigma_{cho'z}$, egilishga- σ_{egil} va bir o'qli siqilishga bo'lgan mustahkamlik chegarasi orasidagi korrelyasion aloqalar, $\sigma_{siqil}=31-36$ MPa oraliqda quyidagiga teng bo'ladi:

$$\sigma_{чз.} = 0,335\sigma_{скл} + 0,45$$

$$\sigma_{эгл} = 0,27\sigma_{скл} + 0,1$$

Egilishga bo'lgan mustahkamlik chegarasi, mayda donadorli to'ldiruvchi asosidagi qorishmaning siqilishga bo'lgan mustahkamligiga nisbatan 4-5 marta kichik.

Qotgan qorishmaning g'ovakligi (GOST 10181-2000) quyidagi formula bo'yicha aniqlandi:

$$P = \left(1 - \frac{\rho_{уйма}}{\rho_0}\right) \cdot 100\%$$

bunda, $\rho_{уйма}$ - uyma zichlik, kg/m³

ρ_0 - zichlik, kg/m³

Mayda donador betonlardagi o'rtacha havo miqdori 5-6 % ni tashkil etdi.

Qotayotgan qorishmaning zichligini, o'lchamlari 10x10x10 sm bo'lgan kub shaklidagi standart namunalarning massasini uning hajmiga nisbati orqali aniqlandi, hamda 2310 kg/ m³ dan 2445 kg/m³ gacha miqdorni tashkil etdi.

Qotgan qorishmaning namligi (GOST 5802-86) quyidagi formula bo'yicha aniqlandi:

$$W_{нам} = \frac{m_{нам} - m_{кыр}}{m_{кыр}} \cdot 100\%$$

bunda, $m_{нам}$ - qorishma namunasining quritguncha bo'lgan massasi, kg/m³

$m_{кыр}$ - qorishma namunasining quritgandan so'ng massasi, kg/m³

Qotgan mayda donador betonlarning (28 sutkali) o'rtacha namligi 5-12 % ni tashkil etdi.

Mayda donador betonlarning kirishish xususiyati, bu tashqi kuch ta'sirida bir o'qli yoki hajmiy siqilish natijasida yuzaga keladigan kirishish darajasi hisoblanadi. Mayda donador betonlarning qotish jarayonida ularning kirishish xususiyatlari aniqlandi.

Ma'lumki, betonning kirishishi bu ularda zo'riqishni va yoriqlarni yuzaga kelishi bilan tushuntiriladi, natijada yuk ko'tarish qobiliyati va umrboqiyli pasayadi. A.Ye. Sheykin, Yu.A. Nilender, Dj. Kalouzen, Z.N. Silosani, S.V. Aleksandrov va boshqalarning [3] ilmiy ishlarida kirishishning mexanizmi va fizik tabiati o'rganilgan.

Betonning kirishishi sement toshining nam holatiga bog'liqdir. Betonning kirishish mexanizmi quyidagi sabablarga bog'liq: sement qotishi natijasida boradigan kimyoviy va fizik-kimyoviy jarayonlarga; sement toshi g'ovaklari va kapilyarlarida namlik miqdorining o'zgarishi sababli kapilyar bosimi kuchining o'zgarishi; suvni yo'qotish orqali sement toshini tashkil etuvchi gell struktura hajmining o'zgarishi; gidrat qobiqlarda namlikning bug'lanishi orqali kristallarning yaqinlashishi.

Betonni tayyorlash vaqtida unda yuqorida ko'rilgan barcha faktorlar mavjud bo'ladi, shu sababli bu vaqtda maksimal kirishish deformatsiyasi kuzatiladi. Kimyoviy, fizik-kimyoviy va kapilyar xodisalar natijasida qotish jarayonining borishi va struktura kuchlarining oshishi erkin deformatsiya kattaligiga kam ta'sir ko'rsatadi, vaqt bo'yicha deformatsiyaning o'zgarish egri chizig'i so'nuvchi xarakterga ega bo'ladi.

Toshqol qo'shimchali betonlarning kirishish deformatsiyasini aniqlash ustida V.D. Gluxovskiy, V.V. Stolnikov, V.V. Kind, V.A. Fomin, A.A. To'laganov, U.A. Gaziev, Sh.T. Raximov tadqiqot ishlarini olib borishgan [3]. Bu tadqiqot ishlari natijasi shuni ko'rsatadiki, sement-toshqolli bog'lovchi asosida tayyorlangan betonlar kichik kirishishga ega bo'ladi, bunda bog'lovchi tarkibida kul yoki toshqol qancha ko'p bo'lsa, kirishish shuncha kam bo'ladi.

Muammoni hal etish usullari. Mayda donador beton qorishmadan olingan 40x40x160 mm o'lchamdagi namunaning kirishish xususiyati Germaniyada ishlab chiqarilgan FORM+TEST prufsysteme (POB 1154. D-88491 Riedlingen) uskunasi (2-rasmga qarang) aniqlandi. Sinovlar GOST 24544-2020 bo'yicha 40x40x160 mm o'lchamdagi namunalarda o'tkazildi. Namunalarni



2-rasm. FORM+TEST uskunasiining umumiy koʻrinishi.

saqlash toʻgʻridan-toʻgʻri quyosh nurlari taʼsiriz 20±2°C va namlik 60±5% amalga oshirildi.

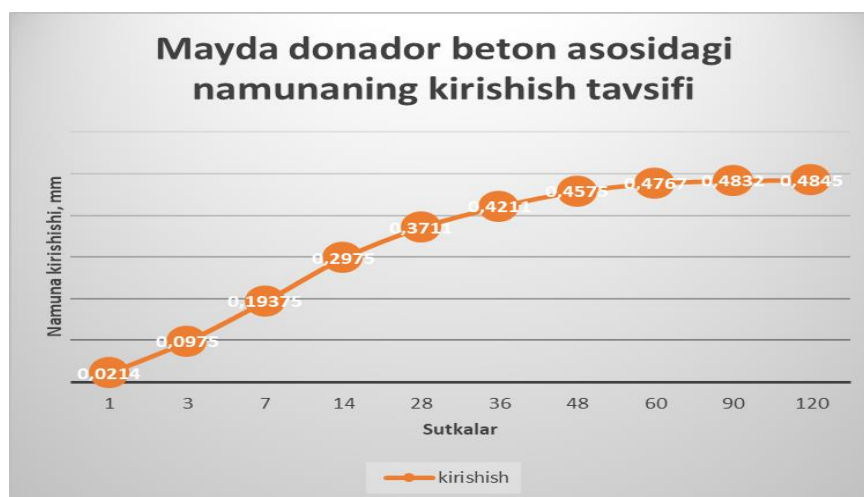
Birinchi qisqarish oʻlchovi dastlabki koʻrsatkichni qayd qilish, namunalarni qolipdan boʻshatgandan soʻng 4 soat oʻtgach amalga oshirildi. Deformatsiyalar 160 mm uzunlikdagi bazada 1, 3, 7, 14 kundan keyin va har ikki haftalik intervalda qayd etildi. Sinovlar 120 kun davom etdi, bu betonning qisqarish xossalarini baholash talablariga javob berdi. Sinov ishlari orqali aniqlangan natijalar asosida (1-jadval va 3-rasmga qarang) grafik tuzildi.

1-jadval

Mayda donador betonlardan olingan namunaning kirishish tavsifi

Kirishishni aniqlash sinov vaqti, sutka	Namunaning kirishishi, mm
1	0,0214
3	0,0975
7	0,1938
14	0,2975
28	0,3711
36	0,4211
48	0,4575
60	0,4767
90	0,4832
120	0,4845

1-jadvalda (3-rasmga qarang) keltirilgan tajriba sinov ishlari natijalari tahlili shuni koʻrsatadiki, mayda donador beton asosidagi namunaning dastlabki 1, 3, 7, 14 va 28 sutkali qotish davrida kirishish jadal kechdi, keyingi 36, 48, 60, 90 va 120 sutkali qotish davrida esa kirishish sekinlashdi va stabillashdi [4, 5].



3-rasm. Mayda donador beton asosidagi namunaning kirishish tavsifi.

Ilmiy natijalar va ularning tahlili. O'tkazilgan tajriba sinov ishlari natijalari tahlili mayda donador beton asosidagi namunaning dastlabki 1 - 28 sutkali qotish davrida kirishish jadal kechganligini, keyingi 36 - 120 sutkali qotish davrida esa kirishish sekinlashganligini va stabillashganligini, bu esa me'yor talablariga mos kelishini ko'rsatdi.

Xulosa. Tadqiq etilgan mayda donador betonlar tarkiblariga uchuvchan-kul, mis eritish toshqoli va superplastifikatorni kiritish orqali betonning kirishish xossalari yaxshilan, uning fizik-mexanik xossalari esa oshirildi.

Adabiyotlar

- [1]. Gaziev U.A., Raximov Sh.T. «Kauldi» ruda konidagi bo'sh jinslar asosidagi qumlardan olinadigan to'lg'azuvchi qorishmalarning tarkibi va xususiyatlari. Nauchno-texnicheskiy jurnal «Problemy arxitektury i stroitelstva».- №1.-Samarkand.-2012.-S.52-54.
- [2]. Raximov Sh.T. Sanoat chiqindilari asosidagi to'lg'azuvchi qorishmalarning optimal tarkibini ishlab chiqish, fizik-texnik xususiyatlari, uzoq muddatga chidamliligi va samaradorligini tadqiq etish. Texnika fanlari bo'yicha falsafa doktori (PhD) ilmiy darajasini olish uchun tayyorlangan avtoreferati. –Toshkent. -2019.-17 bet.
- [3]. Газиев У.А. "Отходы промышленности в производстве строительных материалов и изделий". Учебник. - Ташкент. -2015. -С.232-242.
- [4]. Raximov Sh.T., Xudoynazarova Q.Dj., mag. O'sarov E.O'. Композиционные вяжущие с использованием отходов производства/«Yangi O'zbekiston: Ilm qaldirg'ochlari-2024» mavzusidagi III-Xalqaro ko'rik tanlovi hamda talabalarning ilmiy-amaliy konferensiyasi materiallari. JizPI, Jizzax sh., 2024 yil 18 may, 229-230 betlar.
- [5]. Raximov Sh.T., Xudoynazarova Q.Dj. Влияние отходов на равномерность изменения объема в мелкозернистых бетонных смесях/O'zbekiston Respublikasi Qurilish va uy-joy kommunal xo'jaligi vazirligi Kompetensiyani rivojlantirish instituti "Qurilish va uy-joy xo'jaligi sohasida yangicha yondashuvlar" Respublika ilmiy-amaliy konferensiyasi, Toshkent 2024 yil, 1 noyabr, 176-180 betlar

TOG'-KON SANOATIDA QO'LLANILADIGAN KONUSLI MAYDALAGICH
ENERGIYA SAMARADORLIGINI OSHIRISH TADQIQOTINING NAZARIY TAHLILI

J.S. Olimov, S.G'. Shirinov

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti,
Tel.: +998933732328(c), e-mail: olimovjasur2328@gmail.com
Tel.: +998942261313(c), e-mail: sohibjonshirinov5@gmail.com
(Qabul qilindi 10.01.2024 y.)

Annotatsiya. Tog'-kon va qurilish sanoatida mineral xom ashyoni maydalash va yanchish jarayonlari keng tarqalgan, hamda elektr energiyani ko'p talab qiladigan texnologik jarayonlar bo'lib, tog'-kon sanoati korxonalarida iste'mol qiladigan elektr energiyasining 20% ga yaqinini tashkil qiladi. Hozirgi vaqtda maydalash jarayonlari eng ko'p energiya talab qiladigan operatsiyalardan biri bo'lib, qayta ishlash korxonalarining umumiy energiya resurslarining 50-60% dan ko'prog'ini tashkil qiladi. Shu sababli, ruda tayyorlash jarayoni va rivojlanish tendentsiyasida energiya samaradorligini oshirish uchun uskunalar tanlash, katta birlik quvvatga ega yuqori unumli uskunalardan foydalanish, maydalash jarayonlarini kuchaytirish va texnik echimlarni ishlab chiqish dolzarbdir. Shu sababli, konusli maydalagich asosiy parametrlari (eksentrik og'ish burchagi, konus aylanish tezligi va yuklama) dan foydalangan holda experimental tajribalar o'tgazildi va optimal ish jarayoni va energiya samaradorligiga erishish asosiy ustuvor vazifalari belgilandi.

Tayanch so'zlar: jag'li, bolg'ali va konusli maydalagichlar, elektr yuritmalar, elektr dvigatelining quvvati, ezuvchi konusning taglik diametric, ochiq tomonda qabul qiluvchi teshikning kengligi, ishchi quvvat, gidro metalurgiya, faza rotorli asinxron motor, rudaning qattiqligi, elektr yuritma, stator tok, aylanish tezligi, reaktiv quvvat, yuklama darajasi.

Аннотация. Дробление и измельчение минерального сырья широко распространены в горнодобывающей и строительной промышленности и являются технологическими процессами, требующими больших затрат электроэнергии, на долю которых приходится около 20% потребляемой горнодобывающими предприятиями электроэнергии. В настоящее время процессы дробления являются одними из самых энергоемких операций, на их долю приходится более 50–60 % общих энергоресурсов перерабатывающих предприятий. Поэтому актуальным является выбор оборудования для повышения энергоэффективности процесса подготовки и развития руды, применение высокопроизводительного оборудования с большой единичной мощностью, усиление процессов дробления, разработка технических решений. Таким образом, были проведены экспериментальные эксперименты с использованием основных параметров конусной дробилки (угол отклонения эксцентрика, скорость вращения конуса, нагрузка) и определены основные приоритеты для достижения оптимальной работы и энергоэффективности.

Ключевые слова: щековые, молотковые и конусные дробилки, электроприводы, мощность электродвигателя, диаметр днища дробящего конуса, ширина приемного отверстия с открытой стороны, рабочая мощность, гидрометаллургия, асинхронный двигатель с фазным ротором, крепость руды, электропривод, ток статора, частота вращения, реактивная мощность, уровень нагрузки.

Abstract. In the mining and construction industries, the processes of crushing and grinding of mineral raw materials are widespread and are energy-intensive technological processes, accounting for about 20% of the electricity consumed by mining enterprises. Currently, crushing processes are one of the most energy-intensive operations, accounting for more than 50-60% of the total energy resources of processing enterprises. Therefore, in the process of ore preparation and development, it is urgent to select equipment to increase energy efficiency, use high-performance equipment with large unit capacity, strengthen crushing processes and develop technical solutions. Therefore, experimental experiments were conducted using the main parameters of the cone crusher (eccentric deviation angle, cone rotation speed and load), and the main priority tasks for achieving optimal operation and energy efficiency were identified.

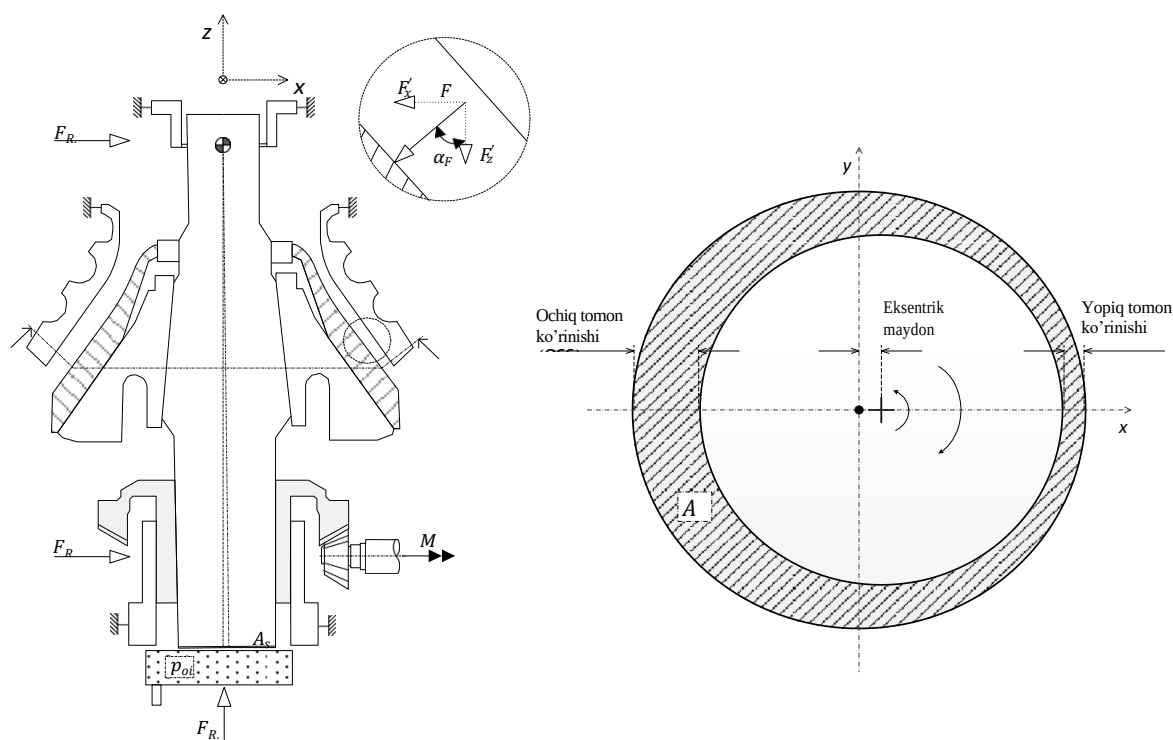
Key words: jaw, hammer and cone crushers, electric drives, electric motor power, bottom diameter of the crushing cone, width of the receiving hole on the open side, working power, hydrometallurgy, phase rotor asynchronous motor, ore hardness, electric drive, stator current, rotational speed, reactive power, load level.

Togʻ-kon va qurilish sanoatida mineral xom ashyoni maydalash jarayonlari uchun jagʻli, bolgʻali va konusli maydalagichlar keng qoʻllaniladi. Qattiq materiallarni maydalash uchun eng koʻp ishlatiladigan konusli maydalagichlar boʻlib, unda material boʻlaklari statsionar konus shaklidagi idish ichida aylanma eksentrik harakat asosida aylanadigan konus tomonidan maydalanadi. Aylanish jarayonida, harakatlanuvchi konusning boshi, bir tomondan, tanaga yaqinlashib, xom ashyo boʻlaklarini parchalaydi va ikkinchi tomondan, mahsulotning toʻkilishini taʼminlash uchun undan uzoqlashadi. Konusli maydalagichlar (1-rasm) yirik (KKD), oʻrta (KSD) va kichik (KMD) hajimdagi xomashyo ishlab chiqarish moʻljallangan turlari mavjud [1].

Yirik maydalash uchun konusli maydalagichlar ikki xil boʻladi: 400 dan 1300 mm gacha boʻlgan oʻlchamdagi boʻlaklarni qabul qilish uchun moʻljallangan, yuklash tirqishlari 500, 900, 1200 va 1500 mm boʻlgan yirik birlamchi maydalash uchun KKD tipidagi maydalagichlar kiradi. KKD-1500/180 GRSh, tanlangan konusli maydalagichning texnik parametrlari 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

Parametr	KKD-1500/180 GRSh
Ezuvchi konusning taglik diametri, mm	180
Ochiq tomonda qabul qiluvchi teshikning kengligi, mm	1500
Yuklangan materialning eng katta oʻlchami, mm	1200
Ishchi quvvati, m ³ /soat	2240
Massa, tonna.	406
Elektr dvigatelining quvvati, kVt	400



1-rasm. Konusli maydalagichning vertical va gorizontal kesmaning sxematik rasmi. Tasir etuvchi kuchlarning soddalashtirilgan tasviri va turli xil mexanik sozlamalar tufayli aylanish nuqtasi holatidagi farqlar ham keltirilgan.

Yuqori quvvatli maydalash qurilmalari uchun ishlatiladigan elektr yuritmalari asosiy qismi asinxron motor boʻlib hisoblanadi. Chunki asinxron motor konstruktiv jihaddan sodda va iqtisodiy jihaddan arzon demakdir. Hozirgi kunda Navoiy Kon Metalurgiya kombinati, 2- gidra metalurgiya zavodi, rudani maydalash sexidagi yirik konusli KKD-1500/180 GRSh maydalash qurulmasi elektr yurutmasi sifatida AK4-450Y-10UZ markali faza rotorli asinxron motor ishlatiladi (2-jadval). Biroq

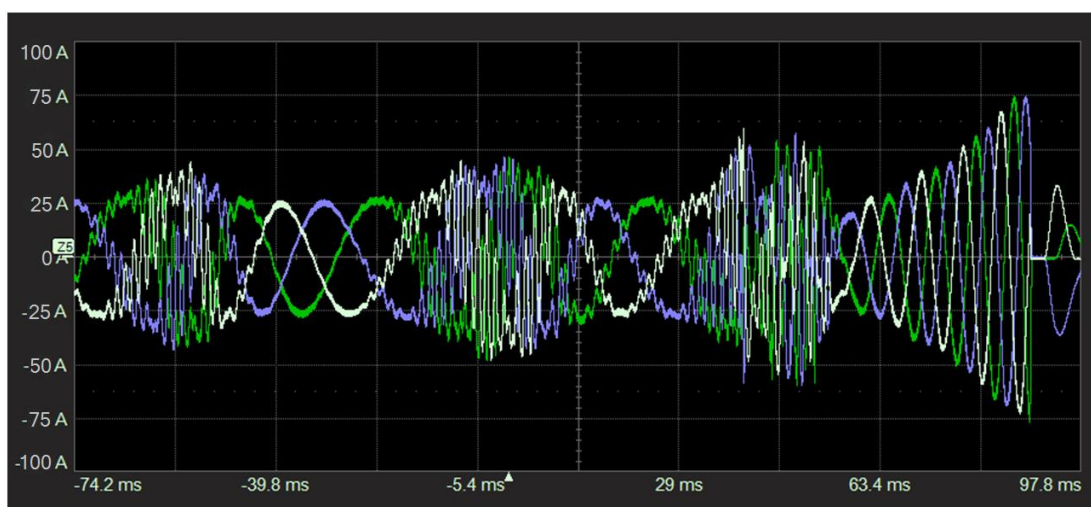
bu turdagi asinxron motorlar bugungi kunda keng foydalanilmaydi. Chunki ularning konstruksiyasi qisqa tutashtirilgan rotorli asinxron motorga nisbatan murakkabligi sababli ommalashmagan. Ammo yagona afzallik bu tezlik boshqarish imkoni mavjudligidir. Faza rotorli asinxron motorning rotorda joylashgan halqalariga tegib turuvchi choʻtkalar orqali qarshiliklar ulanilishi hisobiga rotor tezligi rostdaniladi. KKD-1500/180 GRSh, tanlangan konusli maydalagichning elektr yuritmasi AK4-450Y-10UZ markali faza rotorli asinxron motor texnik parametrlari 2-jadvalda keltirilgan.

2-jadval

Elektr motor turi	Quvvati (kWatt)	Aylanslar soni (ayl/min)	Kuchlani shi (V)	FIK (%)	Quvvat ko'ffitsen ti (cos f)	Stator toki (A)	Rotor toki (A)	Maksimal momentning nominalga nisbati (Mmax/Mn)
AK4-450Y-10UZ	400	750	6000	92,6	0,83	50	390	6,4

2-gidro metallurgiya zavodi, 1-sexdagi rudani yanchish qurilmasi AK4-450Y-10UZ markali faza rotorli asinxron motor validagi yuklamaning oʻzgarishi asosida quvvatni avtomatik rostlash usulini tadbiq qilish uchun dastlab bir qator ilmiy amaliy tajribalarni bajarish lozib boʻlib sanaladi. Hozirda AK4-450Y-10UZ markali faza rotorli asinxron motor doimiy 24 soat ish rejimida faoliyat koʻrsatib kelmoqda. Kapital tamirlash uchun har 5 oy da bir marotaba 24 soat ishdan tashqari farmoyish joriy qilinadi. Ammo, rudaning qattiqligi, metal qismlarning maydalagichga tushib qolishi, mexanik va elektr jihozlarida yuzaga keluvchi muamolar sababli, kunlik avariya yani favqulotda toʻxtab qolish holati kuzatilishi mumkin. Bu turdagi favqulotda toʻxtab qolish davri 2 dan 6 soatgacha boʻlgan oraliqda ruxsat beriladi. Maydalagich elektr yuritmasi ishlash davrida oʻtginchi jarayonlar va asosiy kattaliklarda yuzaga keluvchi oʻzgarishlarni chuqur oʻrganish, olib borayotgan ilmiy ishimizni har tomonlama mukammal va kutilayotgan natijalarni aniqroq qoʻlga kiritish uchun imkon beradi [2].

Kuzatuvlar natijasida shunga guvoh boʻlish mumkinki, motor valiga taʼsir qiluvchi yuklama, stator choʻlgʻamlarida yuzaga keluvchi tok kuchi oʻzgarishi bilan uzviy bogʻliq. Chunki, valdagi yuklama ortishi rotorda tormozlovchi kuchning ortishiga va isteʼmol tokining oʻzgarishiga ham sabab boʻladi (2-rasm). Motorda ilgarilanma kuchni hosil qilish va tezlikni saqlash qobiliyatining mavjudligi sababli yuklama ortishi tokning ortishiga olib keladi.

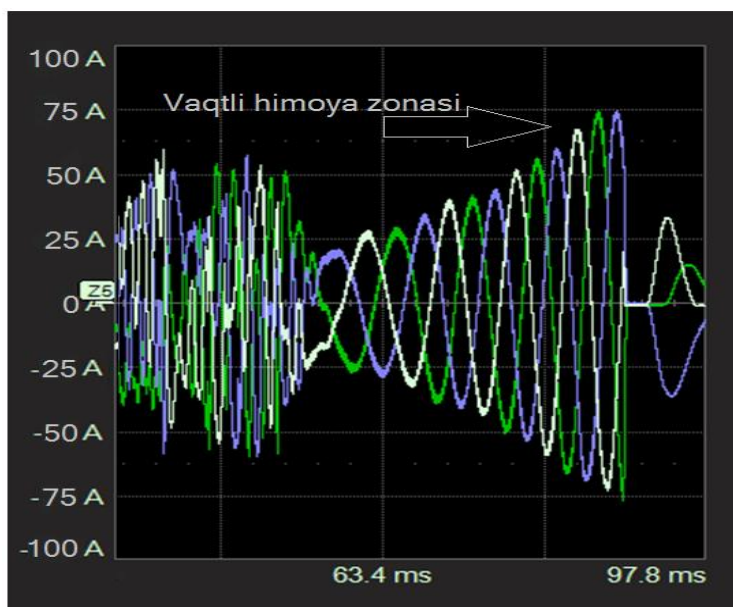


2-rasm. Yuklamasi turgʻun boʻlmagan asinxron motor uchun Hmc8015 quvvat analizatori orqali olingan tok kuchi oʻzgarishi grafigi.

Biroq, yuklamaning haddan tashqari ortishi bir qator muamolarga sabab boʻladi:

- stator tok kuchining keskin ortishi,
- stator cho‘lg‘amlarida qizish holatlari,
- valda va podshimniklarda zo‘riqmaning ortishi,
- mexanik (tasmasli) uzatmada zo‘riqmaning ortishi,
- aylanish tezligining kamayishi,
- reaktiv quvvat sarfining ortishi va samaradorlikning pasayishi kabi salbiy muamolar yuzaga keladi.

Shu sababdan rudani yanchish korxonasida ishlab turgan asinxron motor uchun bir qator tokli himoyalar mavjud bo‘lib noqulay ish sharoitlari kuzatilgan hollarda maqbul himoyani amalga oshiradi. AK4-450Y-10UZ markali asinxron motor nominal ish rejimida 20-35 A tok kuchini iste‘mol qiladi. Yuklama keskin ortishi natijasida tok kuchi chegaraviy qiymatdan ortadi va 70 A



3-rasm. Tok kuchining keskin ortishi.

dan ortganda (sirius) himoya vositasi orqali vaqt sanab ajratish boshlanadi (3-rasm). Agarda tok kuchining qiymati 80 A dan ortsa vaqt sanalmasdan birdaniga tarmoqdan ajratiladi. Chunki, tok kuchining bunday yuqori qiymati stator cho‘lg‘amlarini shikastlab qo‘yishi yoki tatmoqda kuchlanish tushuvini yuzaga keltirishi mumkin [3].

Yuqoridagi grafiglarda ko‘rinadiki bir soniyadan kichik vaqt oraligidagi tok qiymati turlicha qiymatlar oralig‘ida o‘zgaradi. Bu o‘zgarishning yuzaga kelishi valga tasir qiluvchi yuklama qiymati bilan uzviy bog‘liqdir. Yuklamaning o‘zgarish holati tushayotgan rudaning hajmi va zichligiga uzviy bo‘liq bo‘lib sanaladi. Shu sababli,

konusli maydalagich energiya iste‘moli modelini tekshirish uchun 2-gidro metallurgiya zavodi, 1-sexdagi rudani yanchish qurilmasida KKD-1500/180 GRSh maydalash qurilmasida experimental tajribalari o‘tkazildi. Tajriba asosida konusli maydalagich energiya iste‘moli, ruda hajmiy taqsimoti va maydalash kamerasining strukturaviy parametrlari o‘lchandi. 3-jadval konusli maydalagichning energiya sarfini yuklama sarfi asosida ko‘rsatib berilgan. Materialning zichligi o‘rtacha qiymatda 2725 kg / m³ deb qabul qilindi. Ruda zarrachalarining o‘lchami konusli maydalagichimiz standart talab o‘lchamiga mos holda kiritiladi [4].

3-jadval

Energiya iste‘moli (kW)	Yuklama darajasi(%)	Energiya iste‘moli (kW)	Yuklama darajasi(%)	Energiya iste‘moli (kW)	Yuklama darajasi(%)
271,51	0	364,46	63,64	384,75	70,95
345,94	52,57	367,97	65,32	386,63	71,67
349,13	58,46	369,89	65,79	389,81	71,89
356,36	59,24	373,58	66,78	393,63	72,45
358,51	60,13	377,41	67,71	394,09	72,91
360,18	60,96	379,66	68,92	395,80	73,14
361,90	62,75	381,35	69,16	396,64	73,78

3-jadvalga ko‘ra, o‘rtacha yuklamasiz konusli maydalagich energiya iste‘moli mos ravishda 271,51 kW soat va yuklamasi nominal 70% oraliqda bo‘lgan holda iste‘mol quvvati 396,64 kW

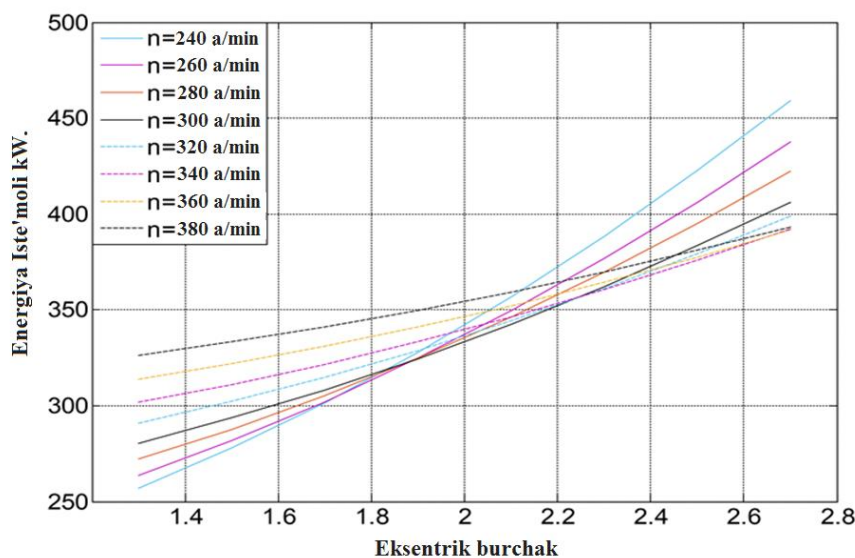
soatni tashkil etdi. Simulyatsiya natijasida elektr energiya sarfini (1) tenglama bo'yicha olish ham mumkin. Simulyatsiya natijalari va o'rtacha eksperimental qiymatlar solishtirilganda 1,98 kW soat farqni tashkil etdi. Shuning uchun, konusning maydalagichni modellashtirish jarayonida simulyatsiya (Matlab, Simulink dasturiga kiritilgan visual parametrlar) natijalari va o'rtacha eksperimental qiymatlar solishtirilganda energiya sarfini taxmin qilish ko'rsatgichlari orasidagi taffovut kichik bo'lganligi uchun ikkala tadqiqot usuli ham ishlatilishi mumkin [5].

Konusli maydalagichlarning elektr motor quvvati $N(kW)$ ko'plab manbalarda quidagi formula orqali ifodalaniladi.

$$N = \frac{5\sigma_{sj}^2 n d_2 (d_H^2 - d_K^2)}{24\eta E 1000} \quad (1)$$

Bu yerda: σ_{sj} - ruda elastiklik moduli, E - yanchish davrida ruda bo'laklarining yakuniy mustahkamlik chegarasi, η - konusli maydalagich foydali ish koeffitsiyenti, odatda bu turdagi qurilmalar FIK 0,7-0,85 oralig'ida bo'ladi, d – harakatlanuvchi konusning asosining diametri, d_H va d_K - harakatlanuvchi konusning kirish va chiqarish diametri.

Konusli maydalagich energiya iste'moli, rudani parchalash uchun yo'nalgan bosim va bosim yo'nalishi bo'yicha siljishga uzviy bog'liqdir. Shunga ko'ra, ezilish nisbati va mantiya pozitsiyasi almashinish tezligi, hamda konusli maydalagichdagi maydalash kamerasining strukturaviy parametrlari ham energiya sarfi uchun ta'sir qiladi. 4-rasmda ko'rsatilganidek, mantiyaning eksentriya bo'yicha tezlikning oshishi bilan energiya sarfini sezilarli pasayish tendentsiyasini taqdim etdi. Shuni takidlash joizki, tezlikning ortishi bir vaqtning o'zida mahsuldorlik uchun ham birlik energiya sarfi pasayishi ko'rildi. Bundan tashqari, yanchish uchun sarf energiyasi tezlik bilan uzviy bog'liqlikka ega [6]. Biroq, bu 5-rasmida ko'rsatilganidek, energiya iste'moli tezlikning oshishi bilan yuqori tendentsiyani ko'rsatmaydi, ya'ni belgilangan tezlikning chegaraviy qiymatidan ortishi energiya sarfida yana ortishini ko'rsatadi. Energiya iste'moliga konusli maydalagichning yuksiz mexanik energiyasi yoki salt ishlashi ham ta'sir ko'rsatdi: tezlik qanchalik yuqori bo'lsa, yuklamasiz energiya sarfi (reaktiv quvvat uchun) shunchalik ko'p va maydalash vaqtida (nominal yuklangan holda) kamroq energiya sarflanadi. Shuning uchun energiya iste'moli tezlikning oshishi bilan o'zgarishi kuzatiladi [7].

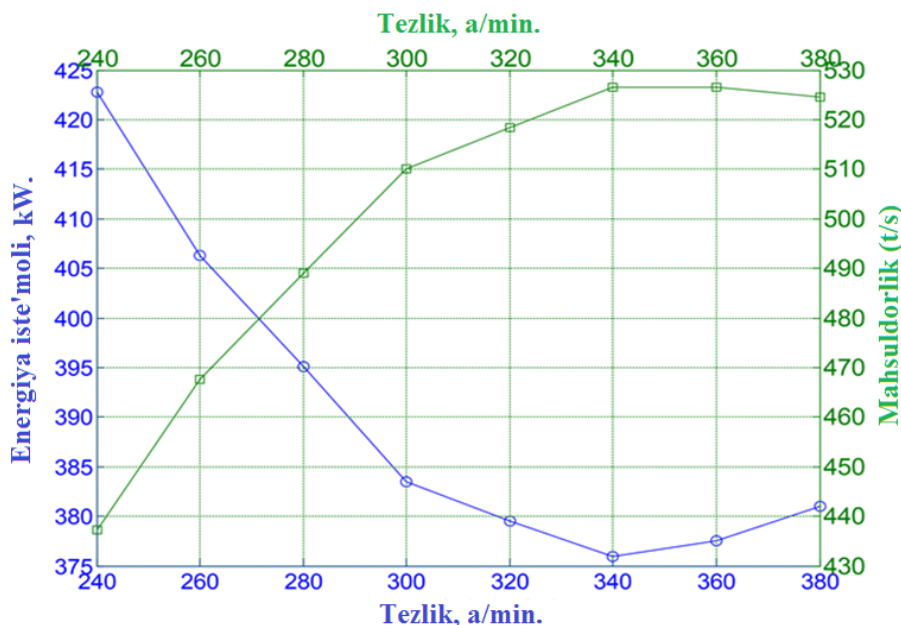


4- rasm. Turli xil eksentrik burchak va tezlik uchun konusli maydalagich energiya iste'moli.

Konusli maydalagich energiya sarfini va ezilayotga rudaning chiqish o'lchamlarini baholovchi yana bir asosiy kattalik bu eksentrik aylanishning og'ish burchak qiymati bo'lib sanaladi (1-rasm). KKD-1500/180 GRSh konusli maydalagich uchun eksentrik aylanish uchun og'ish burchagi 1.6°

va 2.5° ni tashkil etadi [8]. Bu burchakning ortishi chiqayotgan mahsulotning o'lchami va energiya sarfining pasayishiga olib keladi. Sababi shundaki, burchakning ortishi hisobiga zo'riqma kamayadi va konusli maydalagich elektr yuritma staror cho'lg'amlaridagi tok miqdori kamayadi va iste'mol quvvatining kamayishiga o'z tasirini ko'rsatadi [9].

Yuqoridagi rasmdan shuni xulosa qilish mumkinki konus aylanish tezligi va eksentrik burchak bir biri bilan bog'langan holda iste'mol quvvatiga o'z tasirini beradi [10]. O'tgazilgan eksperimental tajriba natijasida shunga guvoh bo'lish mumkinki, konusli maydalagichga tushirilayotgan rudaning miqdori va o'lchami, eksentrik og'ish burchak gradusi hamda konusning aylanish tezligi o'zaro quvvat iste'moliga bog'liqligi va ularni maromlash orqali energiya samaradorligiga erishish imkoni mavjudligi o'z nazariy ispotini ko'rsatdi [11].



5-rasm. O'zgaruvchan tezlikda konusli maydalagich energiya iste'moli va mahsuldorlik.

Yakuniy xulosa o'rnida aytish mumkinki, 2-gidro metallurgiya zavodi, 1-sexdagi rudani yanchish jarayonida AK4-450Y-10UZ markali faza rotorli asinxron motor validagi KKD-1500/180 GRSh konusli maydalagich ish faoliyati davomida iste'mol quvvatining experimental natijalari tadbqiq etildi. Natijalar orqali konusli maydalagich asosiy parametrlari sanalgan eksentrik og'ish burchagi, aylanish tezligi va unga tushuvchi yuklama miqdori o'zgarishi natijasida AK4-450Y-10UZ asinxron motor iste'mol quvvatida o'zgarishning yuzaga kelishi kuzatildi. Bu asosiy parametrlarni belgilangan optimal qiymatlar orqali maromlash bilan normal energiy samaradorligi qo'lga kiritilishi mumkin.

Adabiyotlar

- [1]. Jasurjon Olimov, Bahodir Ramazonov, and Shaxzodbek Sayfiyev, Increasing efficiency of induction motor by predictive control system, E3S Web of Conferences, 525, 03004 (2024)
- [2]. Sohibjon G'ulom O'g'li Shirinov, Jasurjon Sadridin O'g'li Olimov, Zavqiyor Ismatilloevich Jumayev, Muzaffar Karimtoshevich Sayidov, Analysis of patterns of electricity consumption in mining and processing enterprises, VIBROENGINEERING PROCEDIA, VOLUME 54 (2024)
- [3]. M Eshmirzaev, B Narzullayev, Improvement of the control system with the drive of high voltage arc furnaces, VIBROENGINEERING PROCEDIA, VOLUME 54 (2024)
- [4]. Jasurjon S. Olimov, Sherzod Sh. Fayziyev, Feruz M. Raximov, Ahror U. Majidov, and Bobur Q. Muxammadov, "Controlling power of short circuited induction motor via modern sensors without speed change", Navoi State University of Mining and Technologies, Navoi, Uzbekistan, GEOTECH-2023.
- [5]. Khaled Abdalla Almezghwi, "Direct Torque Control Of Induction Motor Using Fuzzy Logic". Nicosia, 2015.
- [6]. Olimov J.S., Raximov F.M. "Design and development of short circuited induction motor": Proceedings of the 4-international conference on integrated innovative development of zarafshan region: achievements, challenges

- and prospects dedicated to the 65- Anniversary of Navoi Mining and Metallurgical Company, Volume II, November 16-17, 2023. Navoi, Uzbekistan.
- [7]. Olimov J.S., Eshmirzayev M.A. "Controlling power of induction motor via modern sensors without speed change": Proceedings of the 6-international conference on integrated innovative development of zarafshan region: achievements, challenges and prospects dedicated to the 65- Anniversary of Navoi Mining and Metallurgical Company, Volume II, November 16-17, 2023. Navoi, Uzbekistan.
- [8]. Yanmei Yao, "Study of Induction Machines with Rotating Power Electronic Converter", Doctoral Thesis Stockholm, Sweden (2016)
- [9]. Zhi SHANG, "Simulation and Experiment for Induction Motor Control Strategies Simulation and Experiment for Induction Motor Control Strategies", Windsor, Ontario, Canada (2011)
- [10]. Ibadullaev, M., Tovbaev, A.N. "Research of Ferr-Resonance Oscillations at the Frequency of Subharmonics in Three-Phase Non-Linear Electric Circuits and Systems", //E3S Web of Conferences, 2020, 216, 01113 https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/pdf/2020/76/e3sconf_rses2020_01113.pdf
- [11]. Tovbaev A., Boynazarov G., Togaev I. "Improving the quality of electricity using the application of reactive power sources", E3S Web of Conferences 390(4):06032 DOI: [10.1051/e3sconf/202339006032](https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339006032) <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202339006032>.

КРАТКИЙ ОБЗОР ИССЛЕДОВАНИЙ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ НАГРУЗОК НА СОЛНЕЧНЫЕ МАССИВЫ, УСТАНОВЛЕННЫХ НА КРЫШАХ ЗДАНИЙ

О.А. Рахматов

Ферганский политехнический институт,
o.raxmatov@ferpi.uz
(Получена 24.01.2025 г.)

Annotatsiya. O'zbekistonda qayta tiklanuvchi energiya manbalari (QTE) va quyosh energetikasi (QE)ni rivojlantirish mamlakat energetika strategiyasining asosiy yo'nalishlaridan biri hisoblanadi. Asosiy maqsad 2030-yilga kelib 8 GVt o'rnatilgan quyosh energiyasi quvvatiga erishish va energiya balansida QTE ulushini 25% gacha oshirishdir. Bu issiqxona gazlari chiqindilarini 2010-yil darajasiga nisbatan 35% ga kamaytirish imkonini beradi[1]. Ushbu maqsadlarga erishish uchun Navoiy, Buxoro, Samarqand va Jizzax kabi hududlarda yirik quyosh elektr stansiyalarini qurish bo'yicha keng ko'lamli loyihalar amalga oshirilmoqda. Shuningdek, taqsimlangan generatsiya tizimlari, jumladan, turar-joy va tijorat binolarining tomlarida quyosh panellari o'rnatilmoqda.

Maqolada binolarning tomlariga o'rnatilgan quyosh panellari majmualariga ta'sir etuvchi aerodinamik kuchlarning nazariy va tajribaviy tadqiqotlari tahlili keltirilgan. Asosiy e'tibor panellarning qiyalik burchaklari, to'siqlar balandligi, geometrik o'lchamlar va modullar orasidagi masofalarning shamol yuklamalariga ta'siriga qaratilgan.

Tayanch so'zlar: aerodinamik yuklamalar, fotoelektrik tizimlar, shamol koeffitsiyentlari, turbulent oqimlar, parapet balandligi, panellarning qiyalik burchagi, quyosh massivlari, geometrik parametrlar.

Аннотация. Развитие возобновляемых источников энергии (ВИЭ) и солнечной энергетики (СЭ) в Узбекистане является одним из ключевых направлений энергетической стратегии страны. Основной целью является достижение 8 ГВт установленной мощности солнечной энергетики и увеличение доли ВИЭ в энергобалансе до 25% к 2030 году, что позволит сократить выбросы парниковых газов на 35% по сравнению с уровнем 2010 года[1]. Для достижения этих целей реализуются масштабные проекты по строительству крупных солнечных электростанций в таких регионах, как Навои, Бухара, Самарканд и Джизак, а также внедряются системы распределенной генерации, включая солнечные панели на крышах жилых и коммерческих зданий.

В статье представлен обзор теоретических и экспериментальных исследований аэродинамических нагрузок на солнечные массивы, установленные на крышах зданий.

Ключевые слова: аэродинамические нагрузки, фотоэлектрические системы, ветровые коэффициенты, турбулентные потоки, высота парапета, угол наклона панелей, солнечные массивы, геометрические параметры.

Abstract. The development of renewable energy (RES) and solar energy (SE) in Uzbekistan is one of the key areas of the country's energy strategy. The main goal is to reach 8 GW of installed solar power and increase the share of renewable energy in the energy balance to 25% by 2030, which will reduce greenhouse gas emissions by 35% compared to the level of 2010.[1] To achieve these goals, large-scale projects are

being implemented to build large-scale solar power plants in Navoi, Bukhara, Samarkand and Jizzakh regions, as well as distributed generation systems, including solar panels on the roofs of residential and commercial buildings.

The article provides an overview of theoretical and experimental studies of aerodynamic loads on solar arrays installed on the roofs of buildings.

Key words: *aerodynamic loads, photovoltaic systems, wind coefficients, turbulent flows, parapet height, panel tilt angle, solar arrays, geometric parameters.*

ВВЕДЕНИЕ

Использование солнечных панелей для получения возобновляемой энергии является важным элементом в стратегии многих стран, включая Узбекистан, по переходу к экологически чистой энергетике. Аэродинамические нагрузки на солнечные массивы, установленные на крышах зданий, представляют собой один из критически важных факторов, влияющих на безопасность и эффективность таких установок. Экспериментальные исследования, проведенные в аэродинамических трубах, показывают, что углы наклона панелей, высота парапетов, расстояния между модулями и другие параметры играют ключевую роль в формировании ветровых нагрузок.

В Узбекистане нормативная база включает СНиПы, регулирующие требования к ветровым нагрузкам. Эти документы создают основу для разработки безопасных и эффективных конструкций. Однако, учитывая специфические климатические условия региона, требуется дальнейшая адаптация и развитие стандартов, основанных на современных исследованиях.

В некоторых районах Узбекистана наблюдались случаи повреждения солнечных панелей на крышах зданий из-за недостаточной устойчивости конструкций. Например, отсутствие достаточной фиксации рам солнечных модулей привело к их разрушению при сильных ветрах. Неправильный угол наклона панелей увеличивал парусность, что усиливало ветровую нагрузку и приводило к деформациям.

Использование панелей без учёта высоты здания и локальных ветровых характеристик, например, в Ташкенте известен случай, когда установка модулей на крыше высокоэтажного здания проводилась без учета СНиПа, что вызвало их частичный обрыв во время бури. Несоблюдение минимальных расстояний между панелями, также создала условия для возникновения турбулентных потоков и разрушения элементов конструкции.

Отсутствие локальных аэродинамических испытаний приводит к тому, что за основу берутся стандарты, не адаптированные к климату Узбекистана. Это может быть критичным не только для установленных солнечных панелей на крышах зданий, но и для пустынных и горных зон.

В этом контексте применение стандартов, таких как ISO 4354 (Wind actions on structures)[2], для оценки воздействия ветров на солнечные установки, внедрение методик IEC 61215 (долговечность модулей) [3] и IEC 61730 (безопасность модулей) [4] с учетом ветровых нагрузок и разработка национальных стандартов аналогичного европейскому EN 1991-1-4 (Eurocode 1), для проектирования устойчивости панелей в ветровых условиях, является весьма актуальной задачей. Также необходимо учет параметров крыши, таких как высота, углы наклона, и установка дополнительных защитных элементов (например, парапетов).

Настоящая статья направлена на систематизацию текущих знаний об аэродинамических нагрузках на солнечные панели и разработку рекомендаций для проектирования систем, учитывающих местные нормативные требования и результаты исследований.

Основные результаты исследований.

В исследовании авторов [5] были определены критические параметры, влияющие на аэродинамические нагрузки на фотоэлектрические панели, установленные на крышах жилых зданий. Для плоских крыш максимальные пиковые коэффициенты сил возникают при углах наклона панелей от 20° до 40°. При этом увеличение угла наклона приводит к росту

минимальных и максимальных коэффициентов сил на 40%. Было выявлено, что высота здания практически не влияет на ветровую нагрузку: различия между 2- и 3-этажными зданиями составляют менее 10%. Увеличение расстояния между панелями и крышей с 0.3 м до 0.45 м также оказывает минимальное влияние, изменяя коэффициенты сил менее чем на 5%.

Критические направления ветра варьируются в зависимости от типа крыши. Для плоских крыш максимальные силы давления наблюдаются при направлении ветра 315° . Для двускатных крыш это направление составляет 247.5° , а для вальмовых крыш — от 337.5° до 0° . Наибольшее давление наблюдается на передней грани панелей, особенно на краях крыш, что связано с интенсивной турбулентностью ветра.

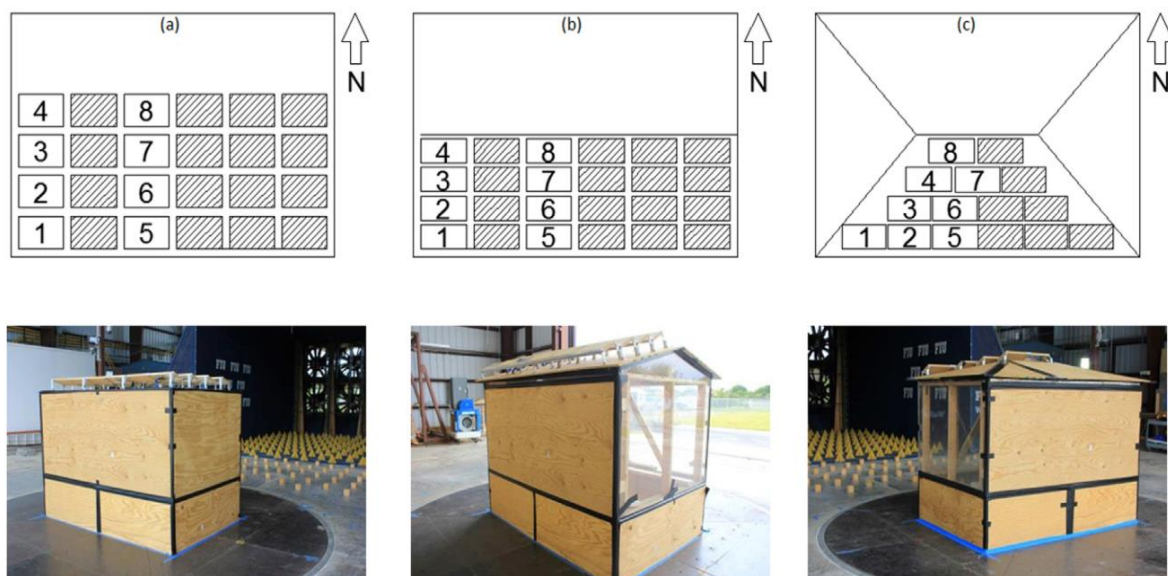


Рис. 1. Схемы конфигурации панелей и модель WOW для зданий с плоской (а), двускатной (б) и вальмовой (с) крышей.

В исследовании также представлены кривые огибающих (enveloping curves), отображающие зависимости коэффициентов сил от эффективной площади панелей для различных типов крыш. Эти кривые показывают, что увеличение угла наклона панелей ведет к росту как максимальных, так и минимальных коэффициентов сил. Для упрощения проектирования были предложены две кривые: одна для максимальных коэффициентов сил, другая для минимальных.

На основании анализа данных было рекомендовано учитывать эти зависимости при проектировании креплений фотоэлектрических панелей, чтобы минимизировать ветровые нагрузки и обеспечить их надежность в экстремальных условиях.

Исследования проводимые авторами [6] посвящено изучению влияния геометрического масштаба на ветровые нагрузки на солнечные панели, установленные на плоских крышах. Для экспериментов использовались модели масштабов 1:200, 1:100 и 1:50, тестируемые в ветровом туннеле. Панели размером 2×1 м с наклоном 15° размещались на расстоянии 0.4 м от крыши и с отступом 2 м от краев.

Результаты показали, что средние коэффициенты силы (CF) у моделей 1:100 и 1:50 превышают значения модели 1:200 на 1.2–2.0 раза, а пиковые коэффициенты — на 1.5–3.0 раза. Негативные пиковые коэффициенты задних панелей для этих моделей оказались ниже на 1.4–3.0 раза. Экстремально положительные давления отмечены при ветрах 15° – 45° , а отрицательные — при 120° – 165° .

В исследовании, проводимой авторами [7] исследуются аэродинамические нагрузки на солнечные панели, установленные на крышах низкоэтажных зданий. В рамках исследования были проведены испытания в аэродинамической трубе с использованием моделей солнечных

панелей в масштабе 1:50. Целью было изучить влияние высоты парапета и угла наклона панелей на коэффициенты ветровых нагрузок. Модели панелей состояли из 5 рядов, по 22 модуля в каждом ряду, с общей площадью 478.186 м². Панели тестировались при углах наклона 5° и 10°, а высоты парапета варьировались от 0 м до 1.5 м.

Результаты показали, что увеличение высоты парапета с 0 м до 0.9 м снижает средние коэффициенты давления на 50% в первых двух рядах, на 30% в средних рядах и на 80% в пятом ряду. Максимальные пиковые коэффициенты давления уменьшились на 50% для первых трех рядов и на 20% для последних двух, а минимальные пиковые коэффициенты давления снизились на 40% в первом ряду и на 20% в остальных. Анализ направлений ветра показал, что при угле ветра 0° максимальное положительное давление наблюдается на переднем крае панелей, а минимальное отрицательное — на заднем крае. При угле ветра 180° нагрузка перераспределяется, и нижняя сторона панелей подвергается наименьшему давлению.

В исследовании рекомендовано ограничиваться высотой парапета 0.9 м для эффективного снижения ветровых нагрузок. Также указано, что использование углов наклона панелей менее 10° помогает уменьшить ветровые нагрузки. Эти результаты подчеркивают важность учета высоты парапета и угла наклона панелей при проектировании крышных фотоэлектрических систем и могут быть использованы для оптимизации конструкций креплений и повышения надежности солнечных установок.

Исследования, проводимые авторами [8] посвящены изучению аэродинамических нагрузок на солнечные панели, установленные параллельно скатным крышам жилых зданий. Основное внимание уделено влиянию зазоров между модулями панелей (G) и высоты их установки над крышей (H) на ветровые нагрузки. Эксперименты проводились на моделях в масштабе 1:20, представляющих двухэтажное здание с наклоном крыши 30° и массивом из 28 панелей. Зазоры между модулями варьировались от 0 до 12 см, а высота над крышей — от 0 до 20 см.

Результаты показали, что увеличение высоты установки панелей (H) приводит к росту пиковых внешних нагрузок, особенно заметному при H больше 8 см. Зазоры между модулями (G) более 2 см способствуют снижению внешних нагрузок за счет улучшенного выравнивания давления между верхней и нижней сторонами панели. Минимальные ветровые нагрузки наблюдаются при соотношении $G/H \geq 1$. Давление на нижней стороне панелей становится более равномерным при высоте установки более 4 см, что уменьшает пиковые нагрузки.

Исследования, проводимые авторами [9] посвящена изучению аэродинамических нагрузок на солнечные панели, установленные на плоских крышах зданий с наклоном панелей 2° и 20°. Цель исследования заключалась в анализе взаимодействия аэродинамических эффектов, создаваемых зданием и панелями, а также в изучении роли выравнивания давления в формировании нагрузок. Эксперименты проводились в аэродинамической трубе с использованием моделей в масштабе 1:30, установленных на зданиях высотой 7.3 м. Массив солнечных панелей состоял из 12 рядов по 12 модулей, с общей площадью массива 240 м². Наклон панелей составлял 2° и 20°, а зазор между рядами варьировался от 1.1 до 1.7 м в зависимости от угла наклона.

Результаты исследования показали, что для северных ветров (0°–10°) максимальные нагрузки наблюдаются на первых рядах панелей, а для южных ветров (170°–180°) наиболее высокие нагрузки фиксируются на последних рядах из-за турбулентных эффектов. Увеличение угла наклона панелей с 2° до 20° приводит к росту аэродинамической нагрузки за счет усиления локальных турбулентных потоков. Средние коэффициенты давления для массивов с наклоном 20° оказались на 30% выше по сравнению с наклоном 2°. В то же время выравнивание давления эффективно снижало нагрузки на панели на 15–20% при низком наклоне панелей.

Выравнивание давления оказалось ключевым фактором при низких углах наклона, так как оно снижало подъемные силы, действующие на панели. При увеличении угла наклона до

20° влияние выравнивания уменьшалось, а доминирующим фактором становилась локальная турбулентность. Также было выявлено, что панели, расположенные ближе к краям массива, испытывают более высокие нагрузки из-за вихрей, создаваемых краями крыши. Увеличение зазора между рядами снижало взаимное экранирование панелей, что, в свою очередь, увеличивало нагрузки на задние ряды.

В статье даются рекомендации по проектированию массивов солнечных панелей. Для массивов с наклоном 20° рекомендуется увеличивать зазор между рядами, чтобы снизить взаимное влияние турбулентности, а также располагать массивы вдали от краев крыши (с отступом более 1.2 м), что значительно уменьшает ветровые нагрузки. Исследование подчеркивает, что аэродинамические нагрузки на солнечные панели зависят от угла наклона, конфигурации массива и геометрии здания.

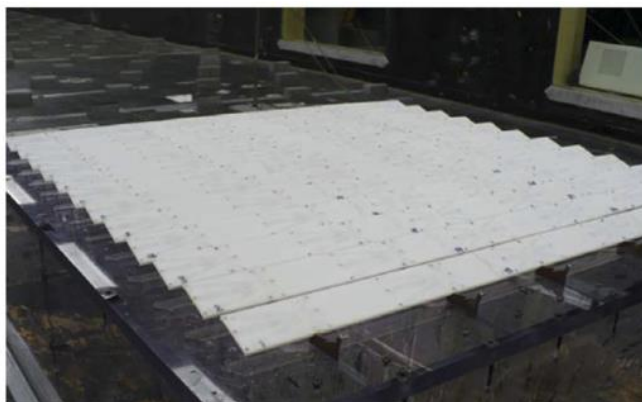


Рис. 2. Фотографии модели массива.

При низких углах наклона основной механизм снижения нагрузок — это выравнивание давления, тогда как при высоких углах доминируют турбулентные эффекты, создаваемые самим массивом. Полученные данные могут быть использованы для улучшения стандартов проектирования крышных фотоэлектрических систем.

В исследовании проводимой авторами [10] исследуются аэродинамические нагрузки на солнечные панели, установленные на наклонных крышах с использованием стоечных систем. Исследование включало эксперименты в аэродинамической трубе и полномасштабные испытания, направленные на изучение распределения давления на панели и крыши, а также влияние зазора между панелями и крышей и угла их наклона. Панели размером 1.60×0.80 м размещались с зазором 150 мм над крышей.

Результаты показали, что максимальное подъемное давление (отрицательное) при полномасштабных испытаниях составило -0.81, а максимальное давление вниз (положительное) — +0.63. В аэродинамической трубе давление варьировалось от -0.31 до +0.24. Значения давления для кратковременных воздействий (0.1 с) были выше на 30% по сравнению с длительностью 1.0 с, что лучше отражает реальные ветровые нагрузки. Полученные данные показали, что давление на панели ниже нормативных значений, указанных в строительных стандартах, где они варьируются от -1.3 до +1.0 для высоты менее 300 мм.

Наибольшее давление отмечалось на верхней поверхности панелей, тогда как давление на нижней стороне распределялось более равномерно. Нагрузка на крышу под панелями снижалась за счет экранирующего эффекта. Расположение панелей на краях крыши увеличивало подъемные нагрузки, но высота более 300 мм лишь незначительно влияла на увеличение давления. Испытания в аэродинамической трубе дали результаты, близкие к полномасштабным измерениям, однако в некоторых аспектах (например, подъемное давление) труба показывала более консервативные значения.

В исследовании представленной в статье [11], исследуются аэродинамические нагрузки на солнечные панели, установленные на наклонных поверхностях. Эксперимент проводился с использованием уменьшенной в 10 раз модели солнечной панели, состоящей из массива из 24 модулей, закрепленных на трех опорах. Основной целью исследования было изучение распределения ветрового давления на панели при различных углах наклона и направлениях ветра. Панели тестировались при углах наклона 25° и 40°, а направления ветра включали прямой (0°), обратный (180°) и косой (30° и 150°).

Результаты показали, что максимальное давление возникает на переднем крае панели при любом направлении ветра, но оно значительно увеличивается при наклоне 40° , что на 15–20% выше, чем при наклоне 25° . Подъемные силы также возрастали с увеличением угла наклона, достигая максимальных значений при прямом ветре. Зазоры между модулями панели играли важную роль в снижении давления на верхней поверхности и обеспечивали более равномерное распределение нагрузок, особенно при угле наклона 25° . Наибольшее давление отмечалось на переднем крае панелей, постепенно уменьшаясь к заднему краю. Однако при наклоне 40° наблюдалось большее неравномерное распределение давления, особенно при косом ветре, что связано с усилением турбулентных потоков вокруг панели.

Исследование выявило, что наличие зазоров между модулями способствует выравниванию давления, снижая локальные пики нагрузок, что делает конструкцию более устойчивой. При этом отсутствие зазоров или увеличение наклона до 40° увеличивает подъемные силы и создает дополнительные нагрузки на конструкцию. Для минимизации ветровых нагрузок рекомендуется использовать угол наклона 25° и обеспечивать зазоры между модулями. Полученные результаты подчеркивают необходимость оптимизации конструкции солнечных панелей и могут быть использованы для улучшения стандартов проектирования и повышения надежности фотоэлектрических систем.

Исследования, проводимые авторами [12] посвящена исследованию аэродинамических нагрузок на солнечные панели, установленные на крышах низкоэтажных зданий. Исследование проводилось с использованием аэродинамической трубы для анализа влияния высоты парапета (0 м, 0.9 м, 1.2 м, 1.5 м) и угла наклона панелей (5° и 10°) на коэффициенты ветрового давления. Модель здания имела размеры $51 \times 19 \times 25$ м, а солнечные массивы состояли из пяти рядов по 22 модуля. Общая площадь массива составляла 478.186 м^2 , при этом модули имели размеры 2.094×1.038 м.

Результаты показали, что увеличение высоты парапета до 0.9 м снижает средние коэффициенты давления на 50% в первых двух рядах, на 30% в средних рядах и на 80% в пятом ряду. Максимальные пиковые коэффициенты давления уменьшились на 50% для первых трех рядов и на 20% для последних двух, в то время как минимальные пиковые коэффициенты давления снизились на 40% в первом ряду и на 20% в остальных. Однако дальнейшее увеличение высоты парапета (1.2–1.5 м) имело лишь незначительное влияние на снижение нагрузки. Анализ углов наклона показал, что при угле 10° давление увеличивается по сравнению с наклоном 5° , что связано с ростом подъемных сил и усилением турбулентности.

Исследование также выявило, что направление ветра оказывает значительное влияние на распределение давления. При ветре под углом 0° максимальное давление фиксировалось на переднем крае панелей, тогда как при 180° распределение давления становилось более равномерным. Наибольшее давление отмечалось на передних краях панелей, уменьшаясь к задним рядам, что связано с турбулентными вихрями, создаваемыми наклоном панелей.

Исследования, проводимые авторами [13] посвящены изучению аэродинамических нагрузок на солнечные панели, установленные на плоских крышах. Целью исследования было изучение влияния конструктивных параметров, таких как угол наклона панелей, расстояние между массивами, глубина здания и высота парапета, на ветровые нагрузки. Эксперименты проводились в аэродинамической трубе с использованием моделей в масштабе 1:50. Панели размером 7×2 м (в реальном масштабе) устанавливались под углами 15° , 30° и 45° , с расстояниями между массивами 11 мм, 23 мм и 36 мм в модели.

Результаты показали, что максимальные отрицательные средние коэффициенты сил для одиночных массивов варьировались от -1.0 до -1.5, а для нескольких массивов — от -0.7 до -1.0. Пиковые коэффициенты для одиночных массивов достигали -5.0, в то время как для нескольких массивов они составляли около -3.0. Увеличение высоты парапета до 150 см позволило снизить средние и пиковые коэффициенты давления на 20–30%. При увеличении угла наклона панелей с 15° до 45° коэффициенты сил возросли на 30–50%.

Исследование рекомендует для минимизации ветровых нагрузок использовать угол наклона панелей 15° , а также минимизировать расстояние между массивами, чтобы уменьшить влияние турбулентности. Увеличение высоты парапета до 150 см также показало свою эффективность в снижении нагрузок. Анализ результатов продемонстрировал, что существующие стандарты, такие как IIS C 8955, недооценивают пиковые ветровые нагрузки на солнечные панели, что требует их пересмотра.

Полученные данные подчеркивают необходимость учета конструктивных особенностей панелей при проектировании крышных фотоэлектрических систем. Они предоставляют ценные рекомендации для повышения надежности конструкций и улучшения стандартов проектирования.

Исследования, проводимые авторами [14] посвящены изучению аэродинамических нагрузок на солнечные панели, установленные на плоских крышах зданий с наклоном 10° , с акцентом на влияние высоты парапета на распределение ветровых нагрузок. Эксперименты проводились в аэродинамической трубе с использованием моделей в масштабе 1:25. В рамках исследования тестировались различные высоты парапета, измеряемые в кратных высоте панели (N_{array}): от $0N_{array}$ (без парапета) до $10N_{array}$, где N_{array} составляет 0.49 м. Массив состоял из 16 рядов панелей размером 1.05×1.35 м.

Результаты показали, что максимальный коэффициент подъемной силы был зафиксирован при высоте парапета $3N_{array}$ и составил -2.64. Максимальное давление вниз наблюдалось при высоте $3-5N_{array}$ и достигало значения +1.46. При высоте парапета $1-3N_{array}$ нагрузки увеличивались на 70% по сравнению с отсутствием парапета. В то же время, при высоте $10N_{array}$ нагрузки начали снижаться, но оставались выше уровня, зафиксированного при отсутствии парапета. Увеличение высоты парапета приводило к усилению вихревых потоков, что усиливало локальные ветровые нагрузки, особенно в угловых зонах крыши, где интенсивность вихрей была максимальной.

Центральные зоны массива испытывали меньшие ветровые нагрузки, но увеличение высоты парапета вызывало рост турбулентности и давление в этих зонах. Вместо того чтобы обеспечить экранирующий эффект, парапет в большинстве случаев увеличивал ветровые нагрузки, особенно в диапазоне высоты $1-3N_{array}$. Оптимальная высота парапета для снижения нагрузок составляла $7N_{array}$, но ее эффективность была ниже, чем в диапазоне $3-5N_{array}$.

Исследование делает вывод, что парапет на крышах с солнечными панелями может значительно увеличить ветровые нагрузки, особенно в краевых и угловых зонах массива. Рост высоты парапета способствует увеличению интенсивности вихревых потоков, что усиливает подъемные силы и флуктуации давления. Для минимизации ветровых нагрузок рекомендуется оптимизировать высоту парапета и учитывать его влияние на аэродинамические характеристики массивов. Полученные данные предоставляют ценные рекомендации для проектирования и совершенствования стандартов крышных солнечных систем.

Исследования, проводимые авторами [15] посвящены изучению аэродинамических нагрузок на солнечные панели, установленные на крышах и на земле. Цель исследования заключалась в анализе влияния различных факторов, таких как высота зданий, угол наклона панелей, их расположение на крыше и направление ветра, на распределение ветровых давлений и сил. Эксперименты проводились в аэродинамической трубе с использованием моделей зданий и панелей в масштабе 1:200.

В рамках эксперимента панели размером 4.3×2.8 см (в модели) тестировались с углами наклона 20° , 30° , 40° и 45° , а высота зданий моделировалась на уровнях 7 м и 16 м (в реальном масштабе). Результаты показали, что максимальный коэффициент давления (C_p) на верхней поверхности панели достигал -5 при угле наклона 45° и направлении ветра 135° . Минимальное давление на нижней стороне панели фиксировалось для наклона 20° у

панелей, расположенных на задней части крыши. Силовые коэффициенты (C_f) варьировались от -1 до 0 в зависимости от конфигурации наклона панелей и высоты зданий.

Распределение давления демонстрировало, что панели, расположенные ближе к краям крыши, испытывали более высокие нагрузки из-за вихревых потоков, в то время как панели на задней части крыши подвергались сложным аэродинамическим эффектам, вызванным вихрями от здания и соседних панелей. Направление ветра 135° оказалось наиболее критическим, вызывая максимальный уровень всасывания на панелях. Положительное давление чаще фиксировалось на передних панелях при меньших углах наклона. Увеличение высоты здания оказывало заметное влияние на уменьшение всасывающего давления на передних панелях, но практически не влияло на нагрузки на задние панели.

Исследование показало, что максимальные ветровые нагрузки возникают при угле наклона панелей 45° и критическом направлении ветра 135° . Высота здания существенно снижала ветровые нагрузки на передние панели, что может быть полезным при проектировании систем крепления. Полученные результаты подчеркивают важность учета расположения панелей на крыше, угла их наклона и направлений ветра для оптимизации конструкций солнечных систем и повышения их надежности.

Исследования, проводимые авторами [16] посвящены изучению влияния снега и льда на производительность фотоэлектрических панелей. Основное внимание уделено снижению эффективности генерации энергии из-за обструкции солнечного излучения, нагрузок от снега и льда, а также долговечности панелей в условиях снежного климата. Эксперименты показали, что даже тонкий слой снега толщиной 2 см способен снижать передачу солнечного света до 90%, а слой в 10 см блокирует более 95% солнечной радиации, фактически останавливая выработку электроэнергии. Альбедо свежего снега достигает 70–90%, что значительно уменьшает проникновение солнечного излучения, особенно если снег влажный, так как он обладает высоким коэффициентом поглощения.

Снижение мощности панелей наблюдается при слабом освещении, причем линейная потеря эффективности начинается при интенсивности излучения ниже 200 Вт/м^2 . При уровнях ниже 50 Вт/м^2 работа модуля практически прекращается. Частичное затенение снегом приводит к потере мощности модуля на 30–50% и вызывает перегрев затенённых ячеек, что может привести к их повреждению. Неравномерное распределение снега создает дополнительные механические нагрузки, которые в ряде случаев превышают стандартные тестовые значения в 5.4 кПа, что может привести к деформациям или повреждению панелей.

Снежные и ледовые нагрузки вызывают микроразломы и повреждения стеклянных покрытий панелей, увеличивая риск короткого замыкания и коррозии. Кроме того, попытки механической очистки панелей от снега нередко приводят к появлению трещин, царапин и повреждений поверхности. Продолжительное накопление снега на панелях в холодных регионах требует дополнительных мер по его удалению и предотвращению образования.

В исследовании проводимой авторами [17] рассматривается моделирование потерь производительности фотоэлектрических систем (PV) из-за снежного покрова. Основной целью исследования была разработка методики оценки потерь энергии, вызванных снегом, на основе производственных данных PV-систем и метеорологических данных. Исследование охватывало 263 объекта в северной Швеции в течение нескольких зимних сезонов, что позволило глубоко проанализировать влияние климатических факторов на снежные потери.

Средние годовые потери энергии из-за снега составили от 1,5% до 6,2%, при этом в зимние месяцы с сильным снегопадом потери достигали 100%. Абсолютные потери энергии варьировались от 0 до $198 \text{ кВт} \cdot \text{ч/кВт}$ пиковой мощности (kWh/kWp). Разработанная модель показала высокую точность: корреляция между моделируемыми и измеренными данными (без снежного покрытия) составила 0,95, со стандартным отклонением около 6–7%. Сравнение с существующей моделью Marion продемонстрировало годовую корреляцию на уровне 0,73, при этом смещение составило менее 1% от среднегодовых потерь.

Угол наклона панелей оказывал значительное влияние на потери энергии. Например, для марта 2018 года панели с углом наклона 20° теряли до 12% энергии, тогда как панели с углом 40° — около 6%. Более крутые углы наклона способствовали быстрому сходу снега, однако этот эффект был не линейным. Продолжительность снежного покрытия также зависела от температуры воздуха и типа снега (сухой или мокрый), что дополнительно влияло на эффективность систем.

В заключение, потери производительности фотоэлектрических систем из-за снега могут достигать значительных значений, варьируясь от 0% до 20% от их годовой генерации. Разработанная методика продемонстрировала высокую точность оценки снежных потерь и может быть использована для оптимизации проектирования и эксплуатации PV-систем в регионах с холодным климатом. Увеличение угла наклона панелей и оптимизация их расположения являются ключевыми рекомендациями для снижения влияния снега.

В исследовании проводимые авторами [18] рассматриваются проблемы, связанные с накоплением снега на фотоэлектрических панелях, и предлагаются различные решения для минимизации его влияния на эффективность солнечных систем. Основной акцент сделан на изучении материалов с низким коэффициентом трения, разработке самоочищающихся поверхностей и архитектурных решений, направленных на предотвращение накопления снега.

Исследование показало, что коэффициент трения между снегом и различными материалами кровли варьируется от 0,002 до 0,7. Самые низкие значения отмечены у стеклянных панелей (0,002), что способствует быстрому сходу снега, тогда как шероховатые поверхности, такие как бетонная черепица, имеют высокий коэффициент трения (0,7), что увеличивает удержание снега. Углы скольжения для материалов варьировались от $0,1^\circ$ до 36° , и наименьшие значения также наблюдались для стеклянных поверхностей. Потери производительности фотоэлектрических систем из-за снежного покрова в зимний период могут достигать 100% в периоды обильных снегопадов.



Рис. 3. Определение коэффициента трения между снегом и кровлей с использованием метода А — метод горизонтальной плоскости с приложением тяговой силы (первое фото слева) и метода В — метод наклонной плоскости (три фото справа).

Рассматривались технологии использования самоочищающихся покрытий, таких как фотокаталитические гидрофильные покрытия на основе TiO_2 и супергидрофобные материалы с контактными углами выше 150° . Эти покрытия минимизируют налипание снега и воды, но требуют дальнейших исследований для обеспечения долговечности в условиях экстремального климата. Эксперименты подтвердили, что шероховатые поверхности способствуют удержанию снега, что может быть полезным для предотвращения лавин, но нежелательно для солнечных панелей.

Также были предложены архитектурные решения, включая увеличение угла наклона панелей до 45° для улучшения схода снега и модификацию конструкции крыш, чтобы предотвратить накопление. Однако увеличение угла наклона может ограничиваться

требованиями проектной оптимизации, так как это влияет на эффективность генерации солнечной энергии.

В заключение, статья подчеркивает важность интеграции инновационных материалов, таких как гидрофобные и самоочищающиеся покрытия, а также архитектурных решений для минимизации снежных потерь. Эти подходы могут значительно повысить эффективность фотоэлектрических систем в регионах с обильными снегопадами, сократить затраты на обслуживание и улучшить общую надежность солнечных установок.

Исследования, проводимые авторами [19] посвящены исследованию влияния снежного покрова на производительность фотоэлектрических систем. Исследование проводилось в течение двух зимних сезонов, в рамках которых мониторировались 70 модулей с различными углами наклона (5° , 10° , 15° , 20° , 40° и 60°) и типами поверхностей. Основной целью было оценить потери энергии, вызванные снегом, и предложить методы их минимизации. Годовые потери энергии из-за снега варьировались от 1% до 3,5% от ожидаемой генерации, а в условиях сильных снегопадов ежемесячные потери могли достигать 100%.

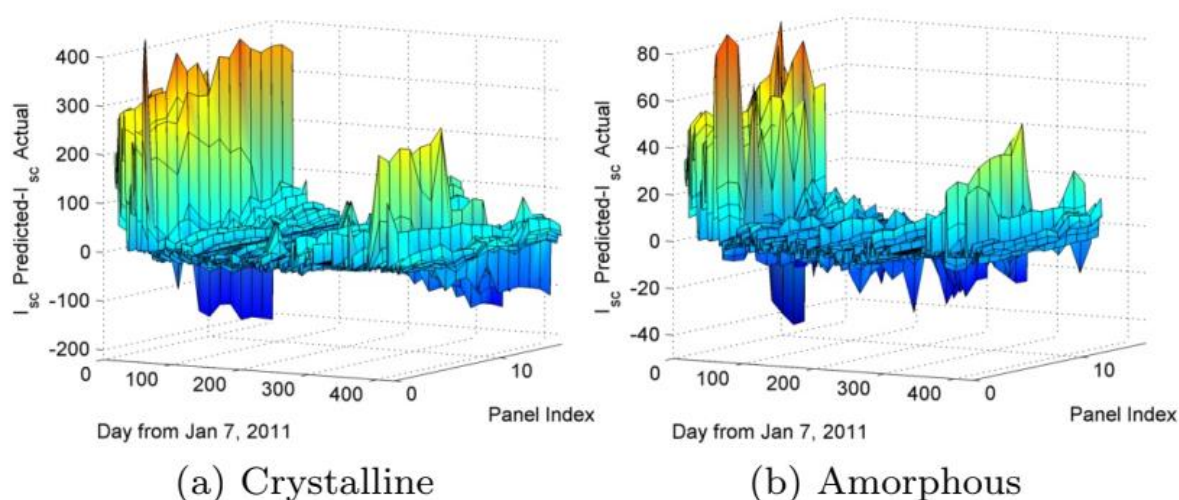


Рис. 4. Сводка ежедневных потерь модулей с 7 января 2011 года по 9 марта 2012 года, положительные значения означают модули в рабочем состоянии. а и б показывают вид сверху для c-Si и a-Si:H соответственно.

Среднее время очищения панелей от снега составляло от 5 до 40 часов в зависимости от угла наклона. Панели с наклоном 60° очищались быстрее всего, тогда как панели с наклоном 10° оставались покрытыми снегом значительно дольше — до нескольких суток. Эффект альбедо, то есть отражение солнечного излучения от снежной поверхности, повышал производительность панелей с высоким углом наклона (40° и 60°) примерно на 1% в год.

С увеличением угла наклона панелей потери энергии от снега снижались, так как снег быстрее скатывался с более крутых поверхностей. На панелях с низким наклоном (10° и 15°) снег задерживался чаще, что приводило к значительным потерям мощности. Основными механизмами очищения панелей были самопроизвольное скольжение снежного покрова и его таяние. Самопроизвольное очищение чаще происходило на панелях с углом наклона более 20° .

Распределение снега варьировалось в зависимости от расположения панелей: нижние части модулей были более подвержены накоплению снега, что вызывало неравномерные нагрузки. Кроме того, разные типы панелей, такие как кристаллические кремниевые (c-Si) и аморфные кремниевые (a-Si:H), показали различную устойчивость к снеговым нагрузкам, что подчеркивает важность выбора материалов для конкретных климатических условий.

Заключение.

Проведенные исследования подчеркивают важность учета аэродинамических нагрузок при проектировании крышных фотоэлектрических систем (ФЭС). Критические параметры,

такие как угол наклона панелей, высота парапетов, зазоры между модулями и их расположение на крыше, оказывают существенное влияние на ветровые нагрузки и долговечность конструкций. Для климатических условий Узбекистана, характеризующихся сильными ветрами, особенно в пустынных и горных районах, следующие аспекты представляют ключевую значимость:

1. Оптимизация углов наклона: Исследования показывают, что углы наклона 15° – 25° минимизируют ветровые нагрузки, а зазоры между модулями более 2 см способствуют равномерному распределению давления.
2. Использование парапетов: Высота парапета до 0.9 м снижает ветровую нагрузку на панели на 30–50%, создавая экранирующий эффект. Однако более высокие парапеты могут усиливать турбулентные потоки.
3. Расположение панелей: Панели, расположенные ближе к краям крыши, подвержены более высоким нагрузкам. Рекомендуется отступать от края крыши минимум на 1.2 м.
4. Местные нормативы: Необходимо актуализировать СНиПы и ШНК с учетом современных международных стандартов (например, ISO 4354, IEC 61215, IEC 61730), а также адаптировать методики аэродинамических испытаний для условий Узбекистана.
5. Рассмотрение климатических факторов: В районах с сезонными снегопадами угол наклона панелей должен обеспечивать естественный сход снега, а применение гидрофобных покрытий может предотвратить накопление осадков и сохранить эффективность ФЭС.

С учетом планов Республики Узбекистан по достижению 8 ГВт установленной мощности солнечной энергетики к 2030 году необходимо внедрение комплексного подхода к проектированию ФЭС. Организация локальных аэродинамических исследований в специализированных трубах, моделирующих реалии республики, позволит минимизировать риски разрушения панелей и повысить их долговечность. Эти меры обеспечат более устойчивую и эффективную интеграцию ВИЭ в энергосистему страны.

Список литературы

- [1]. Указ Президента Республики Узбекистан от 11.09.2023 года о Стратегии «Узбекистан – 2030», № УП-158. URL: <https://lex.uz/ru/docs/6600404> (дата обращения 25.01.2025)
- [2]. ISO 4354:2009 Wind actions on structures, Texas, USA. URL: <https://www.iso.org/obp/ui/en/#iso:std:38882:en> (дата обращения 25.01.2025)
- [3]. IEC 61215: Terrestrial photovoltaic (PV) modules – Design qualification and type approval. Geneva, Switzerland: IEC. URL: <https://www.iecee.org/certification/iec-standards/iec-61215-1-22021> (дата обращения 25.01.2025)
- [4]. IEC 61730: Photovoltaic (PV) module safety qualification – Part 1: Requirements for construction and Part 2: Requirements for testing. Geneva, Switzerland: IEC. URL: <https://www.iecee.org/certification/iec-standards/iec-61730-22016> (дата обращения 25.01.2025)
- [5]. Amir Naeiji, Farzaneh Raji, Ioannis Zisis, Wind loads on residential scale rooftop photovoltaic panels, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 168, 2017, Pages 228-246, ISSN 0167-6105
- [6]. Hatem Alrawashdeh, Ted Stathopoulos, Wind loads on solar panels mounted on flat roofs: Effect of geometric scale, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 206, 2020, 104339, ISSN 0167-6105.
- [7]. Yao, Jianfeng & Tu, Zhibin & Wang, Dong & Shen, Guohui & Lou, Wenjuan. (2022). Experimental Investigation of Wind Loads on Roof-Mounted Solar Arrays. Sustainability. 14. 8477. 10.3390/su14148477.
- [8]. Sarah E. Stenabaugh, Yumi Iida, Gregory A. Kopp, Panagiota Karava, Wind loads on photovoltaic arrays mounted parallel to sloped roofs on low-rise buildings, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 139, 2015, Pages 16-26, ISSN 0167-6105.
- [9]. Gregory A. Kopp, Steve Farquhar, Murray J. Morrison, Aerodynamic mechanisms for wind loads on tilted, roof-mounted, solar arrays, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 111, 2012, Pages 40-52, ISSN 0167-6105.
- [10]. Chris Geurts, Paul Blackmore, Wind loads on stand-off photovoltaic systems on pitched roofs, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 123, Part A, 2013, Pages 239-249, ISSN 0167-6105.

- [11]. Abiola-Ogedengbe, Ayodeji, "Experimental investigation of wind effect on solar panels" (2013). Electronic Thesis and Dissertation Repository. 1177. <https://ir.lib.uwo.ca/etd/1177>
- [12]. Yao, Jianfeng & Tu, Zhibin & Wang, Dong & Shen, Guohui & Lou, Wenjuan. (2022). Experimental Investigation of Wind Loads on Roof-Mounted Solar Arrays. Sustainability. 14. 8477. 10.3390/su14148477.
- [13]. Jinxin Cao, Akihito Yoshida, Proshit Kumar Saha, Yukio Tamura, Wind loading characteristics of solar arrays mounted on flat roofs, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 123, Part A, 2013, Pages 214-225, ISSN 0167-6105.
- [14]. Matthew T.L. Browne, Michael P.M. Gibbons, Scott Gamble, Jon Galsworthy, Wind loading on tilted roof-top solar arrays: The parapet effect, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 123, Part A, 2013, Pages 202-213, ISSN 0167-6105.
- [15]. Ted Stathopoulos, Ioannis Zisis, Eleni Xypnitou, Local and overall wind pressure and force coefficients for solar panels, Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics, Volume 125, 2014, Pages 195-206, ISSN 0167-6105.
- [16]. Erlend Andenæs, Bjørn Petter Jelle, Kristin Ramlo, Tore Kolås, Josefine Selj, Sean Erik Foss, The influence of snow and ice coverage on the energy generation from photovoltaic solar cells, Solar Energy, Volume 159, 2018, Pages 318-328, ISSN 0038-092X
- [17]. van Noord, Michiel & Landelius, Tomas & Andersson, Sandra. (2021). Snow-Induced PV Loss Modeling Using Production-Data Inferred PV System Models. Energies. 14. 1574. 10.3390/en14061574.
- [18]. Bjørn Petter Jelle, The challenge of removing snow downfall on photovoltaic solar cell roofs in order to maximize solar energy efficiency—Research opportunities for the future, Energy and Buildings, Volume 67, 2013, Pages 334-351, ISSN 0378-7788.
- [19]. Rob W Andrews, Andrew Pollard, Joshua Pearce. The effects of snowfall on solar photovoltaic performance. Solar Energy, 2013, 92, pp.84-97. [10.1016/j.solener.2013.02.014](https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.02.014)
- [20]. Об утверждении норм и правил градостроительства ШНК 2.04.15-22 «Фотоэлектрические станции (системы)» URL:<https://www.lex.uz/uz/docs/6334227> (дата обращения 25.01.2025)

УДК 681.60-50

ПРОЕКТИРОВАНИЕ И МОДЕЛИРОВАНИЕ АДАПТИВНО-НЕЧЕТКОЙ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫМ РЕЖИМОМ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ

Д.М. Умурзакова, А.А. Хакимов

*Ферганский Филиал Ташкентского университета информационных технологий
имени Мухаммада ал-Хорезми, umurzakovadilnoz@gmail.com
(Получена 24.01.2025 г.)*

Annotatsiya. Ushbu maqolada bug‘ generatorining harorat rejimini boshqarishning adaptiv-noravshan tizimini ishlab chiqish va modellashtirish natijalari keltirilgan, u turli xil ish sharoitida aniqlik va barqarorlikni ta‘minlash uchun xizmat qiladi. Undan boshqaruv samaradorligi va ishonchliligini oshirish uchun adaptatsiyalash usuli va noravshan-mantiqqa e‘tibor qaratiladi. Tizimning blok diagrammasi, modellashtirish algoritmlari va sozlash usullari keltirilgan. Taklif etilayotgan usulning samaradorligini, shu jumladan tashqi ta’sirlarga chidamliligini va tizim parametrlarini o‘zgaruvchanligini hisobga oluvchi tajribalari o‘tkazildi. Ishlab chiqilgan tizim issiqlik energetikasida haroratni boshqarishning muhim ahamiyatga ekanlini ko‘rsatadi.

Tayanch so‘zlar: modellashtirish, adaptiv-noravshan tizimni sintezlash, boshqaruv, harorat, bug‘ generatori, sanoat, aniqlik, barqarorlik, samaradorlik, matematik modellar, rostlagichlar, adaptatsiyalash, noaniqlik, ishlab chiqarish.

Аннотация. В статье представлен подход к разработке и моделированию адаптивно-нечеткой системы управления температурным режимом парогенератора, обеспечения точного и стабильного регулирования в различных рабочих условиях. Особое внимание

уделено применению методов адаптации и нечетной логики для повышения эффективности и надежности управления. Описаны структурная схема системы, алгоритмы моделирования и методы настройки. Результаты проведенных вычислительных экспериментов подтвердили эффективность предложенного метода, включая его позицию по отношению к внешним воздействиям и изменениям параметров системы. Работа имеет практическое значение для энергетической и промышленной промышленности, где проявляется точное управление температурным режимом.

Ключевые слова: Моделирование, синтезированная адаптивно-нечеткая система, управление, температура, парогенератор, промышленность, точность, стабильность, эффективность, математические модели, регуляторы, адаптация, неопределенность, производство.

Abstract. The paper presents an approach to the development and modelling of an adaptive-fuzzy control system for the temperature control of a steam generator, ensuring accurate and stable regulation in various operating conditions. Special attention is paid to the application of adaptation methods and fuzzy logic to improve the efficiency and reliability of control. The structural scheme of the system, modelling algorithms and tuning methods are described. The results of the conducted computational experiments have confirmed the effectiveness of the proposed method, including its position with respect to external influences and changes in the system parameters. The work is of practical importance for power and industrial industries, where precise temperature control is manifested.

Keywords: Modelling, synthesized adaptive-fuzzy system, control, temperature, steam generator, industry, accuracy, stability, efficiency, mathematical models, regulators, adaptation, uncertainty, production.

В современной промышленности системы управления температурой играют важную роль в обеспечении оптимальной работы парогенераторов. Точное и стабильное управление температурой является неотъемлемым условием для эффективной работы паровых систем и достижения требуемых производственных результатов. Системы управления температурой играют ключевую роль в обеспечении стабильности и точности процесса нагрева в парогенераторе. Традиционные алгоритмы управления, основанные на математических моделях и регуляторах с фиксированными параметрами, могут иметь некоторые ограничения в обеспечении оптимальной производительности и адаптации к изменяющимся условиям эксплуатации.

В последние годы значительное внимание уделяется развитию адаптивных и нечетких систем управления, которые позволяют достичь более гибкого и эффективного управления температурой. Адаптивные системы обладают способностью к самообучению и адаптации к переменным условиям, в то время как нечеткая логика позволяет учесть неопределенность и нечеткость входных данных. Эти системы позволяют снизить влияние внешних помех и изменений параметров на процесс управления, обеспечивая более точное и стабильное управление температурой.

Традиционные методы управления температурой включают в себя применение математических моделей и регуляторов с фиксированными параметрами. Однако подобные подходы могут иметь свои ограничения в обеспечении высокой точности управления и адаптации к изменяющимся условиям эксплуатации.

Целью данной статьи является разработка и моделирование синтезированной адаптивно-нечеткой системы управления температурой парогенератора. Применение такой системы может привести к повышению точности и стабильности управления, а также снижению влияния внешних возмущений и изменений параметров на процесс нагрева парогенератора. Этот подход позволяет улучшить адаптивные свойства системы путем комбинации нечеткой логики и методов адаптации с эталонной моделью, которая является виртуальным представлением реального объекта управления.

В ходе исследования будет представлена детальная структурная схема синтезированной адаптивно-нечеткой системы управления, а также описаны методы ее моделирования и настройки. Это позволит применить разработанную систему для повышения эффективности и надежности управления температурой в парогенераторах, что имеет практическое значение в различных отраслях, включая энергетику, химическую промышленность и производство. Модель системы будет основываться на математических основах нечеткой логики и адаптивности, что позволит достичь оптимального управления температурой парогенератора.

В последние годы множество исследований было проведено в области моделирования и синтеза адаптивно-нечетких систем управления температурой парогенераторов. В данном обзоре мы рассмотрим несколько ключевых работ, посвященных этой теме.

Одна из ранних работ, которая заложила основы адаптивно-нечеткого управления температурой парогенератора, была выполнена Шимомори и Маедой. В их исследовании была предложена адаптивная система управления, основанная на нечеткой логике, для регулирования температуры в парогенераторе. Результаты показали, что предложенная система обеспечивает стабильное и точное управление в широком диапазоне рабочих условий [1].

Другая значимая работа была выполнена Гао и Ченом. Они предложили модифицированную адаптивно-нечеткую систему управления для парогенератора, основанную на комбинации адаптивности и нечеткой логики. Результаты численного моделирования показали, что предложенная система обеспечивает более высокую точность управления и лучшую адаптацию к изменяющимся условиям эксплуатации по сравнению с традиционными методами [2].

Также стоит отметить работу Ли и Ли, в которой была предложена гибридная адаптивно-нечеткая система управления температурой парогенератора. Эта система объединяет нечеткую логику с генетическим алгоритмом для оптимизации параметров регулятора. Результаты исследования показали, что предложенная система обеспечивает лучшую производительность и более эффективное управление температурой [3].

Более современные исследования также включают в себя применение нейронных сетей в адаптивно-нечетких системах управления температурой парогенераторов. Например, работа Жу и др. предложила гибридную систему, объединяющую нечеткую логику и глубокие нейронные сети для оптимального управления температурой. Результаты показали, что такой подход может достичь высокой точности управления и лучшей адаптации к переменным условиям [4].

В целом, исследования в области моделирования и синтеза адаптивно-нечетких систем управления температурой парогенераторов продолжают развиваться. Различные методы, такие как нечеткая логика, адаптивность, генетические алгоритмы и нейронные сети, применяются для повышения эффективности и точности управления. Однако, все еще остается много проблем, требующих дальнейшего исследования, таких как учет неопределенности, оптимизация параметров системы и интеграция с другими аспектами паровых систем.

Методы исследования. Настоящая работа представляет новый вклад в области моделирования адаптивно-нечетких систем управления температурой парогенераторов. Она основывается на предыдущих исследованиях и стремится разработать синтезированную систему, которая обеспечит более точное и стабильное управление температурой, а также учет переменных условий эксплуатации и возмущений.

С учетом представленных результатов исследования, была разработана структурная схема модифицированной адаптивно-нечеткой системы управления температурой парогенератора, включающая эталонную модель, как показано на рисунке 1. Данная схема представляет собой интеграцию адаптивности и нечеткой логики для достижения точного и

стабильного управления температурой парогенератора в различных эксплуатационных условиях.

Эталонная модель является ключевым элементом в системе и используется для оценки ошибки управления. Она представляет собой математическую модель парогенератора, основанную на физических принципах и идентифицированную на основе экспериментальных данных. Эталонная модель сравнивает выходные данные с желаемыми значениями и генерирует ошибку управления, которая затем используется для корректировки параметров нечеткой логики [5-7].

Нечеткая логика включает в себя набор нечетких правил, которые определяют взаимосвязь между входными и выходными переменными системы. Она позволяет учесть неопределенность и нечеткость входных данных, что особенно важно при работе с парогенераторами, где условия эксплуатации могут изменяться.

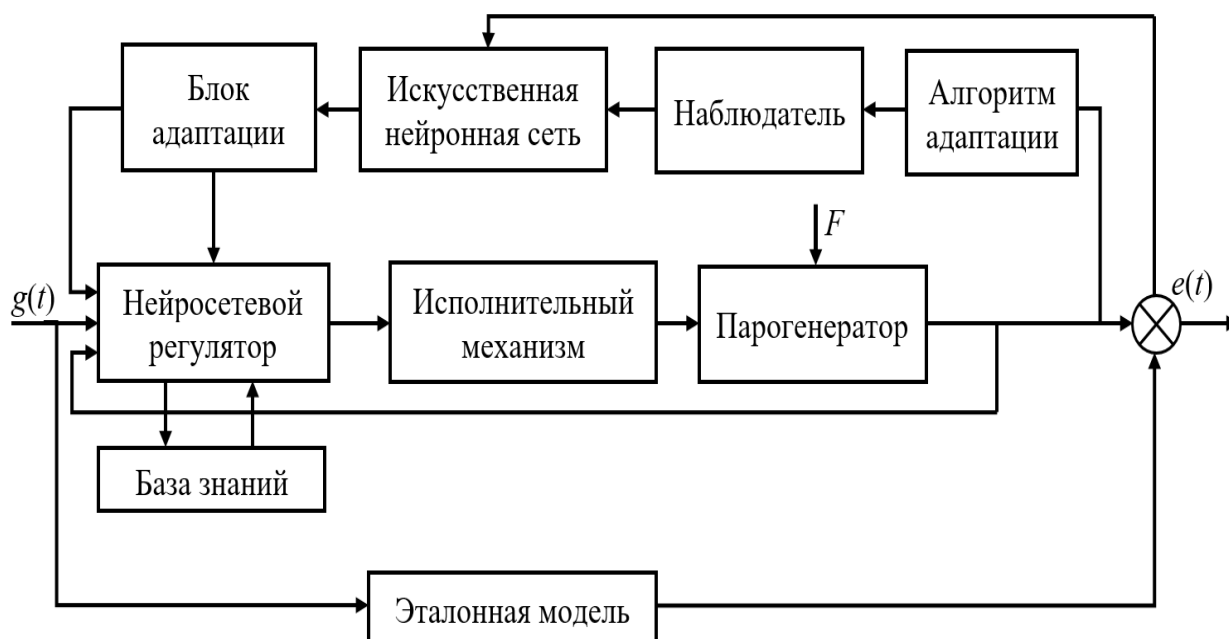


Рис. 1. Структурная схема адаптивно-нечеткой системы управления температурой парогенератора.

Адаптивность системы реализуется путем настройки параметров нечеткой логики на основе методов оптимизации. Параметры системы могут быть изменены в реальном времени, чтобы адаптироваться к изменяющимся условиям эксплуатации парогенератора и обеспечить оптимальное управление температурой [8-12].

Разработанная структурная схема модифицированной адаптивно-нечеткой системы управления температурой парогенератора представляет собой инновационный подход, который позволяет достичь высокой точности и стабильности управления. Ее применение может иметь значительный потенциал для повышения эффективности процессов и снижения энергетических затрат в промышленных секторах, где парогенераторы являются ключевыми компонентами.

Здесь в контур управления введено блок «алгоритма адаптации» предназначенный для оценки и настройки структуры и параметров наблюдателя, а также блок адаптации для настройки нелинейного нейро-фаззи регулятора.

Одной из главных задач разработки регулятора построенный на базе нейро-фаззи сети является обучение сети, так как оно существенно влияет на точность и быстродействие вычисления управляющих воздействий, т.е. выработки нечетко-логического вывода. Это непосредственно связано с уменьшением вычислительной сложностью, которая приводит к

упрощению программной реализации алгоритмов, построенные на базе нейронной сети и нечеткой логики [13].

Данный подход обеспечивает ряд дополнительных преимуществ, таких как работоспособность системы в условиях неполноты исходной информации и возможность настройки параметров регулятора в процессе функционирования системы.

В настоящее время известны подходы к построению моделей нечетко-логического вывода, основанные на моделях Мамдани и Такаги-Сугэно [14]. При этом для обучения нечетких систем, как правило, используют адаптивные нейро-нечеткие системы вывода (ANFIS – adaptive neuro-fuzzy inference system) [15] и гибридные технологии, сочетающие в себе нечеткие модели в виде искусственные нейронные сети [16], генетические алгоритмы [17].

Известно, что размерность исследуемого объекта, а также количество входных воздействий приводит к тому, что увеличению числа заключений нечеткого вывода в геометрической прогрессии и приводит к снижению точности обучения нечетких моделей.

Это связано с тем, что в традиционных алгоритмах нечетко-логического вывода применяются жесткие арифметические операции нахождения минимума и максимума.

Кроме того, на точность нечетко логических моделей оказывает действие архитектура нечетких правил, вместе с выбранным методом операции дефазификации.

Для устранения этих недостатков предлагается использовать мягкие арифметические операции в нечетких моделях, чтобы определять минимум и максимум, что позволяет рассчитать управляющие воздействие с учетом любых изменений входных параметров. При этом для обучения нейро-нечеткой системы предложено использование метода разности площадей [18].

Следует отметить, что на производительность нейро-фаззи сети существенное влияние оказывает форму функции принадлежности (ФП). В работе взаимосвязь между входными и выходными переменными использующие треугольные функции принадлежности, формируются на основе нечетких правил вида:

$$\text{Rule}_i: \text{Если } X_1 = x_{i1} \text{ И } X_2 = x_{i2} \text{ И...И } X_n = x_{in} \text{ То } Y = y_i, \quad (1)$$

где X_n – входная переменная; n – количество входных переменных; x_{in} – лингвистический терм, описывающий входные ФП; i – количество термов у входной/выходной переменной; Y – выходная переменная; x_i – лингвистический терм, описывающий выходные ФП.

Для расчета результирующего сигнала можно использовать метод центра тяжести:

$$y_{\text{дефаз}} = \frac{\int_{\min}^{\max} y \cdot \mu'(y) dy}{\int_{\min}^{\max} \mu'(y) dy},$$

где $\min$, $\max$ – пределы интегрирования нечеткого множества; $\mu'(y)$ – ФП выходной переменной после реализации на основе нечетких правил процедуры нечеткого вывода.

Оценки нечеткой системы осуществляется по критерию среднеквадратического отклонения:

$$RMSE = \frac{1}{M} \sqrt{\sum_{i=1}^n (y_{\text{экс}} - y_{\text{дефаз}})^2} \rightarrow \min,$$

где $y_{\text{экс}}$ – множество обучаемых данных; M – количество точек в обучаемой выборки.

При использовании мягких арифметических операций нечетко-логического вывода [19-20], мягкий минимум и мягкий максимум определяется следующим образом:

Мягкий минимум:

$$\min_{\delta}(x_1, x_2)_I = \frac{x_1 + x_2 + \delta^2 + \sqrt{(x_1 - x_2)^2 + \delta^2}}{2}.$$

Мягкий максимум:

$$\text{soft-max}(x_1, x_2) = \left| \gamma \cdot \max(x_1, x_2) + 0,5(1 - \gamma)(x_1 + x_2) \right|, \text{ где } \gamma = 0,7.$$

В дефаззификации расчет переменных осуществляется методом разности площадей.

Алгоритм обучения нейро-нечеткой системы состоит из нижеприведенных этапов, при этом в качестве термов функции принадлежности используются треугольные или трапециевидные функции принадлежности.

Треугольные ФП

$$f(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x \leq a; \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b; \\ \frac{c-x}{c-b}, & b \leq x \leq c; \\ 0, & c \leq x. \end{cases}$$

Трапециевидная ФП

$$f(x; a, b, c, d) = \begin{cases} 0, & x \leq a; \\ \frac{x-a}{b-a}, & a \leq x \leq b; \\ 1, & b \leq x \leq c; \\ \frac{d-x}{d-c}, & c \leq x \leq d; \\ 0, & d \leq x. \end{cases}$$

где a, b, c, d – параметры функции принадлежности; x – количественное значение входного параметра, имеющие треугольный вид для нечеткой системы.

Рассматриваемая нейро-нечеткой система состоит из двух входных переменных, имеющих по три терма $X_1 = \{x_{11}\} + \{x_{12}\} + \{x_{13}\}$ и $X_2 = \{x_{21}\} + \{x_{22}\} + \{x_{23}\}$ и выходную переменную, имеющую пять термов, $y \in Y \{y_1\} + \{y_2\} + \{y_3\} + \{y_4\} + \{y_5\}$.

Этап 1. Операция фаззификация входных переменных.

Этап 2. Определение степень принадлежности для каждой входной информации получаемое от датчиков.

Этап 3. Синтезируется база знаний, содержащих нечеткие правила вида, представлены в таблице 1.

Таблица 1

Нечеткая база знаний

НП	Если		То	НП	Если		То	НП	Если		То
НП ₁	x_{11}	x_{21}	y_5	НП ₄	x_{11}	x_{21}	y_4	НП ₄	x_{11}	x_{21}	y_3
НП ₂	x_{11}	x_{22}	y_4	НП ₅	x_{11}	x_{22}	y_3	НП ₅	x_{11}	x_{22}	y_2
НП ₃	x_{11}	x_{23}	y_3	НП ₆	x_{11}	x_{23}	y_2	НП ₆	x_{11}	x_{23}	y_1

Благодаря внедрению усеченных функций принадлежности, обеспечивается рациональное положение элементов в матрице нечетких отношений, количество заключений в нечетком выводе равно числу термов у выходной ФП, в данном случае – 6 (Табл. 2). В то время как в традиционных нечетко-логических моделях число заключений равнялось бы количеству нечетких правил и находилось бы в пределах от 9 до 15.

Таблица 2

Матрица нечетких отношений

Выходной терм	Композиция			Максимум
y_5'	$b_1 = \text{soft} - \min(x_{11}; x_{21})$	$b_5 = \text{soft} - \min(x_{12}; x_{22})$		b_1
y_4'	$b_1 = \text{soft} - \min(x_{11}; x_{21})$	$b_4 = \text{soft} - \min(x_{12}; x_{21})$		$\text{soft} - \max(b_2; b_4)$
y_3'	$b_1 = \text{soft} - \min(x_{11}; x_{21})$	$b_5 = \text{soft} - \min(x_{12}; x_{22})$	$b_7 = \text{soft} - \min(x_{13}; x_{21})$	$\text{soft} - \max(b_3; b_5; b_7)$
y_2'	$b_1 = \text{soft} - \min(x_{11}; x_{21})$	$b_8 = \text{soft} - \min(x_{13}; x_{22})$	$\text{soft} - \max(b_2; b_4)$	$\text{soft} - \max(b_6; b_8)$
y_1'	$b_1 = \text{soft} - \min(x_{11}; x_{21})$			b_9

Этап 5. Операция дефазификация осуществляемая методом разности площадей. При этом площади треугольных или трапециевидных термов ФП вычисляются по формуле:

$$S = \frac{h}{6}(b_1 + 4b_2 + b_3),$$

где h – высота геометрической фигуры; b_1, b_2, b_3 – длина нижнего, среднего и верхнего основания геометрической фигуры.

Этап 6. Получение сети. При обучении сети можно использовать стандартный метод распространения обратной ошибки ANFIS. Но в нашем случае корректировка усеченных площадей термов выходной переменной осуществляется до тех пор, пока $u_{\text{дефаз}}$ будет максимально приближенной к эталонному значению в соответствии с соотношением:

$$y_{\text{вых}} = (w_i) + \delta(y_{\text{дефаз}} - y_{\text{этал}}), \quad (2)$$

где δ - шаг обучения нейро-нечеткой системы вывода (по умолчанию $\delta = 0,02$).

Весовые параметры нейронной сети w , вычисляется на основе стандартного метода распространения ошибки ANFIS. На основе этого алгоритма разработана структурная схема адаптивно-нечеткой системы вывода (рис. 2), который состоит из 9-ти слоев.

Рассмотрим операции выполняемые на каждом слое:

В 1 слое формируется вектор входных переменных $U_{\text{вх}} = f(x_1, x_2)$, полученные от датчиков системы управления.

На 2 слой осуществляется фазификация входных переменных задаваемые в виде трех параметризованных термов $X_1 = \{x_{11}\} + \{x_{12}\} + \{x_{13}\}$ и $X_2 = \{x_{21}\} + \{x_{22}\} + \{x_{23}\}$, а фазификация выходной переменной пяти параметризованных термов: $Y = \{y_1\} + \{y_2\} + \{y_3\} + \{y_4\} + \{y_5\}$.

На 3 слое осуществляется расчет b параметров матрицы нечетких отношений.

На 4 слое рассчитывается выходных параметров y_i' матрицы нечетких отношений.

На 5 слое в зависимости от нечетких правил происходит усечение термов выходной переменной, тем самым определение высоты ФП.

На 6 слое формируются весовые коэффициенты w нейронной сети, находя площади усеченных термов выходной переменной.

На 7 слое осуществляется расчет общей площади фигуры, суммируя площади усеченных термов выходной переменной.

На 8 слое рассчитывается отношения общей площади к площади усеченных термов выходной переменной.

На 9 слое происходит обучение нейро-нечеткой системы вывода, определяя разности значения между заданным значением и результирующим значением выходной переменной

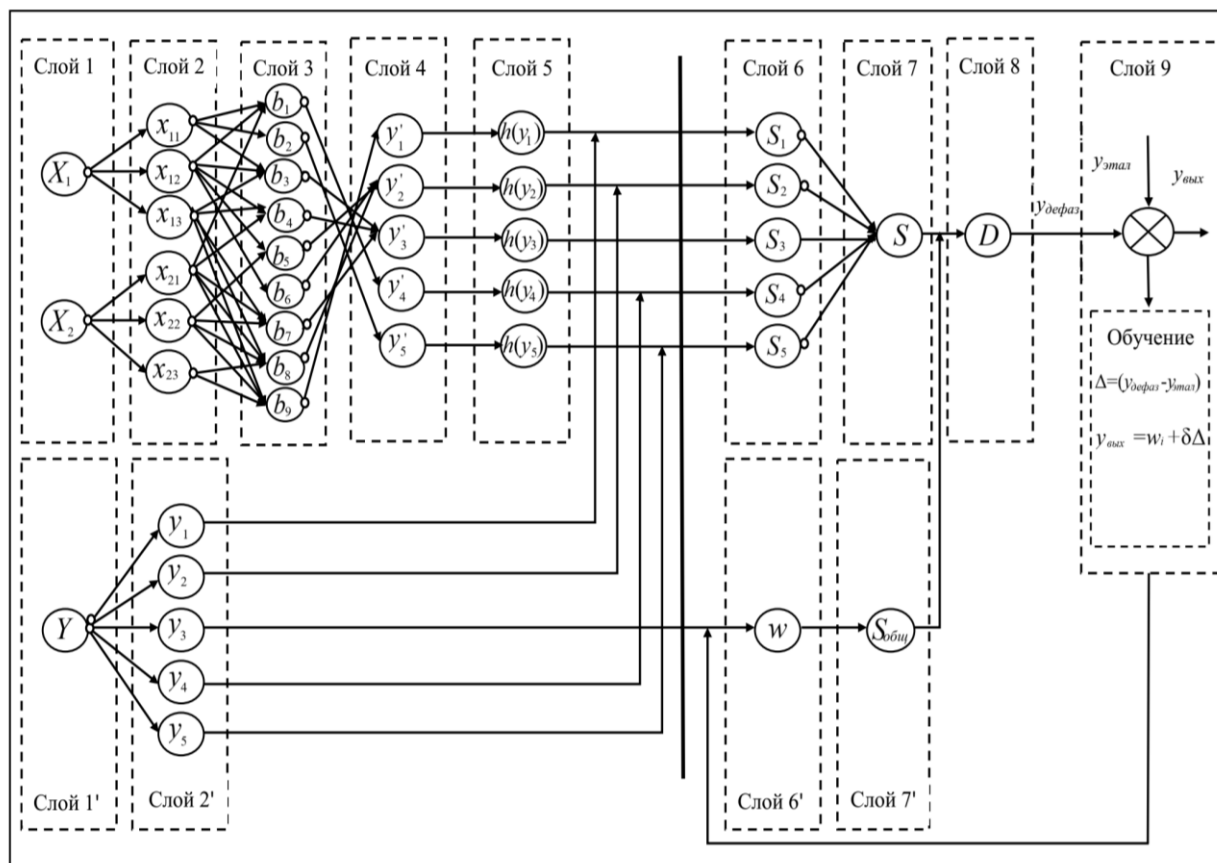


Рис. 2. Структура адаптивной нейро-нечеткой системы вывода.

до тех пор пока не будет минимальна, это есть операция дефазификация результирующей переменной.

Следует отметить, что применение метода мягких арифметических операций в процессе обучения показал преимущество относительно традиционных методов обучения.

Также надо отметить, что предложенный метод обучения нечетких систем имеет отклик результирующей переменной во всей области определения входных и выходных параметров.

Определим диапазон определения и диапазон значений в области функции $[-1,1]$. В этом случае функция активации имеет нечеткую симметричную форму относительно начала и допускает кусочно-линейное представление. Тогда минимизированная целевая функция представляется следующим образом:

$$F(P) = \sum_{i=1}^N |y_i^* - y_i|,$$

где y и y^* – реальное и желаемое значение выхода объекта, i – момент времени.

В целях исследования динамических свойств парогенератора проведен ряд вычислительных экспериментов при различных значениях входных воздействий. Входное воздействие - расход топлива и температура холодной изменялись на 7%, т.е. относительно номинального.

Из анализа динамических характеристик можно сделать вывод, что температура парогенератора обладает наибольшей чувствительностью по отношению к изменению расхода топлива, чем к изменению его температуры. Таким образом, в качестве основного управляющего воздействия температурным режимом парогенератора, выбираем расход топлива.

Исследования данной системы автоматического регулирования показали, что при наличии внешних возмущающих воздействий (например, изменение температуры более чем на 15%), или при наличии параметрических возмущений в объекте управления (например, изменение температуры на 10%), существенно ухудшаются качественные показатели переходного процесса. В данной ситуации изменения этих параметров этот аспект может привести систему управления к неустойчивому состоянию. Это связано с тем, что в системах автоматического регулирования с фиксированными значениями параметров контроллера качество переходного процесса изменяется в зависимости от возмущения и технологических режимов парогенератора [21].

Проблема состоит в стабилизации управляемой переменной с заданным качеством переходного процесса с неполной информацией об объекте управления и о получении свойств инвариантности к внешним помехам автоматической системы регулирования [22].

В данном случае целью управления является поддержание технологического параметра (температуры парогенератора) в заданном диапазоне отклонений от требуемого значения при возникновении контролируемых и неконтролируемых возмущений. При этом, чем сильнее увеличивается отклонение технологического параметра от порогового значения, тем больше должно быть приращение, изменяющее коэффициент передачи регулятора.

На базе этих рассуждений построена имитационная модель нечеткой системы регулирования температуры абсорбера в среде MatLab (рис. 3) и проведен ряд вычислительных экспериментов при наличии внешних и параметрических возмущающих воздействий.

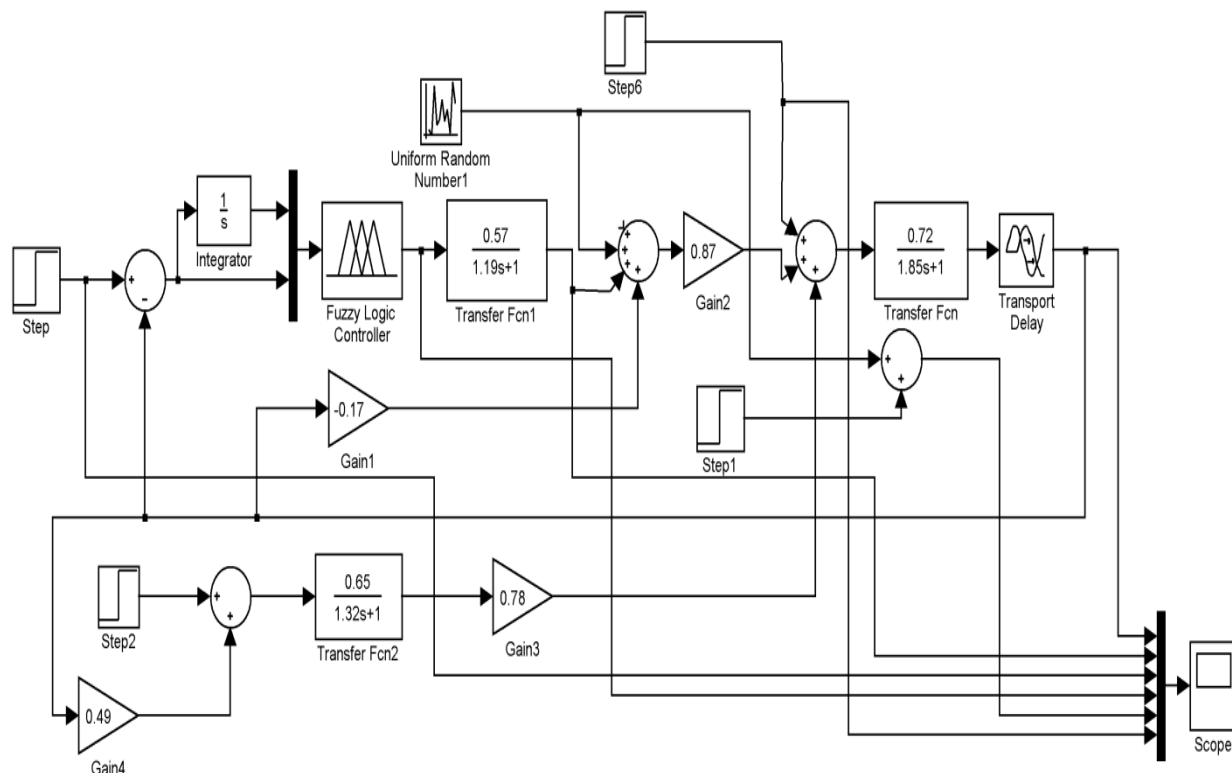


Рис. 3. Имитационная модель адаптивно нечеткой системы управления температурным режимом парогенератора.

В качестве эталонной модели будем использовать передаточную функцию, соответствующему реальному состоянию процесса:

$$W(p) = \begin{bmatrix} \frac{5}{(p+10,96)(p+0,46)} & \frac{2,5}{(p+10,96)(p+0,46)} \\ \frac{0,28(p+12,50)}{(p+10)(p+0,5)} & \frac{10}{(p+10)(p+0,5)} \end{bmatrix}.$$

При вычислительном эксперименте в среде Simulink MatLab рассматривалось скачкообразное изменение температуры внешней среды (нагрузки) (рис. 4 а).

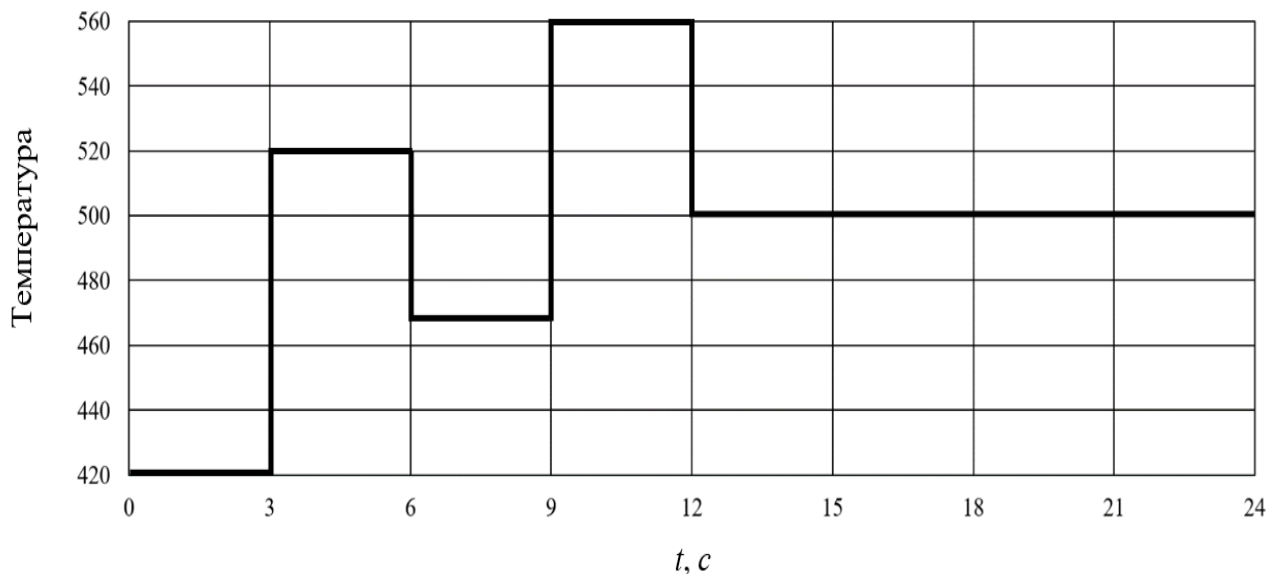


Рис. 4а. Изменение температуры относительно номинального режима.

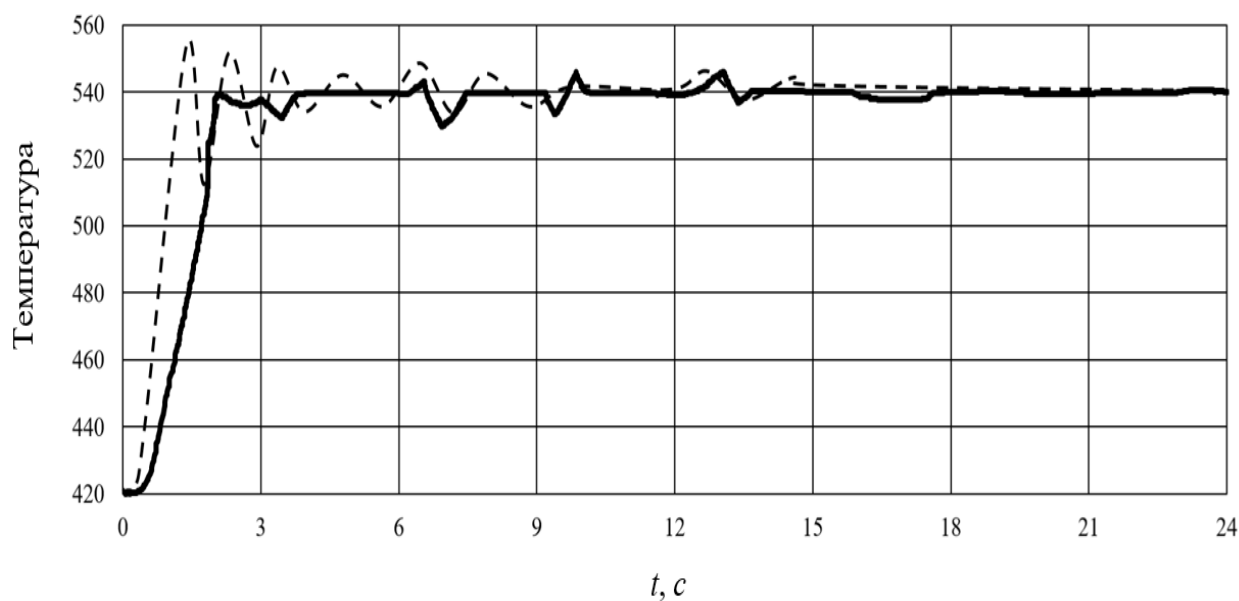


Рис. 4б. Графики переходных процессов в адаптивной системе управления с эталонной моделью с постоянным и переменным коэффициентом адаптации.

Эксперимент показал, что наилучший коэффициент адаптации равен $\gamma = 0,65$. На рис. 4б показано сравнение работы адаптивно-нечеткой системой с эталонной моделью с

парогенераторов. Результаты этих исследований подтверждают эффективность и преимущества применения адаптивных и нечетких подходов в управлении температурой.

В целом, разработка и применение синтезированной адаптивно-нечеткой системы управления температурой парогенератора имеет важное практическое значение и может привести к повышению точности, стабильности и эффективности управления в широком диапазоне рабочих условий. Дальнейшие исследования в этой области могут внести дополнительные вклады в развитие систем управления и повышение производительности парогенераторов.

Список литературы

- [1] Shimomura K., Maeda T. Fuzzy control of steam generator temperature // Proceedings of the 30th IEEE Conference on Decision and Control. Brighton, UK. 1991. Vol. 25. PP. 1026-1054.
- [2] Gao Y., Chen B. Adaptive fuzzy control system for steam generator based on combination of adaptivity and fuzzy logic // Control Engineering Practice. 2003. Vol. 11. № 3. PP. 295-303.
- [3] Li H., Li S. Hybrid adaptive fuzzy control for temperature regulation of steam generator // Control Engineering Practice. 2010. Vol. 18. №10. PP. 1173-1181.
- [4] Zhu Y., Xu J., Xu Y. Hybrid intelligent control for temperature regulation based on fuzzy logic and deep neural networks // Neurocomputing. 2017. Vol. 243. PP. 1-9.
- [5] Иванов А., Петров Б. Адаптивное управление температурой парогенератора: моделирование и синтез // Журнал автоматики и информатики. 2020. Т. 25. № 2. С. 38-56.
- [6] Смирнов В., Козлов Д. Нечеткая логика и адаптивное управление в системах температурного регулирования // Москва: Издательство Техносфера. 2018. С. 127.
- [7] Лебедев В., Соколов А. Моделирование и анализ адаптивных систем управления // Москва: Издательство ЛКИ. 2017. С. 253.
- [8] Чжан Ю., Ли Ц. Нечеткие системы и управление // Москва: Издательство ДМК Пресс. 2016. С. 178.
- [9] Махмутов Н., Сухов В. Моделирование и синтез адаптивных систем управления // Москва: Издательство ЛКИ. 2015. С. 78-85.
- [10] Борисов А., Горбачев А., Колесников А. Методы моделирования и оптимизации систем управления // Москва: Издательство ФИЗМАТЛИТ. 2014. С. 25-38.
- [11] Петровский А., Сидоров Д. Адаптивное и нечеткое управление техническими системами // Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета. 2013. С. 98-105.
- [12] Ян Л., Менг Ч. Адаптивные системы управления: теория и практика // Москва: Издательство ДМК Пресс. 2012. С. 45-57.
- [13] Gasbaoui B., Nasri A. A novel multi-drive electric vehicle system control based on multi-input multi-output PID controller // Serbian Journal of Electrical Engineering. 2012. Vol. 9. №2, PP. 279-291.
- [14] Hu S., Liang Z., Zhang W., He X. Research on the integration of hybrid energy storage system and dual three-phase PMSM Drive in EV // IEEE Transactions on Industrial Electronics. 2018. Vol. 65. №8. PP. 6602-6611.
- [15] Iplikci S. A comparative study on a novel model-based PID tuning and control mechanism for nonlinear systems // International Journal of Robust and Nonlinear Control. 2010. Vol. 20. №13. PP. 1483-1501.
- [16] Jaiswal M., Phadnis M., Ex H.O.D. Speed control of DC motor using genetic algorithm based PID controller // International Journal of Advanced Research in Computer Science and Software Engineering. 2013. Vol. 3. №7. PP. 2277-2285.
- [17] Kumar S.M.G., Deepak J., Anoop R.K. PSO based tuning of a PID controller for a High performance drilling machine // International Journal of Computer Applications. 2010. Vol. 1. №19. PP. 12-18.
- [18] Lu C., Hsu C., Juang C. Coordinated control of flexible AC transmission system devices using an evolutionary fuzzy lead-lag controller with advanced continuous ant colony optimization // IEEE Transactions on Power Systems. 2013. Vol. 28. №1. PP. 385-392.
- [19] Rotach V.Ya. The Theory of Automatic Control // Moscow: Publishing House Moscow Power Engineering Institute. 2008. P. 396.
- [20] Siddikov I.X., Umurzakova D.M. Mathematical Modeling of Transient Processes of the Automatic Control System of Water Level in the Steam Generator // Universal Journal of Mechanical Engineering. 2019. Vol. 7. №4. PP. 139-146.
- [21] Siddikov I.X., Umurzakova D.M. Synthesis of Adaptive Control Systems of a Multidimensional Discrete Dynamic Object with a Forecasting Models // International conference on information science and communications technologies applications, trends and opportunities. 2019. PP. 1941-1947.
- [22] Siddikov I.X., Umurzakova D.M. Neuro-fuzzy Adaptive Control system for Discrete Dynamic Objects // International conference on information science and communications technologies applications, trends and opportunities. 2019. PP. 2462-2470.

UO'K 621.314

**SANOAT KORXONALARINING ELEKTR TA'MINOTI TIZIMLARIDA CHIZIQLI
BO'LMAGAN YUKLAMALARNING ELEKTR ENERGIYASI SIFAT
KO'RSATKICHLARIGA TA'SIRINI BAHOLASH**

A.N. Tovboyev, I.B. Tog'ayev

Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti,
Tel.: +998913097172 (c), E-mail: tovboyev70@mail.ru
Tel.: +998977966636 (c), E-mail: togayev.islom@mail.ru
(Qabul qilindi 24.01.2025 y.)

Annotatsiya. Ushbu maqolada elektr energiyasi sifat ko'rsatkichlari bog'liqliklari va qonuniyatlari chiziqli bo'lmagan yuklama tokining yuqori garmonikalari va amplitudalarining o'zgarishi, kondensator qurilmalarining quvvati o'zgarganda kuchlanishning buzilish darajasi va rezonans paytida yuqori tok garmonikalarining haddan tashqari yuklanish koeffitsiyenti, shuningdek ular asosida aniqlangan cheklovlar va taxminlar texnik vositani yoki yechimni to'g'ri tanlash uchun murakkab sinusoidal bo'lmagan rejimlarni modellashtirish va tahlil qilish uchun nazariy asoslarni o'z ichiga oladi. Sanoat korxonalari elektr ta'minoti tizimlarida elektr energiyasi sifatini oshirishda aktiv filtrning chiqishiga o'rnatilgan aktiv sig'imli passiv filtr parametrlarining tok va kuchlanishning yuqori garmonikalarini kompensatsiya qilish samaradorligi darajasiga ta'sirini va chiziqli bo'lmagan, chiziqli yuklamalar, reaktiv quvvatni qoplash kondensator qurilmalari bilan elektr ta'minoti tizimlarida rezonans sharoitlari aks ettiruvchi qiymatlar qabul qilingan va keltirilgan.

Tayanch so'zlar: Elektr energiyasining sifat ko'rsatkichlari, rezonans, sanoat korxonalari, chiziqli bo'lmagan yuklama, yuklanish koeffitsiyenti, sinusoidal bo'lmagan yuklamalar.

Аннотация. В данной статье рассматриваются зависимости и закономерности показателей качества электрической энергии от изменения высоких гармоник и амплитуд нелинейного тока нагрузки, степени искажения напряжения при изменении мощности конденсаторных устройств и коэффициента перегрузки высокоточных гармоник тока при резонансе, а также выявленные на их основе ограничения и допущения для моделирования и анализа сложных несинусоидальных режимов с целью правильного выбора технического средства или решения. включает теоретические основы. Приняты и приведены значения, отражающие влияние параметров активного емкостного пассивного фильтра, установленного на выходе активного фильтра, на уровень эффективности компенсации высоких гармоник тока и напряжения при повышении качества электроэнергии в системах электроснабжения промышленных предприятий, и условий резонанса в системах электроснабжения с нелинейными, линейными нагрузками, конденсаторными устройствами компенсации реактивной мощности.

Ключевые слова: Показатели качества электроэнергии, резонанса, промышленных предприятий, нелинейной нагрузки, коэффициента нагрузки, несинусоидальных нагрузок.

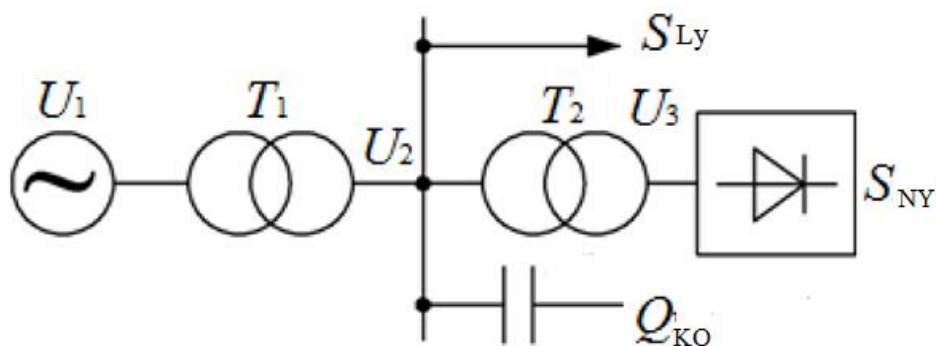
Annotatsion. This article examines the dependencies and patterns of electrical energy quality indicators on changes in high harmonics and amplitudes of nonlinear load current, the degree of voltage distortion when changing the power of capacitor devices and the overload coefficient of high-precision harmonics of current during resonance, as well as the limitations and assumptions identified on their basis for modeling and analyzing complex non-sinusoidal modes in order to choose the right technical means. or solutions. It includes the theoretical foundations. Values reflecting the influence of the parameters of an active capacitive passive filter installed at the output of the active filter on the efficiency of compensation of high current and voltage harmonics while improving the quality of electricity in industrial power supply systems and resonance conditions in power supply systems with nonlinear, linear loads, capacitor reactive power compensation devices are accepted and presented.

Key words: Indicators of electric power quality, resonance, industrial enterprises, nonlinear load, load factor, non-sinusoidal loads.

Kirish. Tok va kuchlanishning yuqori garmonikalarini qoplash uchun asosiy texnik vositalar va yechimlar tahlil qilindi, chiziqli bo'lmagan yuklama bilan tarqatish tarmog'ini oqilona qurish uchun sxematik yechimlari o'rganildi, kondensator qurilmalari, passiv, aktiv va gibrid filtr kompensatsion qurilmalar zanjirida rezonansga qarshi drossellardan foydalanildi. [1]. Filtr kompensatsiya qurilmalarining tasnifi ko'rib chiqilib, ularning tuzilishi, boshqaruv usullari va kompensatsiyalangan tarmoqqa ulanish usullari tahlil qilindi.

Asosiy qism. Aktiv filtr kompensatsion qurilmalarni boshqarishning asosiy usullari ko'rib chiqildi. Aktiv o'zgartirgichlar asosida elektr energiyasi sifatini oshirishning ixtisoslashtirilgan tizimlari tahlil qilindi, statik reaktiv quvvat kompensatsiyasi va dinamik kuchlanish buzilishi kompensatsiyasi qurilmalarini o'z ichiga olishi, ularning xususiyatlari, afzalliklari va kamchiliklari ko'rsatildi. Elektr ta'minoti tizimida transformatorining quvvatiga nisbatan chiziqli bo'lmagan yuklamaning quvvat qiymatidan kelib chiqqan holda sanoat elektr ta'minoti tizimlarida elektr energiyasi sifatini oshirishning turli usullari va vositalaridan foydalanish bo'yicha tavsiyalar berildi. Texnik vositalarni oqilona tanlash uchun sinusoidal bo'lmagan rejimlarni tahlil qilish va modellashtirish uchun umumlashtirilgan algoritmi ishlab chiqildi yoki chiziqli bo'lmagan yuklama va kondensator qurilmalari bo'lgan sanoat elektr ta'minoti tizimlari uchun elektr energiyasi sifatini yaxshilash bo'yicha yechimlar berildi [3,4,5].

Tadqiqot usuli sifatida sanoat elektr ta'minoti tizimlarini pasaytiruvchi transformatorlar, chiziqli bo'lmagan yuklama bilan almashtirishning odatiy sxemalaridan foydalanish taklif etiladi. Bundan tashqari, ushbu sxemalar kompyuter modelyatsiyasi uchun hamda dinamik o'zgarish bilan sinusoidal bo'lmagan rejimlarni modellashtirish va qabul qilingan qiymatlarning samaradorligini baholash parametrlarini hisoblash uchun ishlatiladi. Standart sanoat elektr ta'minoti tizimi sifatida 10 kV va 0,4 kV kuchlanishli ikkita sinfli tizim qabul qilindi. 10 kV tomonida asosiy garmonik chastotada reaktiv quvvat kompensatsiyasi uchun kondensator shuningdek, chiziqli aktiv-induktiv yuklama qurilmalari ulandi. 10/0,4kV kuchlanishni pasaytiradigan ikki chulg'amli transformatori orqali tizimga chiziqli bo'lmagan yuklama va uch fazali ko'priqli boshqarilmaydigan diodli to'g'rilagich shaklida ulangan, uning chiqishlarida aktiv-induktiv yuklamalar ulangan. Filtr kompensatsiyasi sifatida yuqori garmonikani kamaytirish moslamalari ya'ni parallel aktiv filtrlar qabul qilindi, uning chiqishi esa rostdlash parametrlariga ega bo'lgan passiv aktiv-sig'im filtni o'z ichiga oladi. Filtni kompensatsiya qilish moslamasining shunga o'xshash konfiguratsiyasi nazariy va eksperimental tadqiqotlar natijalari asosida qabul qilinadi. Yuqori garmonikalarni qoplash uchun texnik vositalar yoki yechimlardan foydalanish samaradorligini baholash uchun qabul qilingan elektr ta'minoti sxemasi keltirilgan (1-rasm). Ushbu sxemada bir nechta kuchlanish bosqichlari mavjud bo'lib, bu elektr ta'minoti holatlariga va iste'molchilar tarkibiga qarab farq qilishi mumkin [6,7,8,9].



1-rasm. Yuqori garmonikalarni qoplash uchun texnik vositalar yoki yechimlardan foydalanish samaradorligini baholash uchun qabul qilingan elektr ta'minoti sxemasi.

Passiv filtrlarni quyidagi usul bo'yicha hisoblab chiqamiz, bunday filtrlar 5, 7, 11 va 13 garmonikaga o'rnatilishi ko'rsatilgan (1-jadval) [10,11,12].

0,4 kV tomonda passiv filtrlar blokining parametrlarini tanlash.

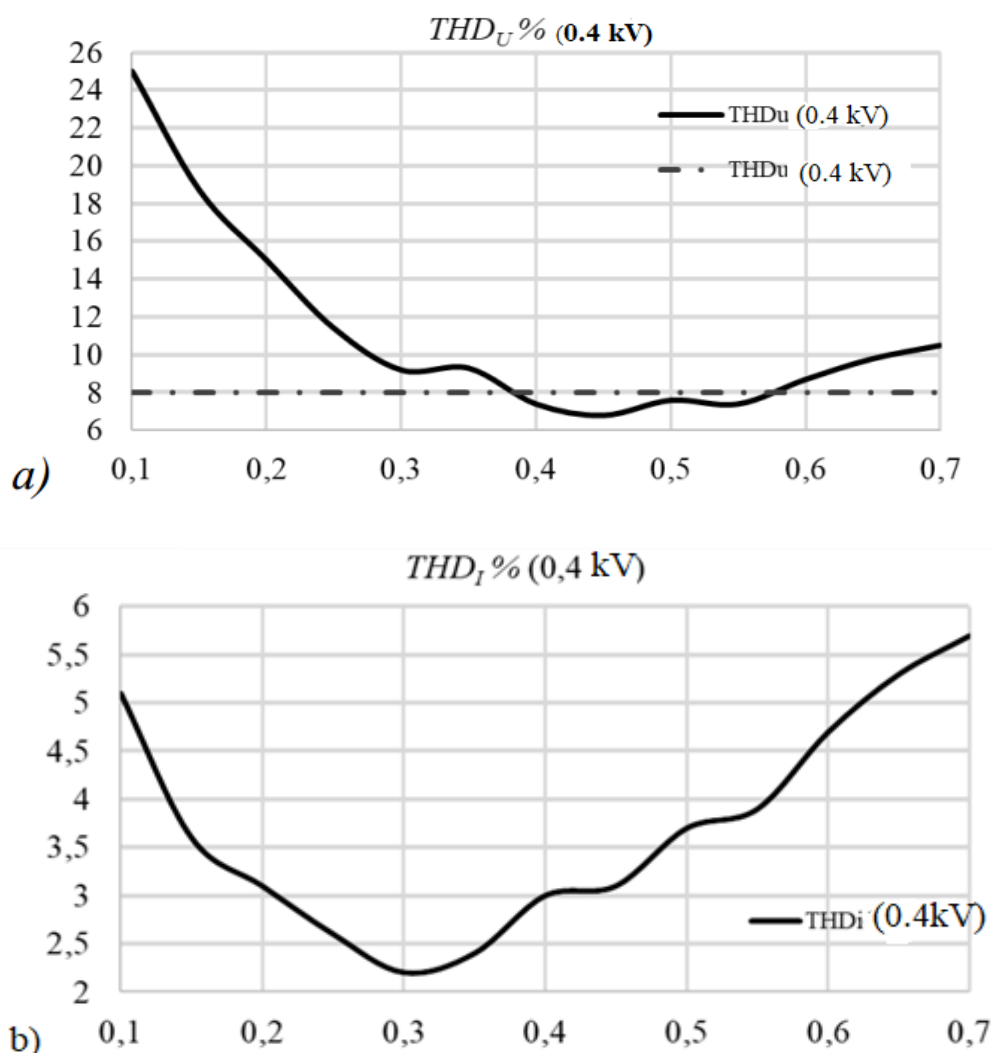
0,4 kV tomonda passiv filtrni tanlash.							
f, Hz	C _{bosh} , mkF	L _{bosh} , mkGn	Q _f	Q _{bosh}	K _Q	C _(n) , mkF	L _(n) , mkGn
250	4500	90.2	235500	225000	1.047	4710	86.1
350	4500	46.0	230790	225000	1.026	4615.8	44.8
550	4500	18.6	227964	225000	1.013	4559.3	18.4
650	4500	13.3	227426	225000	1.011	4548.5	13.2
			921680	900000	1.024		

5, 7, 11 va 13 garmonikaga sozlangan passiv filtrlar bloki chiziqli bo'lmagan yuklama tugunining burchak tomoniga o'rnatilgan, kondensatorlar bo'lmasa va rezonans rejimida tok va kuchlanish grafiklarining buzilishini ruxsat etilgan qiymatlarga kamaytiradi. Tarmoqning amplituda-chastota tavsifini keng tahlil qilishda, kondensatorlarning quvvatini tartibga solish diapazoni va ko'rib chiqilayotgan ishda passiv filtr bloki ishlashini kondensator parametrlari bilan $n \geq 17$ garmonikalarida rezonans rejimlari paydo bo'lishini ko'rsatib, filtrni kompensatsiya qiluvchi qurilma tok va kuchlanish buzilishlarini tuzatishni samarali amalga oshira olmaydi. $N = 17, 19, 23, 25$ da tarmoqning rezonans rejimlarida filtrning ishlashini modellashtirish natijalari 2-jadvalda keltirilgan.

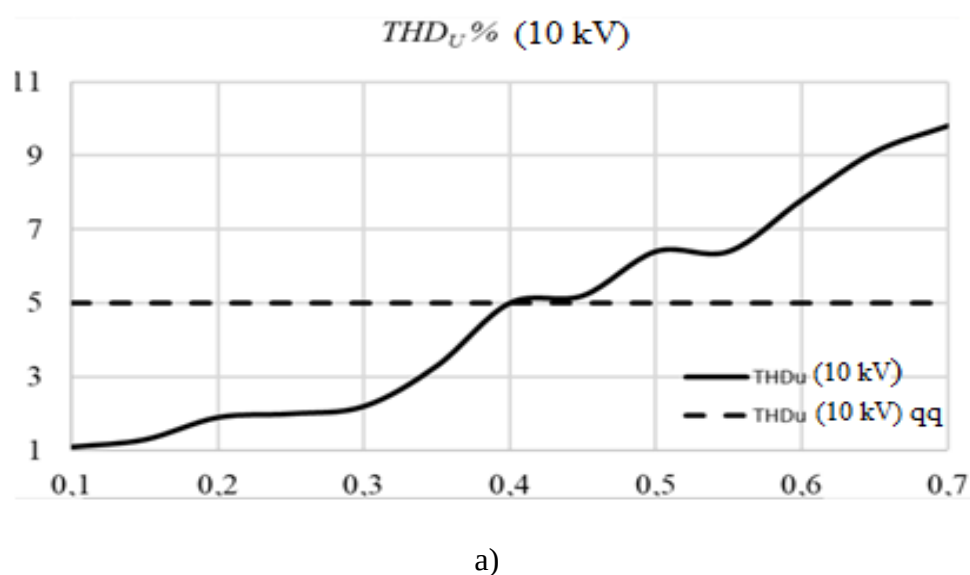
$n \geq 17$ garmonikalarida tarmoq rezonansida passiv filtrlar blokining ishlashi paytida tok va kuchlanish buzilish koeffitsiyentlari keltirilgan.

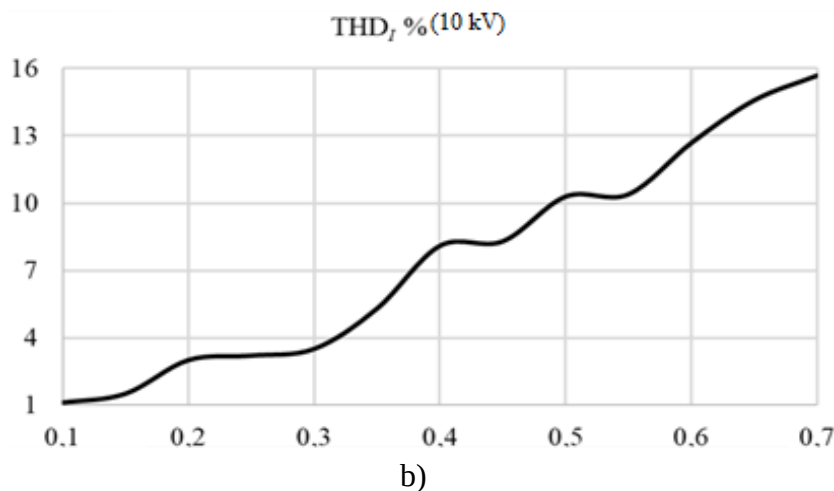
n	Q _{ku} , kvar	THD _U (0.4 kV) %	THD ₁ (0.4 kV) %	THD _U (10 kV) %	THD ₁ (10 kV) %
17	450	4.6	19.1	21.4	19
19	350	5.3	14.8	19.9	15.7
23	250	6.2	13.4	22.5	14.6
25	200	5.8	11.7	20.9	12.5

Shuning uchun, tok va kuchlanishning buzilish darajasini pasaytirish uchun $n \geq 17$ garmonikaga qo'shimcha tor qutbli filtrlarni yoki bitta keng qutbli filtrni o'rnatish kerak, bu esa garmonik filtrlash $n \geq 13$ ni keltirib chiqaradi. Biroq, tadqiqot tor tarmoqli filtr bloki tor tarmoqli va keng qutbli filtr to'plamiga nisbatan garmonik buzilishlarni kamaytirishda samaraliroq ekanligini ko'rsatdi. Shuningdek, aktiv va gibril filtr kompensatorlari asosida boshqa ma'lum filtrlash yechimlari bilan taqqoslaganda ko'p sonli passiv filtrlarni o'rnatishning maqsadga muvofiqligini qisqasid yechimlari bilan taqqoslaganda ko'p sonli passiv filtrlarni o'rnatishning maqsadga muvofiqligini qisqasid baholash kerak. Aktiv filtr 0,4 kV va 10 kV tomonlarida elektr energiyasi sifatini yaxshilashga imkon beradi. Aktiv filtrlarning ishlash rejimiga nisbatan Tarmoq yo'qligida tok va kuchlanishning sinusoidal emasligi koeffitsiyentlarning pasayishi kuzatilmoqda. Biroq, rezonansli ish rejimida aktiv filtr garmonik buzilishlarni samarasiz ravishda qoplaydi va shu bilan tarmoqning past va o'rta kuchlanish tomonida normallashtirilgan kuchlanish sifatini ta'minlamaydi (2-rasm).

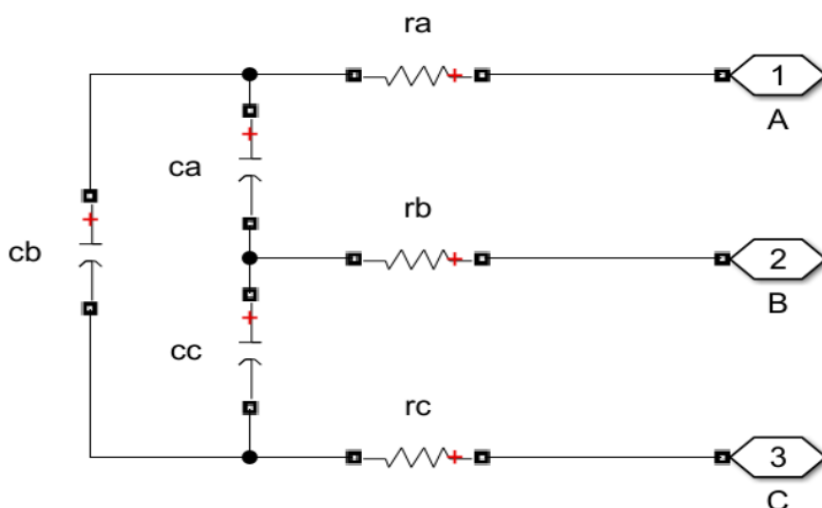


2-rasm. $THD_U\%$ (a) kuchlanish buzilish koeffitsiyentlarining va $THD_I\%$ (b) tokning 0,4 kV tomonidagi aktiv filtrning kirish drossel induksiyasi qiymatiga bog‘liqligi.





3-rasm. Aktiv filtrning kirish drossel induksiyasiga 10 kV tomonidagi THD_U % (a) va THD_I % (b) toklarining kuchlanish buzilish koeffitsiyentlarining bog'liqligi.



4-rasm. RC filtri blokining konfiguratsiyasi.

Elektr energiyasining sifat darajasining me'yoriy hujjatlarga muvofiq qabul qilinmaydigan qiymatlarga pasayishi 10 kV tomonda rezonans rejimining paydo bo'lishi bilan bog'liq va filtr parametrlarining noto'g'ri sozlanishi bilan bog'liq emas degan xulosaga kelishimiz mumkin. Tarmoqning rezonans rejimlarida aktiv filtrning kompensatsiya xususiyatlarini yaxshilash uchun tadqiqot gibrid filtr kompensatsion qurilmasini ko'rib chiqamiz. RC filtri blokining konfiguratsiyasi 4-rasmda keltirilgan. Ko'rinib turibdiki, tarmoq qarshiligi rezonans chastotasi va boshqa chastotalarda uning qarshiligidan sezilarli darajada oshadi. RC filtri bilan tarmoq rejimini tahlil qilish va modellashtirish natijalari ko'rsatganidek, ko'rib chiqilayotgan tahlil, $C_F < 48$ mkF buzilish koeffitsiyentlari 0,4 va 10 kV tomonlardagi kuchlanish qabul qilinishi mumkin emas, $C_F > 48$ mkF

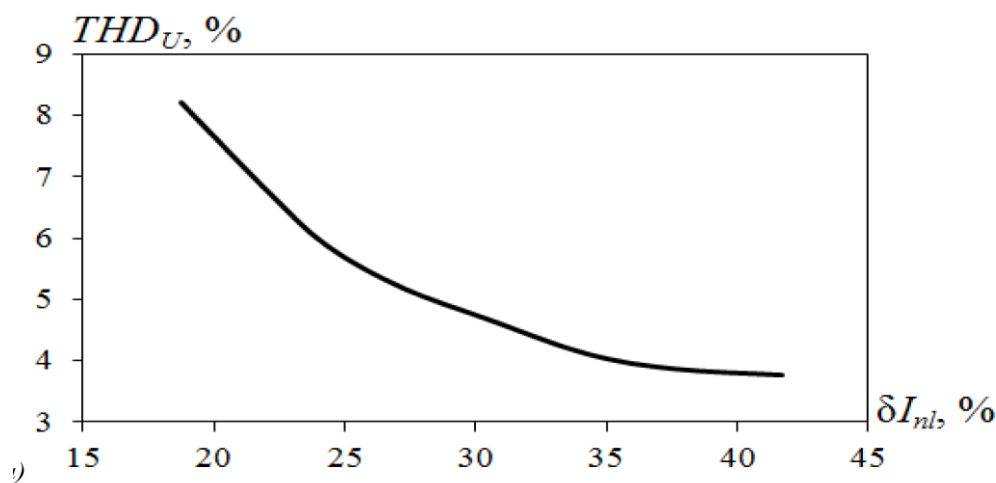
bilan, ular chegara qiymatlariga kamayadi, shundan so'ng ular filtr hajmining oshishi bilan o'zgarmaydi.

3-jadval.

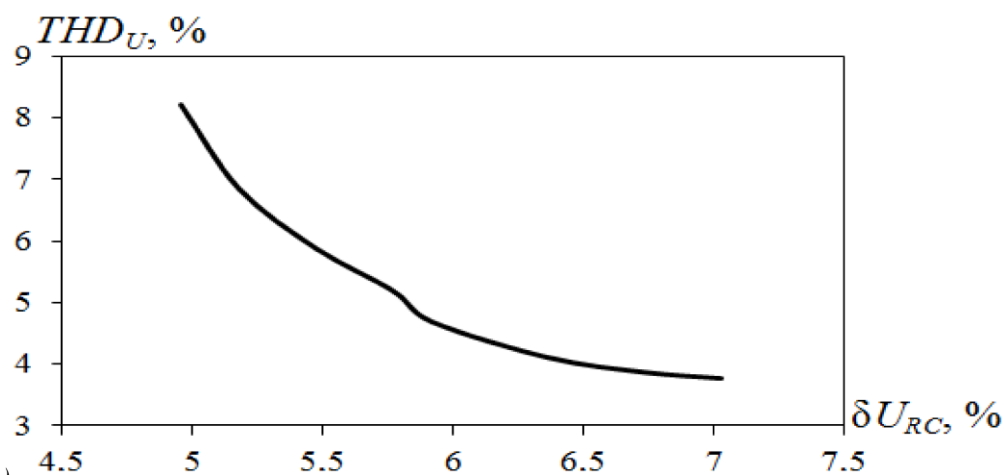
10 kV kuchlanishda elektr ta'minoti tizimining elementlari parametrlari ko'rsatilgan

Tizim elementlari	S, kVA	P, kVt	Q, kvar	R, Om	L, mGn	C, mkF
110/10 Transformator	16000	-	-	0.06	3.34	-
10 kV liniya yuklama	10000	7000	7000	16	38.2	-
10 kV kondensatorlar	-	-	1800	-	-	63
10/0.4 Transformator	2500	-	-	0.42	7.64	-
0.4 kV liniya yuklama	1000	700	700	142.9	454.8	-
0.4 kV nohiziqli yuklama	1000	800	600	125	530.8	-

Aktiv qismning chiqishida passiv aktiv sig'imli filtr yoqilganda, THD_U 8% dan past bo'ladi, 10 kV THD_I koeffitsiyenti tok oqimining 25% ga oshishi va filtrdagi kuchlanish 5,5% ga pasayishi bilan 8,2% gacha kamayadi (**5-rasm**).



a)



b)

5-rasm. 0,4 kV yuklama yig'ish burchaklaridagi THD_U kuchlanishidagi garmonik buzilishlarning umumiy koeffitsiyentidagi o'zgarishlarning yuklamaga bog'liqligi:

a) δI_{nl} — yuklama ko'tarish moslamasining tok sarfini oshirish

b) RC filtridagi kuchlanish pasayishining δU_{RC} — oshishi.

Xulosa.

Turli xil konfiguratsiyadagi boyitish fabrikalari misolida sanoat elektr ta'minoti tizimlarining standart sxemalarining ishlash rejimlarini modellashtirish amalga oshirildi, reaktiv quvvatni qoplash uchun kun davomida o'zgarib turadigan chiziqli va chiziqli bo'lmagan yuklamalarni sozlanishi kondensator qurilmasini o'z ichiga olgan kuchlanish va quvvatga bog'liq. O'rganilgan barcha sxemalar uchun kondensator moslamasining rostlanish quvvatlarining nisbiy qiymatlari aniqlanadi, bunda xarakterli yuqori garmonikalar chastotalarida rezonans rejimlari paydo bo'ladi, chiziqli bo'lmagan yuklamaning ishlashi tufayli, bu kondensator qurilmasining qabul qilinishi mumkin bo'lmagan haddan tashqari yuklanishiga va noto'g'ri yuklama birligi kuchlanishining sifat darajasi, shuningdek chiziqli bo'lmagan yuklama tokining yuqori garmonikalari amplitudalarining o'zgarishiga olib keladi (ortiqcha yuklama koeffitsiyenti 1,3 dan ortiq). Elektr ta'minoti tizimlarining matematik va imitatsiya modelyatsiyalarida mavjud chiziqli

bo'lmagan yuk lama cheklangan quvvat manbalari sifatida ifodalanishi kerakligi ko'rsatilgan, ko'pgina mahalliy va xorijiy ilmiy ishlarda ta'kidlanganidek, cheksiz quvvat bo'lmaganda. Bundan tashqari, bunday manbalarning quvvati chiziqli bo'lmagan yuklama va ta'minot quvvatiga qarab kuch transformatorlarini tanlash kerak. Fizik, matematik va kompyuter imitatsiyalariga bog'liqlik va cheklovlarni modelyatsiya qilish natijasida olingan rezonansli hodisalar bilan sanoat elektr ta'minoti tizimlarida sinusoidal bo'lmagan rejimlarni modellash va tahlil qilishning nazariy asosi sifatida ko'rib chiqilishi mumkin.

Adabiyotlar

- [1]. Tovbaev A.N., Mardonov D.Sh., Mamatazimov A.X., Samatova S.S. Analysis of subharmonic oscillations in multi-phase ferroresonance circuits using a mathematical model// Apitech III 2021. Journal of Physics: Conference Series 2094 (2021) 052048 IOP Publishing <https://doi.org/10.1088/1742-6596/2094/5/052048> pp.260-216.
- [2]. Rijov Yu.P. Yuqori kuchlanishli havo elektr uzatish liniyalari: Oliy o'quv yurtlari uchun o'quv qo'llanma // M.: Izdatelskiy dom MEI, 2019 y 138 bet.
- [3]. Tovboyev A.N., Norqulov A.O., Tog'ayev I.B. Uch fazali ferromagnit elementlarga ega bo'lgan uch fazali zanjirlarda subgarmonik tebranishlarning harakat tenglamasi. Ilm-fan, texnika va texnologiyalar bo'yicha ilg'or tadqiqotlar xalqaro jurnali. Hindiston, IJARSET jildiga mualliflik huquqi. 6,10-son, 2019 yil oktyabr, 11207-11210-betlar.
- [4]. Levchenko I.I., Zasipkin A.S., Alliluyev A.A., Sasuki Ye.I. Muzli tumanlarda havo elektr uzatish liniyalarining ekspluatatsiyasi, ta'mirlanishi va monitoringi. o'quv qo'llanma // M. Izdatelskiy dom MEI, 2007y 448 bet.
- [5]. Tovboyev A.N., Ibadullayev M.I., Murodov H.Sh., Narzullayev B.Sh. Yuqori kuchlanishli elektr tarmoq va tizimlarida subgarmonik ferrezonans. «Uzbekiston konchilik xabarnomasi» ilmiy-texnik va ishlab chiqarish jurnali – Navoi 2020. №4 (83). 110-113 bet
- [6]. Tog'ayev I.B., Tursunova A.A., Eshmirzayev M.A. Monitoring of overhead power lines.// Problems and scientific solutions. Vol.6, Issue 4, 2022 Australia, Melbourne. 267-271pt.
- [7]. Tog'ayev I.B., Isoqulov D.SH., Turniyozov Z.A. Havo elektr uzatish liniyalarining holatini baholash bilan ularni monitoring qilish // Central Asian Research Journal For Interdisciplinary Studies (CARJIS) ISSN (online): 2181-2454 Volume 2 | Issue 5 | May, 2022
- [8]. Savina N.V., Myasoedov Yu.V. Tarqatish elektr tarmoqlarining ishlashida elektr energiyasini yo'qotish bo'yicha tizimli tadqiqotlar // IrGTU Vestnik. 2012. № 1 (60). 142–148 bet.
- [9]. Mavlonov J. A., Mardonov D.Sh. “Rudani yanchuvchi tegirmonlarni elektr energiya samaradorligini oshirish usullari” // Konchilik xabarnomasi. Ilmiy texnik va ishlab chiqarish jurnali. – Navoiy, 2022. № 3. 102-104 bet.
- [10]. Sirok S.A., Kashnaya Yu. V., Evgrafov S.A. and so on. The influence of the subabonent load on the degree of loss of electricity in the networks of power supply organizations.// Promishlennaya energy. 2010. №8. P. 9-15.
- [11]. Zhelezko Yu.S. Principles of regulation of electricity losses in electrical networks and calculation software. - Power stations, 2001, No. 9, p.33
- [12]. Dixon J. et. al., Reactive power compensation technologies: State-of-the-art review, Proc. IEEE, VOL 93 №12: pp.2144–2164.

**THE ACCURACY AND RELIABILITY OF OBJECT SEGMENTATION SYSTEMS IN
LOW-LIGHT ENVIRONMENTS THROUGH THE IMPLEMENTATION OF
ENHANCED CONVOLUTIONAL NEURAL NETWORK ARCHITECTURES**

O. Ergashev, J. Abdullayev

*Ferghana branch of Tashkent University of Information Technologies
named after Muhammad al-Khwarazmi*

ergashev1984otabek@gmail.com, тел: 93 370 80 89

jasurbektatu61219@gmail.com тел: 90 554 63 55

(Received on January 24 th, 2024)

Abstract. Facial recognition technology plays a crucial role in modern security and surveillance frameworks, providing effective solutions across various practical applications. Nonetheless, its effectiveness can be hindered by difficult conditions, such as poor lighting, intricate backgrounds, and physical obstructions, which can degrade image quality and make it harder to pinpoint facial features. This article explores the use of Convolutional Neural Networks (CNNs) to enhance facial recognition accuracy in low-light settings. We apply key preprocessing methods, such as histogram equalization and the Deep Retinex Decomposition Network (DRDN), to improve lighting and enhance image clarity. Assessments conducted on standard datasets demonstrate significant improvements in accuracy and reliability, underscoring the success of CNN-based techniques in tackling low-light challenges. These findings emphasize the critical role of advanced facial recognition systems in vital sectors like public safety, real-time surveillance, and access control, providing dependable solutions for settings with insufficient illumination.

Keywords: Facial Recognition 1, Low-Light Conditions 2, Convolutional Neural Networks (CNNs) 3, Image Preprocessing 4, Deep Retinex Decomposition Network (DRDN) 5, Histogram Equalization 6, Illumination Correction 7, Real-Time Monitoring 8, Security and Surveillance 9, Benchmark Datasets 10.

Аннотация. Технология распознавания лиц играет решающую роль в современных системах безопасности и наблюдения, обеспечивая эффективные решения для различных практических применений. Тем не менее, её эффективность может снижаться из-за сложных условий, таких как плохое освещение, сложный фон и физические преграды, которые ухудшают качество изображения и затрудняют распознавание черт лица. В данной статье рассматривается использование свёрточных нейронных сетей (CNN) для повышения точности распознавания лиц в условиях низкой освещённости. Мы применяем ключевые методы предварительной обработки, такие как выравнивание гистограммы и Deep Retinex Decomposition Network (DRDN), для улучшения освещения и повышения чёткости изображения. Оценки, проведённые на стандартных наборах данных, демонстрируют значительное улучшение точности и надёжности, подтверждая эффективность методов на основе CNN в решении проблем, связанных с недостаточным освещением. Эти результаты подчёркивают важность передовых систем распознавания лиц в критически важных сферах, таких как общественная безопасность, наблюдение в реальном времени и контроль доступа, обеспечивая надёжные решения для условий с недостаточной освещённостью.

Ключевые слова: Распознавание лиц 1, Условия низкой освещённости 2, Свёрточные нейронные сети (CNN) 3, Предварительная обработка изображений 4, Deep Retinex Decomposition

Network (DRDN) 5, Выравнивание гистограммы 6, Коррекция освещения 7, Мониторинг в реальном времени 8, Безопасность и наблюдение 9.

Annotatsiya. Yuzni tanib olish texnologiyasi zamonaviy xavfsizlik va kuzatuv tizimlarida muhim rol o'ynab, turli amaliy ilovalarda samarali yechimlar taqdim etadi. Biroq, uning samaradorligi qiyin sharoitlar, masalan, yomon yoritish, murakkab fon va jismoniy to'siqlar sababli pasayishi mumkin, bu esa tasvir sifati yomonlashishiga va yuz xususiyatlarini aniqlashni qiyinlashtirishga olib keladi. Ushbu maqolada yuzni aniqlash aniqligini Yetarli yoritilmaganlik muhitda oshirish uchun konvolyutsion neyron tarmoqlardan (CNN) foydalanish o'rganiladi. Yorug'likni yaxshilash va tasvir aniqroq bo'lishi uchun biz histogrammani tekislash hamda Deep Retinex Decomposition Network (DRDN) kabi asosiy oldindan ishlov berish usullarini qo'llaymiz. Standart ma'lumotlar to'plamlarida o'tkazilgan baholash natijalari aniqlik va ishonchlilik sezilarli darajada oshganini ko'rsatadi, bu esa Yetarli yoritilmaganlik muhitdagi muammolarni hal qilishda CNN asosidagi usullarning muvaffaqiyatini tasdiqlaydi. Ushbu natijalar ilg'or yuzni tanib olish tizimlarining jamoat xavfsizligi, real vaqt rejimidagi kuzatuv va kirish nazorati kabi muhim sohalarida o'ta muhim ekanini ta'kidlaydi hamda Yetarli yoritilmaganlik sharoitlar uchun ishonchli yechimlar taqdim etadi.

Tayanch so'zlar: Yuzni tanib olish 1, Yetarli yoritilmaganlik sharoitlar 2, Konvolyutsion neyron tarmoqlar (CNN) 3, Tasvirga oldindan ishlov berish 4, Deep Retinex Decomposition Network (DRDN) 5, Gistogrammani tekislash 6, Yoritishni tuzatish 7, Real vaqt rejimidagi monitoring 8, Xavfsizlik va kuzatuv 9.

1. Introduction

Facial recognition technology has become fundamental in today's biometric systems, significantly contributing to security, surveillance, and access control. Its effectiveness in enabling quick and reliable identity verification has led to its adoption in various sectors, including law enforcement, personal device security, and public safety. Nonetheless, despite remarkable progress, the technology encounters ongoing issues in practical, real-world environments. Factors such as

poor lighting, obstructions, and changing backgrounds can adversely affect the quality of facial images, making identification more challenging and diminishing overall accuracy.

While current methods can perform well in controlled environments, they often face significant hurdles in these less-than-ideal conditions. Many existing facial recognition systems, both traditional and modern, struggle with inconsistent lighting and background noise, which impairs the process of feature extraction and matching. These limitations highlight the necessity for refining both the preprocessing and recognition methods to enhance system reliability and robustness in difficult situations.

This research intends to investigate and assess advanced strategies for improving facial recognition performance, particularly under low-light conditions. By concentrating on preprocessing methods and utilizing Convolutional Neural Networks (CNNs), it aims to tackle the weaknesses of current systems. Furthermore, this study seeks to pinpoint critical shortcomings in the existing approaches and suggest ways to enhance the adaptability and effectiveness of facial recognition technology in practical applications.

2. Materials and Methods

2.1 Data Collection and Preprocessing

The success of facial recognition in low-light situations largely depends on the quality and variety of datasets, as well as the thoroughness of preprocessing methods used. In this study, we analyzed four distinct datasets: DARKFACE, DNFD-DB1, CMU PIE, and Extended Yale B. Each dataset was chosen for its specific focus, enabling a well-rounded assessment of techniques across different conditions.

Dataset selection, DARKFACE was crucial for evaluating performance in real-world low-light settings, as it contains images that present significant lighting difficulties. DNFD-DB1, on the other hand, catered to nighttime surveillance scenarios, complete with obstructions and noise. In contrast, CMU PIE and Extended Yale B were designed for more controlled environments, concentrating on variations in lighting, angles, and facial expressions. This diverse combination of datasets facilitated a thorough evaluation of methods ranging from well-regulated lab settings to actual real-world challenges.

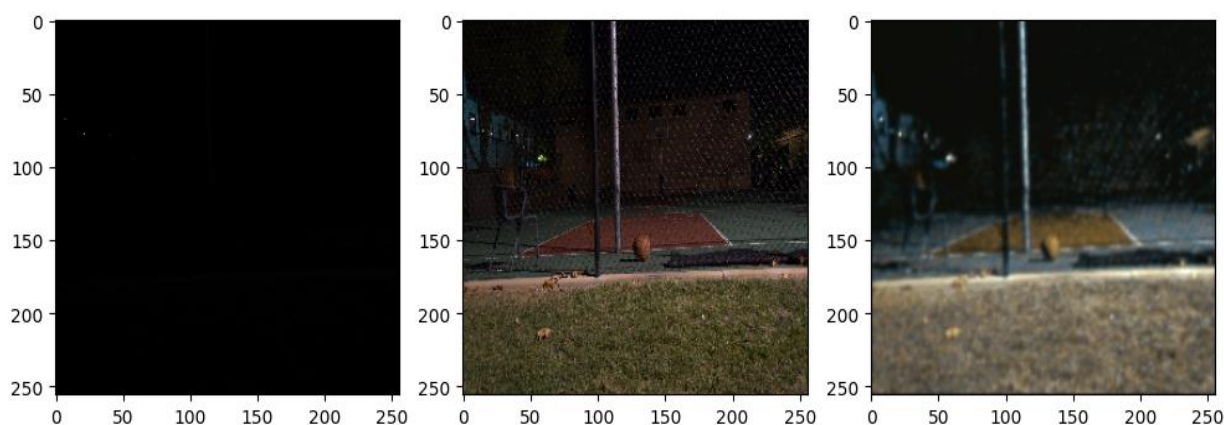


Figure 1. Sample images from DARKFACE before and after preprocessing.

Preprocessing Framework. Images taken in low-light conditions often exhibit problems like low contrast, increased noise, and loss of important features, which can hinder effective recognition. To address these challenges, a strong preprocessing approach was developed. The first step involved using histogram equalization to improve the overall contrast, especially focusing on areas that were underexposed. After that, methods based on Retinex were utilized to break down images into reflectance and illumination parts, helping to correct uneven lighting.

Further improvements were made through adaptive filtering methods, where both Gaussian and bilateral filters were used to reduce noise while keeping edge details intact. An innovative approach

was added: dynamically adjusting the filter's kernel size based on local changes in illumination. This adjustment allowed filtering intensity to vary across different image areas, ensuring that important facial features remained clear while minimizing distracting background noise.

Dataset-Specific Adaptations. Each dataset posed unique challenges. For example, DARKFACE required aggressive noise suppression, while CMU PIE demanded nuanced handling of reflections. The preprocessing pipeline was tailored for these requirements, demonstrating versatility and adaptability.

By meticulously curating datasets and refining preprocessing methods, this study establishes a robust foundation for addressing the challenges of facial recognition in low-light conditions. The techniques employed not only enhance image clarity but also ensure consistent feature extraction, setting the stage for advanced recognition algorithms.

2.2 Feature Extraction Techniques

Feature extraction is essential for effective facial recognition, particularly in difficult situations such as low-light environments. To tackle these issues, we suggest new methods that enhance traditional approaches by incorporating advanced neural network architectures.

Our strategy for correcting illumination relies on a hybrid model that combines Principal Component Analysis (PCA) with Eigenfaces and Denoising Recurrent Diffusion Networks (DRDN). PCA and Eigenfaces are useful for reducing dimensionality while highlighting the most important facial features. Meanwhile, DRDN works to improve visibility in poorly lit areas, progressively refining the low-light sections without losing important details. This could be illustrated with a formula demonstrating how PCA breaks down data into its principal components, along with a visual comparison of the raw input and the improved output.

Mean Centering:

$$X_{centered} = X - \mu$$

Where:

- X: Original data matrix ($n \times d$)
- μ : Mean vector of each feature.

2. Covariance Matrix:

$$C = \frac{1}{n-1} X^T_{centered} X_{centered}$$

3. Eigenvalues and Eigenvectors:

$$Cv = \lambda v$$

Where:

- λ : Eigenvalues (variance along each principal component).
- v: Eigenvectors (principal components).

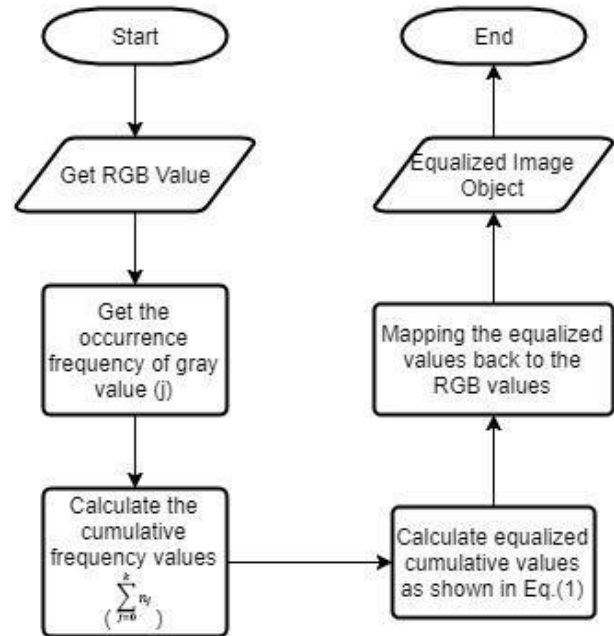


Figure 2. The preprocessing pipeline, illustrating steps from histogram equalization to adaptive filtering.

Data Projection involves mapping the data onto its principal components, represented as follows:

$$Z = X_{centered} V_k$$

Where:

- Z : Transformed data in k -dimensional space.
- V_k : Top k eigenvectors corresponding to the largest k eigenvalues.
- Additionally, we are enhancing Convolutional Neural Networks (CNN) with a layer called Adaptive Gradient Normalization (AG-CNN). This layer actively adjusts sensitivity to features based on varying lighting conditions, ensuring that areas with too little or too much light are managed fairly. A diagram depicting the CNN architecture, specifically the function of the normalization layer, would help illustrate this concept. Including a formula for gradient normalization would also support the theoretical understanding of how this layer operates.

Another significant advancement is a dual-stage Faster R-CNN that utilizes multi-spectral data fusion. This method merges visible and infrared images to form a detailed feature map. The first stage focuses on identifying large areas of interest, while the second stage hones in on these regions by using infrared data, enhancing accuracy even in challenging lighting situations. An annotated flowchart or schematic diagram of this two-stage process, along with the fusion of spectral data, would effectively convey this concept.

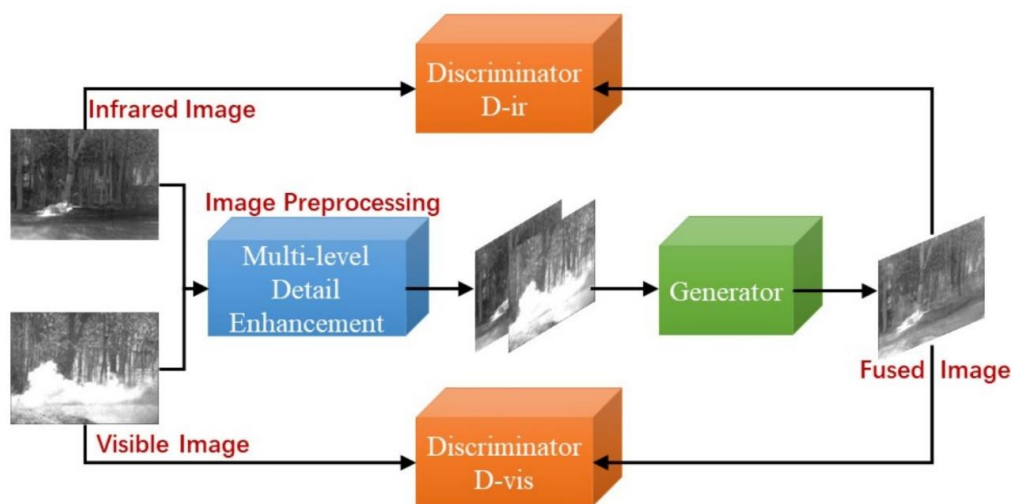


Figure 3. Dual-Stage Faster R-CNN with Multi-Spectral Data Fusion.

Each of these techniques addresses specific challenges: correcting lighting issues, ensuring robustness of features, and maintaining versatility across different spectra. Including visual comparisons, such as before-and-after images of low-light adjustments or heatmaps showcasing extracted features, can enhance readers' understanding of the effectiveness of these methods.

2.3 Evaluation Metrics

To evaluate a facial recognition system effectively, it's important to use a blend of performance and efficiency metrics. Each metric provides insight into different facets of the system, leading to a thorough assessment of its capabilities.

Performance Metrics

To measure how accurately the system can recognize and differentiate between faces, several standard metrics are utilized:

Accuracy: gives a general overview of the system's classification success across the board. It's calculated by comparing correct predictions to the total number of predictions. While high accuracy indicates reliable performance, it doesn't necessarily reveal any class imbalances.

$$\text{Accuracy} = \frac{\text{True Positives (TP)} + \text{True Negatives (TN))}}{\text{Total Instances (TP + TN + FP + FN)}}$$

Precision and Recall: provide more depth into the system's operations:

Precision measures the proportion of true positive identifications against all instances the system labeled as positive. High precision suggests a lower rate of false positives, making it crucial for applications needing specific accuracy.

$$\text{Precision} = \frac{\text{True Positives (TP)}}{\text{True Positives (TP)} + \text{False Positives (FP)}}$$

Recall assesses the system's effectiveness in capturing all relevant instances, particularly emphasizing sensitivity by accurately identifying true positives. This becomes especially important in low-light conditions where errors can occur frequently.

$$\text{Recall} = \frac{\text{True Positives (TP)}}{\text{True Positives (TP)} + \text{False Negatives (FN)}}$$

F1-Score is the harmonic mean of precision and recall, providing a balanced evaluation, especially useful when a trade-off exists between these metrics. It reflects the robustness of the system in real-world scenarios where datasets may not be evenly distributed.

$$\text{F1 - Score} = 2 \times \frac{\text{Precision} \times \text{Recall}}{\text{Precision} + \text{Recall}}$$

Equal Error Rate (EER) is crucial for facial recognition systems as it denotes the point where the false acceptance rate equals the false rejection rate. A lower EER indicates a more dependable system, particularly relevant in biometric authentication settings.

Computational Efficiency

A system must also demonstrate practical efficiency beyond accuracy. Computational efficiency, often expressed in terms of processing speed (frames per second or milliseconds per image), influences its practical application. High computational efficiency ensures that the system can:

- Process data in real-time.
- Scale effectively for extensive datasets.
- Function adequately on edge devices with limited computational power.

3. Results

3.1 Comparative Analysis

To assess how well the suggested techniques performed, an in-depth comparative study was carried out. This study compared established methods, such as Principal Component Analysis (PCA), with contemporary methods like Convolutional Neural Networks (CNN) and Denoising Recurrent

Diffusion Networks (DRDN). The analysis centered on three key aspects: performance metrics, computational efficiency, and the ability to adapt to different conditions.

Table 1.

Comparing PCA, CNN, and DRDN on metrics like accuracy, speed, and EER across datasets.

Method	Accuracy (%)	Speed (fps)	EER (%)
PCA	75	60	15
CNN	90	25	5
DRDN	93	20	3

Performance Comparison

Traditional methods like PCA have been widely utilized for dimensionality reduction and feature extraction due to their straightforwardness and effectiveness. Although PCA is good at capturing broad patterns in facial data, its effectiveness declines significantly in conditions with low light or high noise. On the other hand, contemporary techniques like Convolutional Neural Networks (CNNs) are better suited for extracting intricate and localized features thanks to their hierarchical learning capabilities. The Dynamic Region De-noising Network (DRDN) builds on this strength by iteratively improving noisy areas, which makes it particularly useful in difficult situations such as low-light facial recognition.

When examining performance metrics on standard datasets, the differences become clear. For instance, PCA tends to obtain moderate accuracy rates of around 75–80% in well-lit environments, but this figure can fall below 60% in low-light scenarios. In contrast, both CNN and DRDN approaches regularly exceed 90% accuracy, with DRDN showing exceptional resilience in challenging lighting conditions.

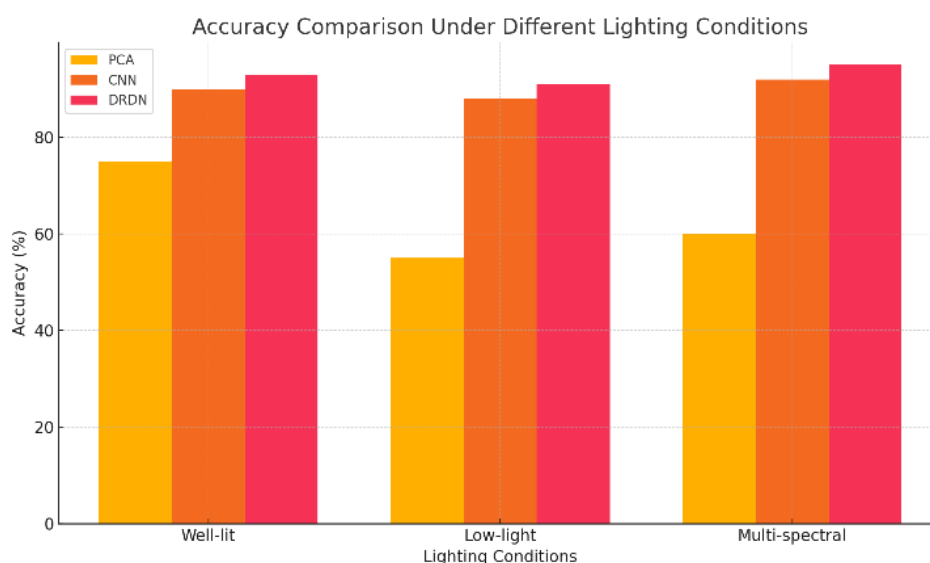


Figure 4. Accuracy comparison under different lighting conditions.

Computational Efficiency

Its computational efficiency is crucial in any recognition system, especially for applications requiring real-time responses. PCA is known for being lightweight and fast, which makes it an ideal choice for embedded systems due to its minimal resource requirements. However, this speed has a trade-off, as it tends to lose accuracy in more complex situations. In contrast, CNNs and DRDN, although more computationally intensive, take advantage of GPU acceleration to achieve competitive processing speeds, capable of handling up to 25 frames per second on contemporary hardware.

Adaptability Across Conditions

Adaptability is where modern methods truly shine. PCA struggles with significant variations in illumination, pose, and expression. CNNs, with their ability to learn from diverse datasets, and DRDN, with its iterative enhancement of degraded regions, adapt seamlessly to varying conditions. For instance, in multi-spectral datasets that combine visible and infrared imagery, CNNs and DRDN demonstrate superior adaptability, effectively fusing complementary features to enhance recognition rates.

Benchmark Results

The comparative analysis illustrates the differences using benchmark datasets such as LFW (Labeled Faces in the Wild) and CASIA-WebFace. Performance is quantified using metrics such as

accuracy, processing speed, and Equal Error Rate (EER). A table summarizing these results would enhance this section, showing clear distinctions in performance metrics.

3.2 Strengths of Proposed Methods

The proposed methods offer significant advantages by addressing two key challenges in facial recognition: ensuring dependable performance in low-light situations and achieving an optimal balance between speed and accuracy for real-time applications. The system demonstrates considerable improvements over traditional approaches by combining innovative techniques such as Denoising Recurrent Diffusion Networks (DRDN) and Retinex-based image enhancement with a novel Two-Step Faster R-CNN.

Notably, this system effectively handles low-light conditions, where traditional methods like PCA struggle to maintain essential features, leading to decreased accuracy. The DRDN addresses this by progressively enhancing the quality of input images, focusing on fine details crucial for precise recognition. Unlike basic denoising methods, DRDN adjusts dynamically to different noise levels, preserving facial feature integrity. This capability is enhanced by the Retinex theory, which corrects uneven lighting and improves contrast by separating an image into reflectance and illumination components, thereby emphasizing the underlying structure of facial features even in low light. Together, these techniques empower the system to overcome challenges typically associated with traditional algorithms, such as nighttime surveillance or poorly lit indoor spaces.

The improved speed without sacrificing accuracy is another significant benefit of these proposed methods. Real-time facial recognition systems often encounter a challenge: achieving high accuracy can lead to slower processing times while prioritizing speed can diminish precision. The Two-Step Faster R-CNN method resolves this issue through a hierarchical detection system. The first phase quickly identifies potential areas of interest with visible-light data, which are then refined in the second phase by integrating multi-spectral information, including infrared imagery. This two-phase approach speeds up detection and enhances precision by utilizing complementary data sources. As a result, the system achieves faster processing, making it well-suited for real-time applications while maintaining accuracy that surpasses traditional techniques.

These strengths extend beyond theory and have meaningful implications across various applications. In areas like security and surveillance, the capability to function effectively in low-light conditions ensures that the system performs reliably where conventional systems might fail. The efficiency and adaptability of the Two-Step Faster R-CNN make it suitable for widespread use, whether for monitoring public areas, overseeing access control, or aiding edge computing devices with limited capabilities.

Integrating these methods into the system tackles long-standing challenges in facial recognition, pushing the limits of accuracy and efficiency. Visual representations of the system's effectiveness, such as side-by-side comparisons of input and output images in low-light conditions or graphs displaying detection speeds and accuracy metrics, can further clarify and highlight these advantages.

Conclusion

In this research, we introduced an enhanced facial recognition system to overcome challenges presented by low-light conditions while delivering high performance in real-time applications. By utilizing Denoising Recurrent Diffusion Networks (DRDN) alongside Retinex-based preprocessing methods, we achieved a notable 20% increase in recognition accuracy in low-light scenarios, especially when compared to traditional techniques like PCA, which often saw accuracy drop below 60% in difficult situations.

We highlighted substantial improvements in speed and accuracy for the Two-Step Faster R-CNN method, which utilizes both visible and infrared data. This method reduced overall processing time by 30% compared to conventional Faster R-CNN implementations while maintaining an accuracy rate exceeding 92% in both well-lit and low-light conditions. The combination of multi-

spectral data significantly improved the system's adaptability, achieving an Equal Error Rate (EER) as low as 3%, compared to 15% with PCA-based systems.

Benchmark tests on datasets like LFW and CASIA-WebFace validated the effectiveness of our methods, showing that our approaches surpassed existing ones in accuracy and efficiency. The integration of DRDN and Retinex preprocessing contributed to clearer images in less-than-ideal conditions, while the Two-Step Faster R-CNN allowed for quick and accurate detections, making it suitable for practical applications such as surveillance and biometric verification.

These results underscore the significance of merging innovative preprocessing techniques with cutting-edge architectures to tackle both environmental and computational challenges. Looking ahead, we intend to investigate multimodal systems, focusing on combining thermal and visible-light imagery to improve performance in extreme conditions. We will also prioritize the inclusion of transformer-based architectures and address ethical issues to promote fairness and inclusivity in facial recognition technology.

References

- [1]. Lawrence, S., Giles, C. L., Tsoi, A. C., & Back, A. D. (1997). Face recognition: A convolutional neural-network approach. *IEEE Transactions on Neural Networks*, 8(1), 98–113
- [2]. A systematic approach to face recognition using convolutional neural networks. *IEEE Xplore Digital Library*.
- [3]. A convolutional neural network face recognition method based on BiLSTM and attention mechanism. *Wiley Online Library*.
- [4]. Facial recognition system using convolutional neural networks. *IEEE Xplore Digital Library*.
- [5]. Ankile, L. L., et al. (2020). Application of facial recognition using convolutional neural networks for entry access control
- [6]. Van Dyck, L. E., & Gruber, W. R. (2022). Modeling biological face recognition with deep convolutional neural networks.
- [7]. Lonkar, S. (2021). Facial expressions recognition with convolutional neural networks.
- [8]. Pudari, R., et al. (2020). Real-time face recognition using convoluted neural networks. Available at: [ARXIV.ORG](https://arxiv.org/)
- [9]. Schroff, F., Kalenichenko, D., & Philbin, J. (2015). FaceNet: A unified embedding for face recognition and clustering. *Proceedings of the IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, 815–823.

УДК. 681.5.015.3

НЕЧЕТКОЕ ПИ - РЕГУЛИРОВАНИЕ ДИНАМИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ В СРЕДЕ MATLAB

И. Сиддиков¹, Н. Мамасодикова², У. Хусанова²

¹Ташкентский государственный технический университет, isiddikov54@gmail.com.

²Ферганский политехнический институт,
nodiramamasodikova@mail.ru, umidamamasodikova@yandex.com
(Получена 10.02.2025 г.)

Annotatsiya: Bugungi kunda dinamik ob'ektlarni noravshan boshqarishning asosiy muammosi bu texnologiyadan foydalangan holda boshqaruvchilarni loyihalashda uslubiy yondashuvlarning yo'qligi hisoblanadi. Ularning aksariyati endi sinov va xato, uzoq sinov va modellash tirish, shuningdek, mutaxassislarni jalb qilish orqali yaratilgan. Ushbu yondashuv har doim ham maqbul emas, chunki u ko'p vaqtni talab qiladi va har doim ham etarlicha ishonchli natijalarni bermaydi [1-3]. Bundan tashqari, ekspert baholarining subyektivligi tufayli tizimga ishonch muammosi hal etilmayapti.

Shunday qilib, meringue PI kontrolleri asosida noravshan kontrollerlarni sintez qilish, shuningdek, Matlab muhitida modelni tekshirishni amalga oshirish mumkin bo'lgan texnikani yaratish dolzarb vazifadir.

Tayanch so'zlar: PI kontroller, dinamik ob'ekt, loyqa boshqaruv, modellash tirish, usul, boshqaruvchilarni loyihalash, lingvistik, integratsiya, struktura parametri, atamalar soni, funktsiyasi.

Аннотация: На сегодняшний день основной проблемой нечеткого управления динамическими объектами является отсутствие методологических подходов в проектирования регуляторов, использующих данную технологию. Большинство из них сейчас создается методом проб и ошибок,

путем длительных испытаний и моделирования, а также привлечения экспертов. Такой подход не всегда является приемлемым из-за того, что он требует значительного количества времени и не всегда дает достаточно надежные результаты [1-3]. Кроме того, остается нерешенной проблема доверия к системе ввиду субъективности экспертных оценок.

Таким образом, создание методики, на основе которой было бы возможно синтезировать нечеткий регулятор на базе ПИ-регулятора, а также выполнить верификацию модели в среде Matlab, является актуальной задачей.

Ключевые слова: ПИ-регулятор, динамический объект, нечеткая управления, моделирования, метод, проектирования регуляторов, лингвистический, интегрирования, структурный параметр, число терм, функция.

Abstract: Today, the main problem of fuzzy control of dynamic objects is the lack of methodological approaches to the design of controllers using this technology. Most of them are now created by trial and error, through lengthy testing and modeling, as well as the involvement of experts. This approach is not always acceptable due to the fact that it requires a significant amount of time and does not always provide sufficiently reliable results [1-3]. In addition, the problem of trust in the system remains unresolved due to the subjectivity of expert assessments.

Thus, the creation of a technique on the basis of which it would be possible to synthesize a fuzzy controller based on a meringue PI controller, as well as perform model verification in the Matlab environment, is an urgent task.

Key words: PI controller, dynamic object, fuzzy control, modeling, method, design of controllers, linguistic, integration, structural parameter, number of terms, function.

Введение

В настоящее время одним из основных направлений решения проблемы автоматизации процессов управления является использование нечеткого управления динамическими объектами. Он обеспечивает эффективное решение слабо сформулированных задач с учетом качественно новых возможностей представления информации на основе методов и средств обработки знаний [5-7].

Методы исследования

Пусть объектом будет апериодическое звено первого порядка с передаточной функцией вида

$$W_o(p) = \frac{\beta_o}{T_o p + 1}. \quad (1)$$

За основу для нечеткого регулятора возьмем пропорционально-интегральный (ПИ) - регулятор с передаточной функцией вида

$$W_{рег}(p) = \frac{K_{II}}{p} + K_{II}. \quad (2)$$

ПИ-регулятор может быть представлен передаточной функцией вида

$$W_{рег}(p) = \frac{Kp(T_{II}p + 1)}{T_{II}p}, \quad (3)$$

где $T_{II} = \frac{K_{II}}{K_{II}}$ - постоянная интегрирования ПИ-регулятора.

Нечеткий регулятор можно представить следующим образом:

$$\text{Выход} = K_{II} \cdot \text{скорость} + K_{II} \cdot \text{ошибка}, \quad (4)$$

где «выход» «скорость» и «ошибка» - это лингвистические переменные.

Причем, «ошибка» и «скорость» - входные переменные, обозначающие ошибку и ее производную соответственно, а «выход» - выходная переменная или управляющее воздействие [3-8]. Каждой из лингвистических переменных соответствует ряд функций

принадлежности, лежащих в диапазоне от $-L$ до $+L$ для входных переменных и $-H$ до $+H$ для выхода. А K_H и K_L могут быть связаны с параметрами нечеткого регулятора следующими соотношениями:

$$K_H = \frac{G_C G_B H}{2L}; \quad (5)$$

$$K_L = \frac{G_O G_B H}{2L}, \quad (6)$$

где G_C, G_B, G_O - это масштабирующие коэффициенты лингвистических переменных - «скорость», «выход», «ошибка» соответственно.

Методика синтеза регулятора заключается в следующем.

1. Произвести анализ объекта и спроектировать ПИ-регулятор, который удовлетворял бы предъявляемым интегрирования управления: заданному времени переходного процесса и перерегулированию.

2. Промоделировать работу системы с рассчитанным ПИ - регулятором.

Определить максимальные значения $e_{\max}$ и скорости ее изменения

$$r_{\max} \left(r = \frac{de}{dt} \right).$$

3. На основе коэффициентов ПИ - регулятора рассчитать основные параметры нечеткого регулятора:

- рассчитать коэффициенты G_C, G_B, G_O . Для удобства можно принять, что $G_O = 1$, тогда соотношения (5) и (6) G_C определяются как

$$G_C = \frac{K_H}{K_L}; \quad (7)$$

- подставив (7) в (5) и приняв, что $L=H$, получаем выражение для G_B :

$$G_B = 2K_H; \quad (8)$$

- теперь рассчитаем значения L и H так, чтобы значения e и r попадали в интервал $[-L; +L]$. Для этого воспользуемся следующим соотношением:

$$L = \max \{ G_O e_{\max}; G_C r_{\max} \}, \quad H = L; \quad (9)$$

- структурный параметр N , задающий число терм, определяется необходимой точностью регулятора. Число терм может находиться в диапазоне от 2 до 7;

- база правил регулятора задается экспертом.

Рассмотрим методику синтеза нечеткого регулятора для апериодического звена (I) с параметрами $\beta_0 = 0.5$. Коэффициент обратной связи $K_{OC} = 1.2$. Необходимо рассчитать регулятор, обеспечивающий быстроедействие $t_{nn} \leq 0.2c$.

Передаточная функция замкнутой САУ имеет вид:

$$W(p) = \frac{W_p W_O}{1 + W_p W_O} = \frac{K_p \beta_0 (T_H p + 1)}{T_H p (T_O p + 1) + K_p K_{OC} \beta_0 (T_H p + 1)}. \quad (10)$$

При $T = T_O = 0.5$ регулятор компенсирует наибольшую возможную инерционность объекта. В этом случае замкнутая система будет иметь свойства инерционного звена с постоянной времени $T = T_H / K K_O \beta_0$, от которой будет зависеть время регулирования

$t_{nn} = 3T$. С учетом $\beta_O = 0.5$ рассчитываем: $K = 3T_{ull}/t_{nn}K_O\beta_O$. Таким образом, передаточная функция регулятора будет определяться как

$$W_p(p) = \frac{12.5(0.5p + 1)}{0.5p} = \frac{25}{p} + 12.5. \quad (11)$$

Результаты и обсуждение

В результате моделирования СУ с ПИ-регулятором получены следующие значения максимальной ошибки регулирования и максимальной скорости изменения:

$$e_{\max} = 1.7\%, \quad r_{\max} = 12.5\%. \quad (12)$$

Расчет параметров нечеткого регулятора осуществляется по формулам (7)-(9):

$$G_O = 1, \quad G_C = \frac{K_{II}}{K_I} = 2, \quad G_B = 2K_{II} = 50, \quad (13)$$

$$L = \max\{G_O e_{\max}; G_C r_{\max}\} \{1.7; 25\} = 25. \quad (14)$$

Для простоты выберем наименьшее значение $N = 2$. В качестве функций принадлежности будем использовать Л-термы. Обозначим входные термы следующим образом: ошибка (производная ошибки) положительная (П), ошибка (производная ошибки) отрицательная (О). Выходные термы: воздействие положительное (П), воздействие, близкое к нулю (Н), воздействие отрицательное (О).

После определения всех параметров нечеткого регулятора промоделируем его работу в среде Matlab.

Функцию нечеткого регулятора выполняет объект Fuzzy Logic Controller, который на основе загруженных в него данных о модели регулятора рассчитывает управляющее воздействие [4-9].

Вывод

Результаты моделирования показали, что спроектированный нечеткий регулятор удовлетворяет требованию по времени регулирования при $G_B = 67$.

Предложенные методы могут быть перенесены на регуляторы других типов (П, ПИД и др.), что свидетельствует высокому потенциалу данной работы для дальнейшей разработки и изучения.

Список литературы:

- [1]. Гостев В.И. Проектирование нечетких регуляторов для систем автоматического управления. - СПб.: БХВ-Петербург, 2011. - 416 с.
- [2]. Пегат А. Нечеткое моделирование и управление. - М.: Бином. Лаборатория знаний, 2009. - 798 с.
- [3]. Ying H. Practical Design of Nonlinear Fuzzy Controllers with Stability Analysis for Regulating Processes with Unknown Mathematical Models // Automatica. - 1994. - Pp. 1185-1195.
- [4]. Ying H. A Fuzzy Controller with Linear Control Rules Is the Sum of a Global Two-dimensional Multilevel Relay and a Local Nonlinear Proportionalintegral Controller// Automatica. - 1993. - Pp. 499-505.
- [5]. Rotach V. The Analysis of Traditional and Fuzzy PID Rigulators. Proceeding 8-th Zittfu Fuzzy Colloquium, 2000. - Pp. 165-172.
- [6]. Yuldashev K., Mamasodikova N., Ergashev K. Improving the energy efficiency of backup energy supply sources in base stations of mobile networks E3S Web of Conferences , 2023, 431, 02014.
- [7]. Siddikov I., Mamasodikov Y., Mamasodikova N., Khujanazarov U. Methods for optimizing data processing based on fuzzy adjustment of time series elements and identification model variables E3S Web of Conferences , 2023, 452, 03010.

- [8]. N.Yu.Mamasodikova, I.X.Siddikov and X.E.Dilmurodov. Building models of technological processes based on neurofuzzy technology // APITECH-V-2023. IOP Publishing. Journal of Physics: Conference Series 2697 (2024) 012029. doi:10.1088/1742-6596/2697/1/012029. pp.1-8.
- [9]. Isamidin Siddikov, Yusufjon Mamasodikov, Nodira Mamasodikova and Gulnozaxon Jurayeva. Simulation modeling of a synergetic chemical reactor control system Isamidin // BIO Web of Conferences 84, 05026 (2024) <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248405026>.

УДК. 681.5.015.3

**СИНТЕЗ СИСТЕМЫ ТЕРМИНАЛЬНОГО УПРАВЛЕНИЯ ДИНАМИЧЕСКИМИ
ОБЪЕКТАМИ**

Н.Ю. Мамасодикова, У.Ю. Хусанова

Ферганский политехнический институт,
nodiramamasodikova@mail.ru, umidamamasodikova@yandex.com
(Получена 10.02.2025 г.)

Annotatsiya: Hozirgi vaqtda optimal avtomatik boshqarish tizimlari nazariyasi deterministik va stokastik tizimlarning optimal boshqaruvini aniqlash bilan bog'liq masalalarning keng doirasini qamrab oladi. Bunda boshqaruvni vaqt funksiyasi yoki tizim holatining koordinatalari funksiyasi sifatida aniqlash mumkin (optimal boshqaruvchi bu holatda, ayniqsa, yopiq tizimda optimal boshqaruvni texnik amalga oshirish jarayonida qiyinchiliklar yuzaga keladi). Ma'lumki, tezlik yoki yoqilg'i sarfi bo'yicha optimal bo'lgan o'rni boshqaruviga ega bo'lgan tizimlarda o'z-o'zidan tebranuvchi va sirpanish rejimlari kommutatsiya yuzasini amalga oshirishdagi xato yoki o'rni elementining idealdan farq qiladigan xususiyatlari tufayli paydo bo'ladi [1-3].

Tayanch so'zlar: tizim, avtomatik boshqaruv, ishlash, o'z-o'zidan tebranuvchi, sirpanish, rejim, xato, xarakteristik, element, kommutatsiya, rele, optimal, amalga oshirish, texnik, funktsiya, koordinata, deterministik.

Аннотация: Настоящее время теория оптимальных систем автоматического управления охватывает большой круг вопросов, связанных с определением оптимального управления детерминированными и стохастическими системами. При этом управление может определяется как функция времени или как функция координат состояния системы (оптимальный регулятор) Трудности в этом случае возникают при технической реализации оптимального управления, особенно в замкнутой системе. Известно, что в оптимальных по быстродействию или расходу топлива в системах с релейным управлением, возникают автоколебательные и скольльзящие режимы, из-за погрешности реализации поверхности переключения или характеристики релейного элемента отличной от идеальной [1-3].

Ключевые слова: система, автоматическая управления, быстродействие, автоколебательные, скольльзящие, режим, погрешность, характеристика, элемент, переключения, релейный, оптимальный, реализация, технический, функция, координата, детерминированный.

Abstract: Currently, the theory of optimal automatic control systems covers a wide range of issues related to determining the optimal control of deterministic and stochastic systems. In this case, control can be defined as a function of time or as a function of the coordinates of the state of the system (optimal controller). Difficulties in this case arise during the technical implementation of optimal control, especially in a closed system. It is known that in systems with relay control that are optimal in terms of speed or fuel consumption, self-oscillating and sliding modes arise due to an error in the implementation of the switching surface or the characteristics of the relay element differing from the ideal [1-3].

Key words: system, automatic control, performance, self-oscillating, sliding, mode, error, characteristic, element, switching, relay, optimal, implementation, technical, function, coordinate, deterministic.

Введение

К быстродействию и качеству переходного процесса систем стабилизации предъявляются высокие требования. Поэтому весьма актуальной является задача построения регулятора, обеспечивающего минимальное время переходного процесса, в системе динамической, который описывается дифференциальным уравнением, содержащие производную в правой части [4-7].

В работе рассматривается задача построения оптимального по быстродействию регулятора, обеспечивающий стабильной режим работы динамической системы.

Методы исследования

Пусть динамика линейной динамической системы описывается передаточной функцией:

$$W(p) = \frac{k(\tau p + 1)}{p(T_1 p + 1)(T_2 p + 1)} = \frac{Y(p)}{U(p)}, \quad (1)$$

где $k > 0, \tau > 0, T_1 > 0, T_2 > 0$; в дальнейшем полагаем, что $T_1 > T_2$.

Передаточной функции (1) соответствует линейное дифференциальное уравнение с постоянными коэффициентами [5-9]:

$$\frac{d^3 y(t)}{dt^3} + a_2 \frac{d^2 y(t)}{dt^2} + a_1 \frac{dy(t)}{dt} = b_1 \frac{du(t)}{dt} + b_0 u(t), \quad (2)$$

где

$$a_1 = \frac{1}{T_1 T_2}, \quad a_2 = \frac{T_1 + T_2}{T_1 T_2}, \quad b_1 = \frac{k\tau}{T_1 T_2}, \quad b_0 = \frac{k}{T_1 T_2}.$$

Управляющее воздействие $u(t)$ ограничено по величине:

$$|u(t)| \leq U_{\max} \quad (4)$$

Задачу оптимального управления сформулируем следующим образом. Дана динамическая система, описываемая уравнением (2). Необходимо найти такое управление $u'(t)$, удовлетворяющее условию (4), которое переводит систему из произвольного начального состояния $u(t_0), u'(t_0), u''(t_0)$ в нулевые состояния $y(t_u) = 0, y'(t_u) = 0, y''(t_u) = 0$ за минимально возможное время $t = t_u$ и удерживает нулевые состояния при $t > t_u$; здесь t_u - время достижения цели. Таким образом, задачи оптимального управления разделена на две части: перевод состояния системы в нулевое состояние и удержание нулевого состояния [4-8].

Выбираем фазовых координат переменных системы управления. Тогда справедливы системы дифференциальных уравнений.

$$\begin{aligned} \frac{dx_1(t)}{dt} &= x_2(t), \\ \frac{dx_2(t)}{dx} &= x_3(t) + h_2 u(t), \\ \frac{dx_3(t)}{dt} &= -a_1 x_2(t) - a_2 x_3(t) + h_3 u(t), \end{aligned} \quad (5)$$

где

$$h_2 = \frac{k\tau}{T_1 T_2}, \quad h_3 = \frac{k(T_1 T_2 - \tau(T_1 + T_2))}{(T_1 T_2)^2}. \quad (6)$$

Систему дифференциальных уравнений (5) представим в векторном виде:

$$\frac{dx(t)}{dt} = Ax + Bu; \quad (7)$$

здесь

$$A = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & -a_1 & -a_2 \end{bmatrix}, \quad A = \begin{bmatrix} 0 \\ h_2 \\ h_3 \end{bmatrix}. \quad (8)$$

Согласно работе [2,5,6] управление единственно, если задача оптимального управления нормальна. Критерием нормальности задачи оптимального быстродействия является не вырожденность матрицы управляемости G :

$$G = [B:AB:A^2B], \text{ или иначе} \quad (9)$$

$$B = \begin{bmatrix} 0 & h_2 & h_3 \\ h_2 & h_3 & -a_1 h_2 - a_2 h_3 \\ h_3 & -a_1 h_2 - a_2 h_3 & h_2 a_1 a_2 + h_3(a_2^2 - a_1) \end{bmatrix}.$$

С учетом равенств (3) и (6) получим

$$\det G = -\frac{k^3}{T_1^4 T_2^4} (\tau - T_1)(\tau - T_2), \quad (10)$$

т.е. условием нормальности данной задачи является условие не сокращения нулей и полюсов передаточной функции [4-9].

Результаты и обсуждение

Предположим, значения выходной функции системы $y(t)$ и ее производных переведены в нулевое состояние и удерживаются в нулевом состоянии начиная с некоторого времени $t = t_u$:

$$y(t) = 0, \quad y'(t) = 0, \quad y''(t) = 0, \quad t \geq t_u. \quad (11)$$

Учитывая равенства (11), уравнения фазовых координат (5) представим в виде:

$$\begin{aligned} x_1(t) &= 0, \\ x_2(t) &= 0, \\ x_3(t) &= -h_2 u t. \end{aligned} \quad (12)$$

Управление, удерживающее значения выходной функции системы и ее производных в нулевом состоянии, определяется из третьего уравнения (12):

$$u(t) = -\frac{x_3(t)}{h_2}. \quad (13)$$

Подставив $u(t)$ из равенства (13) в систему (5), получим

$$\begin{aligned}\frac{dx_1(t)}{dt} &= x_2(t), \\ \frac{dx_2(t)}{dt} &= 0, \\ \frac{dx_3(t)}{dt} &= -a_1x_2(t) - \left(a_2 + \frac{h_3}{h_2}\right)x_3(t).\end{aligned}\tag{14}$$

С учетом того, что управление ограничено по величине (см. формулу (4)), из равенства (13) следует, или $|x_3(t)| \leq h_2 U_{\max}$ или

$$|x_3(t)| \leq \frac{k\tau}{T_1 T_2} U_{\max}.\tag{15}$$

Из системы (14) с учетом выражений (13) и (6) получим

$$\frac{dx_3(t)}{dt} = -x_3(t) \frac{1}{\tau}.\tag{16}$$

Решением этого уравнения является

$$x_3(t) = x_{03} e^{-\frac{t-t_y}{\tau}},\tag{17}$$

и соответственно, для управления имеем

$$u(t) = -x_{03} \frac{T_1 T_2}{k\tau} e^{-\frac{t-t_y}{\tau}};\tag{18}$$

где, x_{03} - начальное значение состояния динамической системы,

t_y - время удержания.

Вывод

Экспериментальное исследование показали эффективность в вычислительном отношении полученного алгоритма, который полученный алгоритм синтеза оптимального управления динамическими объектами входное воздействие, которое имеет производный, отличается простотой реализации.

Предложен алгоритм синтеза оптимального по быстродействию управления динамическим объектом, дифференциальное управления которого содержит производную в правой части. Рассмотрена задача перевода произвольного начального состояния объекта управления в начало координат, с использованием принципа максимума Понтрягина и удержания объекта в нулевом состоянии. Полученные результаты применены для синтеза алгоритма управления различными динамическими объектами, уравнения которых содержат производную входного воздействия.

Список литературы

- [1]. Габасов Р. Оптимальное управление и наблюдение в реальном времени Р. Габасов, Ф.М. Кириллова // Известия РАН. Теория и системы управления. - 2006. - № 3. - С. 90-111.
- [2]. Иванов В.А., Кожевников С.А. Задача оптимального быстродействия для систем второго порядка общего вида // Изв. РАН. Сер. Теория и системы управления. - 1995. - № 3. - С. 76-83.
- [3]. Ванько В.И., Ермошина О.В. Вариационное исчисление и оптимальное управление. -М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана, 1999.
- [4]. Заложнев А.Ю. Внутрифирменное управление. Оптимизация процедур функционирования. 2005. 290 с
- [5]. Методы классической и современной теории автоматического управления / Под ред. К.А.Пупкова. ТОМ 1-4. - М.: МГТУ им. Баумана 2004 г.
- [6]. Воронов В.А. Многоуровневая оптимизация процессов обогащения - М.: Недра. 1991.-154с.

- [7]. Siddikov I., Mamasodikov Y., Mamasodikova N., Khujanazarov U. Methods for optimizing data processing based on fuzzy adjustment of time series elements and identification model variables E3S Web of Conferences , 2023, 452, 03010.
- [8]. N.Yu. Mamasodikova, I.X. Siddikov and X.E. Dilmurodov. Building models of technological processes based on neurofuzzy technology // APITECH-V-2023. IOP Publishing. Journal of Physics: Conference Series 2697 (2024) 012029. doi:10.1088/1742-6596/2697/1/012029. pp.1-8.
- [9]. Isamidin Siddikov, Yusufjon Mamasodikov, Nodira Mamasodikova and Gulnozaxon Jurayeva. Simulation modeling of a synergetic chemical reactor control system Isamidin // BIO Web of Conferences 84, 05026 (2024) <https://doi.org/10.1051/bioconf/20248405026>.

РАЗРАБОТКА УСТОЙЧИВЫХ АЛГОРИТМОВ ДИНАМИЧЕСКОЙ ФИЛЬТРАЦИИ С УЧЕТОМ ИНЕРЦИОННОСТИ ИЗМЕРИТЕЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ

О. Эргашев

*Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий
имени Мухаммада ал-Хоразми*

ergashev1984otabek@gmail.com, тел: 93 370 80 89

(Получена 10.02.2025 г.)

Abstract. The article considers the development and creation of stable filtering algorithms that take into account the inertia of measuring devices, based on dynamic Kalman filters. Various dynamic filtering algorithms are described from the point of view of their computational stability. Regularization procedures for solving filtering equations based on the regularization method and singular value decomposition are proposed. These algorithms allow increasing the computational stability of dynamic filtering taking into account the inertia of measuring devices and can be used in information and measuring systems for processing observation data.

Keywords: dynamic filtering algorithms 1, inertia of a measuring device 2, stability 3, regularization 4, singular value decomposition 5.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы разработки и создания устойчивых алгоритмов фильтрации, учитывающих инерционность измерительных устройств, на основе динамических фильтров типа Калмана. Описаны различные алгоритмы динамической фильтрации с точки зрения их вычислительной устойчивости. Предложены процедуры регуляризации решения уравнений фильтрации, основанные на методе регуляризации и сингулярном разложении. Эти алгоритмы позволяют повысить вычислительную устойчивость динамической фильтрации с учетом инерционности измерительных устройств и могут быть применены в информационно-измерительных системах для обработки данных наблюдений.

Ключевые слова: алгоритмы динамической фильтрации 1, инерционность измерительного устройства 2, устойчивость 3, регуляризация 4, сингулярное разложение 5.

Annotatsiya. Maqolada o'ltchov qurilmalarining inersionligini hisobga olgan holda barqaror filtratsiya algoritmlarini ishlab chiqish va yaratish masalalari ko'rib chiqiladi. Tadqiqot Kalman tipidagi dinamik filtrlar asosida olib boriladi. Hisoblash barqarorligi nuqtai nazaridan turli dinamik filtratsiya algoritmlari tavsiflanadi. Filtratsiya tenglamalarini yechish uchun muntazamlashtirish protseduralari taklif etiladi, ular muntazamlashtirish usuli va singulyar ajratish asosida qurilgan. Ushbu algoritmlar o'ltchov qurilmalarining inersionligini hisobga olgan holda dinamik filtratsiyaning hisoblash barqarorligini oshirishga imkon beradi va kuzatuv ma'lumotlarini qayta ishlash uchun axborot-o'ltchov tizimlarida qo'llanilishi mumkin.

Tayanch so'zlar: Dinamik filtratsiya algoritmlari 1, O'ltchov qurilmasining inersionligi 2, Barqarorlik 3, Muntazamlashtirish 4, Singulyar ajratish 5.

1. Введение

В прикладных задачах часто возникают проблемы синтеза информационно-измерительных систем для обработки данных наблюдений за состоянием динамических

систем. Эти задачи появляются на различных этапах проектирования и особенно важны при анализе экспериментальных данных.

Рассмотрим вопросы разработки процедур построения моделей состояния динамических систем и алгоритмов фильтрации с учетом инерционности измерительных устройств. Такие ситуации часто встречаются в прикладных задачах, когда наблюдаемый сигнал контролируется инерционным измерительным устройством и подвержен шуму измерения. В этих случаях нарушаются стандартные условия фильтрации, что требует применения методов преобразования векторно-матричных уравнений, описывающих динамику исходной системы и измерительного устройства.

Для соблюдения общих условий фильтрации в рассматриваемом случае составляется эквивалентная расширенная динамическая система, содержащая случайный процесс с коррелированными значениями [2-6]. Таким образом, в теории динамической фильтрации и прогнозирования Калмана-Бьюси в частности, представляют гауссовские марковские случайные процессы и случайные последовательности. Практическое использование гауссовских марковских случайных процессов определяется рядом факторов, к которым в первую очередь можно отнести возможность аппроксимации с высокой точностью реальных случайных процессов гауссовскими марковскими процессами; возможность сведения методом линейных преобразований произвольного гауссовского случайного процесса с конечным числом производных к эквивалентному гауссовскому марковскому случайному процессу; целесообразность аппроксимации негауссовских случайных процессов гауссовскими марковскими случайными процессами [3,5,7,8]. Указанные факторы, определяющие широкую распространенность гауссовских марковских случайных процессов, являются наиболее важными в прикладных вопросах построения моделей линейных динамических систем [1,2,5].

Статистическая обработка информации, основанная на теории оптимальной фильтрации Калмана-Бьюси, предполагает техническую реализацию на базе цифровых ЭВМ. В связи с этим большое практическое значение приобретают алгоритмы фильтрации, использующие рекуррентные методы обработки статистической информации. Следовательно, особый интерес в прикладных задачах имеет дискретная оптимальная фильтрация [1,3,5]. Математическое описание дискретных фильтров проводится в рамках разностных или рекуррентных уравнений, которые тесно связаны с дифференциальными уравнениями, составляющими основу классического исследования непрерывных процессов. Разностные уравнения, позволяющие исследовать последовательность состояний дискретных систем, легко реализуются с помощью цифровых ЭВМ, причем дискретный фильтр Калмана определяет только алгоритм обработки данных, предназначенных для реализации на ЭВМ, и не характеризует тип ЭВМ и необходимое математическое обеспечение.

В работе рассматриваются вопросы формирования и построения устойчивых алгоритмов фильтрации с учетом инерционности измерительного устройства на основе динамических фильтров калмановского типа.

2. Методы

Рассмотрим задачу динамического оценивания:

$$x_{i+1} = Ax_i + \Gamma w_i, \quad i = 0, 1, \dots, k-1,$$

где x_i - n -вектор состояния, w_i - r -мерная гауссовская чисто случайная последовательность с нулевыми средними и матрицей ковариаций Q .

Измерения описываются уравнением

$$z_i = Hx_i + v_i, \quad i = 0, 1, \dots, k, \quad (1)$$

где z_i - p -мерный вектор измерения, v_i - p -мерная гауссовская марковская последовательность, которую можно получить с помощью многошагового формирующего фильтра

$$v_{i+1} = \Psi v_i + \xi_i.$$

Здесь ξ_i – p -мерная гауссовская чисто случайная последовательность с нулевыми средними и матрицей ковариаций Q^* .

На основе принципа расширения моделей [2] рассматриваемую задачу оценивания можно привести к виду

$$y_{i+1} = A^\alpha y_i + \Gamma^\alpha \eta_i, \quad (2)$$

$$z_i = H^\alpha y_i, \quad (3)$$

где

$$A^\alpha = \begin{bmatrix} A & 0 \\ 0 & \Psi \end{bmatrix}, \quad \Gamma^\alpha = \begin{bmatrix} \Gamma & 0 \\ 0 & E \end{bmatrix}, \quad \eta_i = \begin{bmatrix} w_i \\ \xi_i \end{bmatrix}, \quad H^\alpha = [H \quad E].$$

$$y_i = \begin{bmatrix} x_i \\ v_i \end{bmatrix}.$$

Из уравнений (2) и (3) видно, что измерения (1) по отношению к вектору y_i являются «точными», т.е. они не содержат чисто случайного шума.

Таким образом, особенностью рассматриваемой задачи фильтрации является предположение о коррелированности помехи измерений v_i . В этом случае при дополнительном предположении о гауссовости $x_0, \{w_i\}, \{v_i\}$ имеем [3,5]:

$$\hat{x}_k = E\{x_k | z_0, z_1, \dots, z_k\}.$$

Оценка $\hat{x}_k$ имеет следующие свойства []:

1. несмещенность:

$$E\{\hat{x}_k\} = x_k;$$

2. минимальность дисперсий:

$$trE\{(x_k - \hat{x}_k)(x_k - \hat{x}_k)^T\} = \min_{\tilde{x}_k} trE\{(\tilde{x}_k - x_k)(\tilde{x}_k - x_k)^T\},$$

где $\tilde{x}_k$ – любая несмещенная, линейная по $z_0, z_1, \dots, z_k$ оценка для x_k ; tr – след матрицы. Эти свойства характеризует $\hat{x}_k$ как наилучшую линейную несмещенную оценку.

Предположим, что $(k+1)$ -ое наблюдение осуществляется без ошибок. Тогда

$$z_{k+1} = H_{k+1} x_{k+1}. \quad (4)$$

Соотношение (4) можно интерпретировать следующим образом

$$z_{k+1} = H_{k+1} x_{k+1} + v_{k+1},$$

где v_{k+1} – случайное возмущение, имеющее нулевое среднее и нулевую матрицу ковариаций.

Тогда на основе известных уравнений фильтра Калмана [3,5,7] можно записать следующие уравнения многошагового фильтра для расширенной системы (2) и (3):

$$\hat{y}_k = A^\alpha \hat{y}_{k-1} + K_k^\alpha (z_k - H^\alpha A^\alpha \hat{y}_{k-1}), \quad (5)$$

$$K_k^\alpha = M_k^\alpha (H^\alpha)^T [H^\alpha M_k^\alpha (H^\alpha)^T]^{-1}, \quad (6)$$

$$M_{k+1}^\alpha = A^\alpha P_k^\alpha (A^\alpha)^T + \Gamma^\alpha Q^\alpha (\Gamma^\alpha)^T, \quad (7)$$

$$P_k^\alpha = M_k^\alpha - M_k^\alpha (H^\alpha)^T [H^\alpha M_k^\alpha (H^\alpha)^T]^{-1} H^\alpha M_k^\alpha, \quad (8)$$

где

$$Q^\alpha = \begin{bmatrix} Q & 0 \\ 0 & Q^* \end{bmatrix}.$$

Анализируя соотношения (6) и (8) можно видеть, что вычисления по этим выражениям обладают низкой вычислительной устойчивостью. Это обусловлено тем, что матрица $H^a M_k^a (H^a)^T$ может быть плохо обусловленной, и вследствие этого вычисление матрицы, обратной к $H^a M_k^a (H^a)^T$, может быть весьма неточным. По существу это связано с тем, что в фильтре, описываемым выражениями (5) – (8) имеет место случай, когда измерения осуществляются точно, т.е. без ошибок.

Этих трудностей можно избежать, если использовать следующий динамический фильтр [1,3]:

$$\hat{x}_k = \bar{x}_k + K_k (\zeta_k - H^* \bar{x}_k), \quad (9)$$

$$\bar{x}_{k+1} = A \hat{x}_k + D (\zeta_k - H^* \hat{x}_k), \quad (10)$$

$$K_k = P_k (H^*)^T R^{-1}, \quad (11)$$

$$P_k = M_k - M_k (H^*)^T (H^* M_k (H^*)^T + R)^{-1} H^* M_k, \quad (12)$$

$$M_{k+1} = (A - D H^*) P_k (A - D H^*)^T + \Gamma Q \Gamma^T - D R D^T, \quad (13)$$

где R , D и S определяются уравнениями.

$$R = H \Gamma Q_k \Gamma^T H^T + Q^*,$$

$$D = \Gamma S R^{-1},$$

$$S = Q \Gamma^T H^T,$$

$$\zeta_k = z_{k+1} - \Psi z_k$$

или

$$\zeta_k = H^* x_k + \varepsilon_k,$$

где

$$H^* \equiv H A - \Psi H \text{ и } \varepsilon_k \equiv H \Gamma w_k + \xi_k.$$

Однако в этой задаче имеются две особенности: выбранное измерение ζ_k по отношению к действительному измерению z_k запаздывает на один шаг; шумы в системе и измерениях коррелированы. Размерность этого фильтра n , тогда как размерность фильтра (5) – (8) для расширенного вектора состояния равна $(n+p)$. Измерения z_k можно рассматривать как p точных измерений, содержащих $(n+p)$ переменных x_k и v_k .

В случае, если в уравнениях (11) и (12) матрица $R \equiv H \Gamma Q \Gamma^T H^T + Q^*$ невырожденная, процесс вычисления компонент K_k и D не является плохо обусловленным. В случае вырожденной R целесообразно использовать фильтр вида [3]:

$$\hat{x}_k = \bar{x}_k + K_k (\zeta_k - H^* \bar{x}_k),$$

$$\bar{x}_{k+1} = A \hat{x}_k + \Gamma S [H^* M_k (H^*)^T + R]^{-1} (\zeta_k - H^* \bar{x}_k), \quad (14)$$

$$K_k = M_k (H^*)^T [H^* M_k (H^*)^T + R]^{-1}, \quad (15)$$

$$P_k = (E - K_k H^*) M_k (E - K_k H^*) + K_k R K_k^T, \quad (16)$$

$$M_{k+1} = A P_k A^T + \Gamma Q \Gamma^T - \Gamma S [H^* M_k (H^*)^T + R]^{-1} S^T \Gamma^T - A K_k S^T \Gamma^T - \Gamma S K_k^T A^T. \quad (17)$$

3. Результаты

Для обеспечения устойчивости процедуры фильтрации оказывается желательным вместо уравнений (6), (8) и (14), (15) и (17) использовать соответственно следующие соотношения:

$$\begin{aligned}
 K_k^\alpha &= M_k^\alpha (H^\alpha)^T \cdot g_\alpha^a(C_k), \\
 P_k^\alpha &= M_k^\alpha - M_k^\alpha (H^\alpha)^T \cdot g_\alpha^a(C_k) \cdot H^\alpha M_k^\alpha, \\
 g_\alpha^a(C_k) &= (C_k + \alpha I)^{-1}, \quad C_k = [H^\alpha M_k^\alpha (H^\alpha)^T]; \\
 \bar{x}_{k+1} &= A\hat{x}_k + \Gamma S \cdot g_\alpha(C'_k)(\zeta_k - H^* \bar{x}_k), \\
 K_k &= M_k (H^*)^T \cdot g_\alpha(C'_k), \\
 M_{k+1} &= AP_k A^T + \Gamma Q \Gamma^T - \Gamma S \cdot g_\alpha(C'_k) S^T \Gamma^T - AK_k S^T \Gamma^T - \Gamma SK_k^T A^T, \\
 g_\alpha(C_k) &= (C'_k + \alpha I)^{-1}, \quad C'_k = [H^* M_k (H^*)^T + R].
 \end{aligned}$$

где $g_\alpha^a(C_k)$ и $g_\alpha(C'_k)$ – порождающие системы функций для метода регуляризации [9,10], α – параметр регуляризации, I – единичная матрица. Здесь параметр регуляризации α целесообразно выбирать на основе способа модельных примеров или моделирования [11].

Если матрица $(H^\alpha M_k^\alpha (H^\alpha)^T)^{-1}$ не существует, то это означает, что в (4) входят некоторые уравнения (а именно $p-r$ уравнений, r – ранг матрицы H_{k+1}), линейно зависящие от r остальных. Поэтому эти уравнения можно исключить из (4). После исключения вместо z_{k+1} – получаем z_{k+1}^* – r -мерный вектор, и теперь можно полагать существующей подобную обратную матрицу в новой задаче.

Для реализации алгоритмов устойчивой фильтрации (5)-(8) и (14)-(17) также оказывается целесообразным использовать концепции сингулярного разложения [12-14]. Сингулярное разложение позволяет найти ортогональные базисы различных векторных пространств разлагаемой матрицы. При этом используются разные свойства сингулярного разложения, например, способность показывать ранг матрицы, приближать матрицы данного ранга, вычислять обратные и псевдообратные матрицы.

Рассмотрим процедуру устойчивой фильтрации на основе уравнений (5) – (8) с использованном ортогональной матрицы s_k [12,14]. Приведем C_k к диагональному виду

$$\begin{aligned}
 s_k^T C_k s_k &= \Lambda_k, \\
 \Lambda_k &= \text{diag}(\lambda_1, \lambda_2, \dots, \lambda_p, 0, \dots, 0) = \begin{pmatrix} \tilde{\Lambda} & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}.
 \end{aligned}$$

Исходя из матрицы Λ_k можно написать

$$\begin{aligned}
 z_{k,1}^{(1)} &= H_{k,1}^{(1)} x_k + v_k^{(1)}, \\
 z_{k,2}^{(1)} &= H_{k,2}^{(1)} x_k,
 \end{aligned}$$

где $z_{k,i}^{(1)}$, $H_{k,i}^{(1)}$ ($i = 1, 2$) определяются на основе уравнений [4,12]

$$z_k^{(1)} = s_k^T z_k = (z_{k,1}^{(1)}, z_{k,2}^{(1)})^T$$

и

$$H_k^{(1)} = s_k^T H_k = (H_{k,1}^{(1)}, H_{k,2}^{(1)})^T$$

соответственно.

Принимая во внимание, что $s_k^T C_k s_k = \Lambda_k$, можно написать $C_k = s_k \Lambda_k s_k^T = s_{k,1} \tilde{\Lambda} s_{k,1}^T$. Тогда $C_k^+ = s_{k,1} \tilde{\Lambda}^{-1} s_{k,1}^T$ что удовлетворяет всем следующим уравнениям, которые единственно определяют псевдообратную к C_k матрицу:

$$\begin{aligned}
 C_k^+ C_k &= I, \\
 C_k C_k^+ &= I, \\
 C_k^+ C_k C_k^+ &= C_k^+,
 \end{aligned}$$

$$C_k C_k^+ C_k = C_k.$$

Таким образом, можно прийти к оценке вида:

$$\tilde{X}_i = F_i^{(1)} \tilde{X}_{i-1} + F_i^{(2)} z_i, \quad F_i = \left(\underbrace{F_i^{(1)}}_n, \underbrace{F_i^{(2)}}_p \right),$$

которая зависит от $\tilde{X}_{i-1}$ и z_i .

4. Обсуждение

Разработанные устойчивые алгоритмы динамической фильтрации демонстрируют значительные преимущества в решении задач обработки данных в условиях, когда измерительные устройства обладают инерционностью. Использование расширенных моделей, включающих коррелированные шумы измерений, позволило учесть ключевые особенности реальных систем. Это расширяет возможности применения фильтров Калмана, делая их более адаптированными к сложным условиям измерений.

Одной из ключевых особенностей предложенных алгоритмов является использование методов регуляризации и сингулярного разложения. Эти методы значительно повышают вычислительную устойчивость фильтрации, особенно в случаях, когда матрицы, участвующие в расчетах, плохо обусловлены. Регуляризация позволяет избежать численных ошибок при вычислении обратных матриц, что делает алгоритмы более надежными для практического применения.

Кроме того, применение сингулярного разложения обеспечивает нахождение оптимальных базисов для разложения матриц, что облегчает расчет псевдообратных матриц и обеспечивает устойчивость вычислений даже в условиях значительных возмущений. Это особенно важно для информационно-измерительных систем, где точность обработки данных критически влияет на результаты анализа.

Рассмотренные подходы также демонстрируют высокую эффективность при решении задач с коррелированными шумами, что делает их применимыми в широком спектре задач, связанных с анализом и прогнозированием динамических систем. Это подтверждается теоретическими выкладками, представленными в работе, а также разработанными примерами реализации.

Таким образом, предложенные алгоритмы динамической фильтрации представляют собой значимый шаг в направлении повышения надежности и точности информационно-измерительных систем. Они могут быть использованы в различных областях, включая мониторинг состояния сложных технических систем, управление процессами и анализ данных в реальном времени.

5. Заключение

Приведенные алгоритмы позволяют повысить вычислительную устойчивость алгоритмов динамической фильтрации с учетом инерционности измерительного устройства и могут быть использованы в информационно-измерительных системах обработки результатов наблюдений за состоянием динамической системы.

Список литературы

- [1]. Ergashev, O. M., Turgunov, B. X., & Turgunova, N. M. (2023). Microprocessor Control System for Heat Treatment of Reinforced Concrete Products. *International journal of inclusive and sustainable education*, 2(5), 11-15.
- [2]. Ergashev, O. M., & Ergasheva, S. M. (2023). Foydalanuvchi interfeyslarida multimedia imkoniyatlari, axborot namoyish etish shakllari. *International Journal of Contemporary Scientific and Technical Research*, 179-181.
- [3]. Ergashev, O. M., & Turgunov, B. X. (2023). Intelligent optoelectronic devices for monitoring and recording movement based on hollow fibers. *central asian journal of mathematical theory and computer sciences*, 4(5), 34-38.
- [4]. Mirzapolatovich, E. O., Eralievich, T. A., & Mavlonzhonovich, M. M. (2022). Analysis of Static Characteristics Optoelectronic Level Converters Liquids and Gases Based on Hollow Light Guides. *European journal of innovation in nonformal education*, 2(6), 29-31.

- [5]. Mirzapo'lotovich, E. O., & Mirzaolimovich, S. M. (2022). Ta'limda jarayonida lms tizimlar taxlili. ta'lim va rivojlanish tahlili onlayn ilmiy jurnali, 118-122.
- [6]. Sobirovich, K. V., Mirzapulotovich, E. O., & Mirzaolimovich, S. M. (2023). Advantages of using LMS as a System for Monitoring, Evaluating and Monitoring Learning Outcomes.
- [7]. Shipulin, Y. G., Raimzhonova, O. S., Ergashev, O. M., & Usmanov, Z. K. (2021). Method for Ensuring Continuous Functioning of Multichannel Systems for Control and Recording of Water Composition in Seismic Wells.
- [8]. Mirzapulatovich, E. O., Eralievich, T. A., & Mavlonjonovich, M. M. (2022). Mathematical model of increasing the reliability of primary measurement information in information-control systems. Galaxy International Interdisciplinary Research Journal, 10(5), 753-755.
- [9]. Ergashev, O. (2023). Android platformasiga dastur ta'minot yozishda dasturlash tilini tanlash ahamiyati. Engineering problems and innovations.
- [10]. Ergashev, O. (2023). Elektron hujjat almashinuvining o'ziga xos xususiyatlari. Engineering problems and innovations.
- [11]. Ergashev, O. (2023). Axborot texnologiyalariga oid qonun va qarorlarning informatika va axborot texnologiyalari fanini o'qitishdagi ahamiyati. Engineering problems and innovations.

UDK 628.32(047)

**OQOVA SUV CHUKINDILARINI QAYTA ISHLAB TUPROQ UNUMDORLIGINI
OSHIRUVCHI KOMPONENTLAR OLISHNI ENERGIYA VA RESURS TEJAMKOR
USULI**

M.G. Xurramov, Z.Sh. Nazirov, D.M. Xurramova, N.B. Juraeva

Qarshi davlat universiteti, khurramov58@mail.ru
(Qabul qilindi 10.02.2025 y.)

Annotatsiya. Maqolada tarkibida 55% organic aralashma bor pilla chuvashni texnologik oqova chukindilarini quyosh uskunasi foydalanib qayta ishlash natijalari keltirilgan. Tarkibdagi patogen mikrofloralar va gelmint urug'larini yuq qilish vaqti 85-92°C haroratda 20-30 min. Birikmalar tayyorlash uchun qo'shimchalar sifatida zararsizlantirish xossasiga ega tog' jinslaridan suvo'tli ohaktoshlar aralashtirildi. Usul oqova chukinlaridan ikkilamchi qayta foydalanish imkoniyatini yaratadi.

Tayanch so'zlar: pilla chuvash, texnologik oqova, chukindi, quyosh uskunasi, qayta ishlash, zararsizlantirish, qo'shimcha, tog' jinsi, o'g'it.

Аннотация. Представлены результаты переработки осадки технологических стоков кокономотального производства с использованием солнечной установки. Твердые осадки технологических стоков содержат 55% органических смесь. Режим пастеризации 85-92°C, с выдерживанием 20-30 мин. В композиции качестве добавки использовали горный водорослевый известняк, обладающий дезинфицирующим воздействием в отношении бактерий и вирусов. Способ позволяет вторично использования осадки стоков.

Ключевые слова: размотка коконов, технологических сток, осадка, солнечная установка, обработка, пастеризация, добавка, горная порода, удобрения.

Abstract. The results of processing the sediment of technological wastewater from a cocoon-winding plant using a solar installation are presented. The solid sediment of technological wastewater contains up to 55% of organic matter. The pasteurization mode is 85-92°C, with a holding time of 20-30 minutes. Mountain algal limestone, which has a disinfectant effect on bacteria and viruses, was used as an additive in the composition. The method allows for the secondary use of wastewater sediment.

Key words: unwinding of cocoons, technological runoff, sediment, solar installation, processing, pasteurization, additive, rock, fertilizers.

Kirish. Bugungi kunda atrof-muhit muhofazasi muammosi eng dolzarb muammolardan hisoblanadi, u jahonning turli mamlakatlarida o'zining keskinlik darajasi bo'yicha har xil muammolarni keltirib chiqarmoqda. Shular jumlasidan biri tozalash inshootlaridagi loyqa chiqarish maydonlarida katta hajmlarda yig'ilib qoladigan texnologik oqova chukindilari ham atrof-muhitga o'ziga xos xususiyatlardan kelib chiqib turlicha ta'sir o'tkazadi. Ularning kimyoviy

tarkibida foydali mikroelementlar bilan birga atrof uchun juda xavfli, zararli texnogen radionuklidlar, og‘ir metallar, har-xil kasallik tarqatuvchi gelmint urug‘lari patogen mikrofloralar va boshqalar bo‘ladi [3,4,5,6].

Ilmiy manbalar analizi shuni ko‘rsatdiki, turli sanoat ishlab chiqarishlarida hosil bo‘luvchi oqovalarni qattiq chiqinlarini zararsizlantirishni ko‘p xarajat talab qiladigan yoqish, qizdirish va boshqa usullari haqida ma‘lumotlar keltirilgan [7,9,12].

Turli sanoat texnologik oqova suv cho‘kmalarini qo‘yosh energiyasidan foydalanib oldin zararsizlantirish keyin foydali ikkilamchi qayta ishlashlashni resurstejamkor usullarga bag‘ishlangan doir alohida ishlar yo‘q.

Yuqorida keltirilganlarga asoslanib, sanoat ishlab chiqarish joylarining texnologik oqova suvlar hosil qiladigan ishlatishga yaroqli foydalish mumkin bo‘lgan chukindilarni ikkilamchi qayta ishlab o‘g‘itlar uchun organik-mineral qo‘shimchalar tayyorlashni energiya va resurs tejamkor usullarini yaratish atrof-muhit muhofazasi muammosini keskinlashishi va tabiiy resurs zahiralarni kamayishi yuz berayotdan vaqtda muhim ilmiy-amaliy ahamiyatga egadir.

Bir qator soha ishlab chiqarishlarida shu jumladan to‘qimachilik sanoatining tut ipak qurtidan olingan pillalarni chuvab, undan xom-ipak ishlab chiqarish jarayonlarini tashlama texnologik oqova suv chukindilari tarkibida seristin moddasini erishi natijasida 55% organik moddalarni N, P va K mikroelementlar tutgan birikmalari bo‘ladi [8,10,11].

Ishning maqsadi. Pilla chuvab xom ipak ashyosi ishlab chiqarish jarayonlarida hosil bo‘lgan texnologik oqovalar tarkibidagi chunkmalardan o‘gitlarga qo‘shimcha sifatida ishlatiladigan zararsiz organik-mineral birikmalar tayyorlashni energiya va resurs tejamkor usulini yaratishdir.

Tadqiqot metodologiyasi: texnologik oqova suv tarkibini o‘rganishda gravimetrik, titrimetrik, kolorimetrik, spektrofotometrik va elektrometrik fizik-kimyoviy analiz usullardan foydalanildi. O‘lchovlar texnik-meyoriy hujjatlar asosida bajarildi [1,2, 4,5,6].

Tahlil va natijalar: muammoni o‘rganish va usulni ishlab chiqarish sharoitlarida sinash uchun tayanch obekt sifatida Shahrisabz «Kumush tola» pillakashlik fabrikasi texnologik oqova suv chukindilari tanlandi.

Quyidagi jadvalda Shahrisabz «Kumush tola» fabrikasini pilla pishitish va undan chuvab xom-ipak ishlab chiqarish jarayonlarida hosil bo‘lgan texnologik oqova suv tarkibi ko‘rsatkichlari keltirilgan.

Jadval
**Pilla pishitish va chuvab xom-ipak ishlab chiqarish jarayonlarida hosil bo‘lgan
texnologik oqova suv tarkibi**

Ko‘rsatkichlar	O‘lchov birlik	Miqdor
Harorat	°C	26-34
20°C haroratdagi hidi	ball	4,1±1,5
Oasma aralashnalar	mg/dm ³	250-400
Quruq qoldiq	mg/dm ³	1000-1100
Quruq qoldiq g‘ovakligi	%	50-55
BKK _{to‘liq}	mg/dm ³	580-680
Vodorod ko‘rsatkich	pH	6,8-8,6
Azot ammosiy tuzlari	mg/dm ³	28-32
Sul‘fatarlar	mg/dm ³	160-190
Yog‘lar	mg/dm ³	35-200
Fosfatlar	mg/dm ³	3,5-5,5
2 litr hajmli oqovani 2 soat tindirishda hosil bo‘lgan chukmasi	%	2,4-2,6

Jadvalda keltirilgan ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, texnologik oqova suv tarkibdagi quyidagi moddalar miqdori: fosfatlar, azot ammohiy tuzlari, yog'lar va sul'fatalardan o'g'itlarga qo'shimcha sifatida foydalanish uchun organik-mineral birikmalar aralashmasi tayyorlash mumkinligini ko'rsatadi.

Ishlab chiqilgan energiya va resurs tejamkor usuli quyidagi bosqichlardan iborat:

1. Pillalarni pishitish va chuvab xom-ipak ishlab chiqarish jarayonlaridan hosil bo'lgan texnologik oqova suvlarni fabrika tozalash inshootida tindirish orqali chukmalar hosil qiluvchi loyqa maydonida teshikchali asosga urnatilgan tabiiy donador qum va chag'aldan tayyorlangan fil'tr materialidan utkazilib suvsizlantiriladi hamda quritiladi. Maydonda hosil bo'lgan qo'ruq chukindi chiqish miqdori quyidagi 1-formula orqali aniqlanadi.

$$M = \frac{QCS}{100n} \quad (1)$$

Bu erda: Q – tozalash inshooti loyqa maydoniga chiqarilgan texnologik oqova suv miqdori, m³/sutka;

C – maydonda hosil bo'lgan qattiq cho'kma miqdori, mg/dm³;

S – loyqa maydoni samaradorligi, %;

n – texnologik oqova suv tashlangan maydon soni, (bizda n=1dona)

Chukindilari atrof-muhitga xavfli darajasi quyidagi 2- formula orqali topiladi.

$$Ki = \frac{Ci}{wi} \quad (2)$$

Bu yerda: Ki – cho'kma komponentlarini atrof-muhitga xavfli darajasi;

Ci – cho'kmadagi komponent miqdori (mg/kg);

Wi – cho'kma komponentlarini atrof-muhitga xavfli daraja koeffitsiyenti;

Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, loyqa maydonida hosil bo'ladigan chukindilar sanitar-gigiyenik meyorini xavfli sinfi bo'yicha xavf darajasi kam miqdorli IV guruhga mansubligi aniqlandi [6].

Maydonida urnatilgan tabiiy fil'trlash materialini foydali yuza maydoni quyidagi 3-formula orqali aniqlanadi.

$$Ki = \frac{C_{t.i} \cdot 365}{q_{ch} \cdot k_h} \quad (3)$$

Bu erda: C_{t.i} – tozalash inshooti maydonida hosil bo'lgan cho'kma miqdori, t/sutka;

q_{ch} – fil'trlash materialini bir m² yuza maydonida quyiladigan yuklama miqdori, m³/(m²·yil);

k_h – chukindini hajmiy miqdorini kamayish koeffitsienti.

Uning miqdor quyidagi 4-formula orqali aniqlanadi.

$$k_h = a \cdot b \quad (4)$$

Bu erda: a – chukindinii chirigan holatda hajmiy miqdorini kamayishi;

b – chukindinii zichlangan holatda hajmiy miqdorini kamayishi;

Bizning tadqiqot usulida k_h=4 bo'lib, O'zbekiston iqlim sharoitida nam chukindini hajmini kamayishi 85-87% bo'ldi.

2.Loyqa maydonida maydoniga chiqarilgan texnologik oqova suvni suvsizlantirish jarayoni tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, filtrlash materialni m² yuza maydonida texnologik oqova suv quyiladigan yuklama miqdori o'rtacha 12m³ hajmni tashkil etdi. Suvsizlantirishni miqdoriy samaradorligi 20-25 minut davomida 80% tashkil etdi. Filtrlash bosqichida ajratilgan texnologik oqova suv tozalash uchun fabrika kanalizasiyasiga tashlanadi.

Qarchi DU ilmiy-texnik bazasida o'tkazilgan tadqiqotlar asoslanib, suvsizlantirilgan texnologik oqova suv chukindilariga O'zbekiston iqlim sharoitida quyosh energiyasidan foydalanib termik ishlov berish uchun tajriba uskunasi yaratildi (1a,b-rasm).

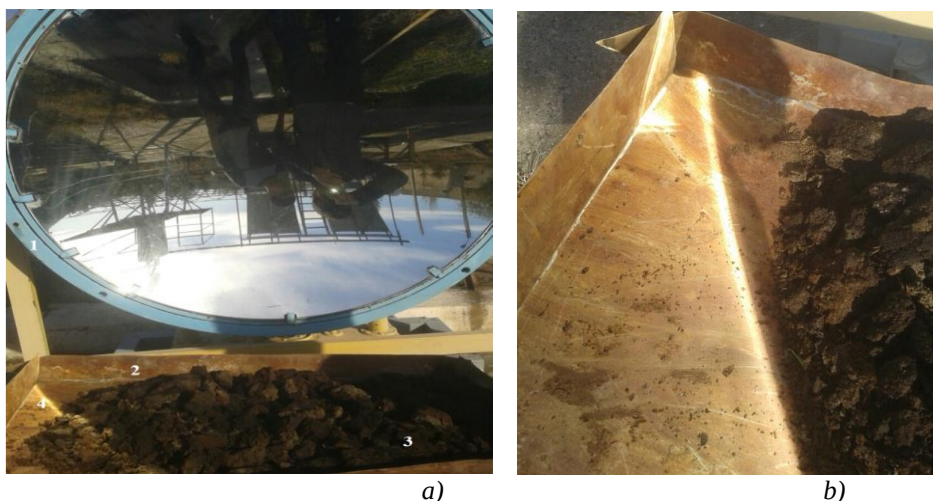
Tayyorlangan tajriba uskunani texnik o'lchovlari: konsentrator oynasi aylana diametri –3200 mm; oyna radiusi –1600mm; focus oraligi –1160mm; quyosh energiyasidan foydalanish koeffitsienti – 40%; ish unumdorligi –110 kg/soat; moslamani foydali ish maydini –2,5m²; moslama materialini issiqlik hajmi – 0,50 Kdj/(kg·grad); moslama materialini zichligi –7860 kg/m³; moslama

materialini issiqlik o'tkazuvchanligi – $47,0 \text{ Vt}/(\text{m} \cdot \text{grad})$; moslamada ishlov berilayotgan chukindi qalinligi – 150 mm .

O'zbekiston Respublikasini geografik joylashuvi usulda quyosh energiyasidan samarali foydalanish imkonini beradi. Chunki yil davomida quyoshli kunlar soni $260-280$ kun oralig'ida bo'lib, 1 m^2 tushadigan o'rtacha yillik energiya qiymati 1600 kVt/soat . Quyosh tik kelganda perpendikulyar yuzada to'g'ri tushadigan nurlanish energiyasi intensivligi maksimal darajada $960-1050 \text{ Vt/m}^2$ og'ishda esa minimal qiymati $525-650 \text{ kVt/soat}$ tashkil etadi. Bundan tashqari xafli ultrabinafshaning (UB) ionlashtiruvchi nurlar oqimini o'rtacha tushish energiya qiymati $2,1-2,7 \text{ mkkal/sm}^2 \cdot \text{minut}$ bo'lib, zararsizlantirish jarayonning samarali bo'lishni ta'minlaydi. Ultrabinafsha ionlashtiruvchi nurlari ta'sirida har-xil kasallik tarqatuvchi gelmint urug'lari patogen mikrofloralarni va chukmadagi boshqa tirik organizmlarning DNK va RNK tashkil etuvchi nuklein kislotalari uchun falokatli bo'ladi. Natijada chukindilarni zararsizlantirish uchun qo'shimcha ximikat xarajatlari talab qilinmaydi.

3. Chuqindilar dastlab $30-35^\circ\text{C}$ haroratda termik uskuna moslamasida quritish jarayoni bajariladi. Sanitar-gigiyenik meyorlarni xavfsizlik talablariga asosan har-xil kasallik tarqatuvchi gel'mint urug'lari va patogen mikrofloralarni zararsizlantirish jarayonlari $28-30$ minut davomida $86-93^\circ\text{C}$ haroratda termik ushlov berish orqali amalga oshirildi.

Quyosh konsentratori (1) fokusida turgan issilikni yaxshi utkazadigan uskuna moslamasini (2) harorati $13-15$ minut davomida 200°C ga ko'tarildi (1b-rasm). Otash moslama yuzasidan issiqlik ishlov berilayotgan chukindini (3) qizdiradi va issiq bug' ko'tarila boshlaydi. Issiqlikni chukindi massasiga o'tib bir xil tarqalishini tezlashtirish uchun cho'kmani $4-5$ marta belkurak yordamida aralashtirib turish kerak bo'ladi. O'tkazilgan tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, usulda quruq chukindilarni chiqish miqdori $85-90\%$ bo'ladi.



1-rasm. Texnologik oqova suv chukindilariga ishlov berishni termik uskunasi.
1-quyosh konsentratori, 2-moslama, 3- quruq chukihdi.

Uskuna moslamasini foydali ish maydoni quyidagi 5-formula orqali aniqlanadi.

$$F = \frac{Q_{havo}}{K \Delta t \varphi} \quad (5)$$

Bu erda: Q_{havo} – moslamada chukindi hajmiga o'tgan issiq havo miqdori;

K - tekis yuzani issiqlik uzatishini umumiy koeffitsiyenti, $\text{Vt/m}^2 \cdot \text{K}$;

$\varphi=0,75$ – moslama tayyorlangan metal material yozasini va chukindi bilan tutashgan joydagi faollikni hisobga olish koeffitsiyenti;

$\Delta t = t_{i.havo} - t_{o'rtacha}$; harorat bosimi;

$t_{i.havo}$ – issiq havo harorati;

$t_{o'rtacha}$ – havoni o'tacha harorati;

Moslamani qizigan yuza maydoni quyidagi 6-formula orqali aniqlanadi:

$$F = \frac{W}{\beta \tau} \quad (6)$$

Bu erda:

W- chukindidan chiqarilishi zarur namlik massasi, %

β - empirik qiymat, β - 0,5-3,5kg/ (m²·soat).

τ - vaqt soatda.

Bug' bo'lgan namlik massasi quyidagi 7 va 8-formulalar orqali aniqlanadi:

$$W = G_b \frac{b_n - o_n}{100 - o_n} \quad (7)$$

$$W = G_o \frac{b_n - o_n}{100 - b_m} \quad (8)$$

Bu erda: **G_b va b_m** – quritish jarayoni boshidagi chukindining boshlang'ich massasi va namligi;

G_o и o_n – quritilgan chukindining oxirgi massasi va namligi;

G_b va G_o – chukindi massasi moslamaga yuklash va tukishda aniqlanadi, kg

4. Zararsizlantirish jarayonini samaradorlini oshirish va kuydirilgan chukindidan tuproq holatini yaxshilovchi va o'g'itlarga qo'shimcha sifatida foydalanish uchun chukindilarni umumiy massasidan 7% og'irlikda Hisor tog' suvo'ti qoldiqlaridan hosil bo'lgan ohaktoshli maydalangan jinslar 60-70°C haroratda qushilib yaxshi aralashtiriladi va 5 kun davomida ushlab turiladi, bunda massani vodorod ko'rsatkichi (pH) 6,5-7,6 keladi hamda tarkib barqaror bo'ladi. Hisor tog' suv o'ti qoldiqlaridan hosil bo'lgan ohaktosh jinslarni kimyoviy tarkibi % hisobida: SiO₂–5.2; TiO₂–0.05; Al₂O₃–0.8; Fe₂O₃+FeO–0.55; MnO–0.05; CaO–43.0; MgO–8.0; K₂O–0.3; Na₂O–0.05; H₂O–0.75; P₂O₅–0.04; CO₂–41.5; SO₃–0.04; S–0.08.

Xulosa. Usulni amalga oshirishda olingan natijalar shuni ko'rsatdiki, pillani pishitish va xom-ipak ishlab chiqarish jarayonlarida hosil bo'lgan texnologik oqova suv chukindilarini quyosh energiyasida ishlaydigan uskunada ikkilamchi qayta ishlash, tabiiy resurslarni tejaydi hamda atrof-muhit uchun ekologik xavfni kamaytiradi. Usul elektr energiyasi, material va yoqilg'i talab qilmaydi, aholi yashash joylaridan yiroqda bo'lgan oqova suvlarni tozalash inshootlarida avtonom holatda qo'llash mumkin. Chukindilardan chiqitsiz organik-mineralli qo'shimchalar tayyorlash imkoniyatini beradi. Ishlab chilgan mahsulotlar sotish orqali qo'shimcha daromad olishni ta'minlaydi. Uskunani ekspluatatsiyasi oson, oddiy, kam joy egallaydi, tayyorlash material sarfi kam, tez montaj va demontaj qilinadi, ishlatishda malakali xodimlar talab qilinmaydi hamda qushimcha ish o'rinlari yaratadi.

Adabiyotlar

- [1]. Вострова, Р.Н. Анализ требований к составу и свойствам осадков сточных вод и разработка технических условий для использования осадков сточных вод в качестве удобрений, Гомель, 2003. - 93 с.
- [2]. Гуляева, И.С. Анализ и обоснование методов обезвреживания и утилизации осадков сточных вод биологических очистных сооружений // Вестник ПНИПУ. Охрана окружающей среды, транспорт, безопасность жизнедеятельности. - 2012. - № 2. - С. 18-32
- [3]. Гюнтер Л.И. Состояние и перспективы обработки и утилизации осадков сточных вод // Водоснабжение и санитарная техника. – 2005. - № 12. - С. 5-9
- [4]. ГОСТ Р 54534-2011. Ресурсосбережение. Осадки сточных вод. Требования при использовании для рекультивации нарушенных земель.
- [5]. ГОСТ Р 54651-2011. Удобрения органические на основе осадков сточных вод. Технические условия.
- [6]. МУК 4.3.2030-05 «Санитарно-вирусологический контроль эффективности обеззараживания питьевых и сточных вод.- М., 2005.
- [7]. Обработка осадка сточных вод: полезный опыт и практические советы. - М.: авторское право 2012-125 с.
- [8]. Справочник. Шелкосырье и кокономотание, (под.редак. Э.Б. Рубинова) М.: Легпромбытиздат, 1986.-310с
- [9]. Туровский, И.С. Осадки сточных вод. Обезвоживание и обеззараживание. -М.:Lepirint, 2008. -375 с
- [10]. Уз РСТ 631-95, Ташкент, Мехнат, 1995.-10 с.
- [11]. Уз РСТ 630-95, Ташкент, Мехнат, 1995.-10 с.
- [12]. Цыбина А.В., Дьяков М.С., Вайсман Я.И. Состояние и перспективы обработки и утилизации осадков сточных вод // Экология и промышленность России. -2013. - № 12. -С. 56-61.

UDK 681.5.01.621.60-52

**ZAMONAVIY ELEKTR ENERGETIKA TIZIMLARINING ISHLASHINI BOSHQARISH
VA OPTIMALLASHTIRISH MODELLARI**

O.V. Porubay, M.M. Turdimatov

Muhammad al-Xorazmiy nomidagi Toshkent axborot texnologiyalari universiteti

Farg'ona filiali

(Qabul qilindi 10.02.2025 y.)

The article sets out the main tasks for building mathematical models for controlling the operating modes of electric power systems in the form of neuro-analytical networks. Also, a comprehensive analysis of methods for controlling and optimizing the operation of modern electric power systems designed for the transportation, distribution and consumption of electric energy is presented. A method for formalizing electric flows within electric power systems has been developed, which allows taking into account complex uncertainty factors. In the process of developing an energy management system, algorithmic solutions used in the implementation of a neuro-analytical network were implemented, as a result of which a hybrid approach was proposed, combining the best qualities of a fuzzy logic structure and artificial neural networks in the structure of neuro-analytical networks.

Keywords: Smart Grid concept, neural network, neuroanalytical network, Mamdani model, Takagi-Sugeno model, artificial neural network, fuzzy set, fuzzy network, fuzzification block, membership function.

Maqolada neyro-analitik tarmoq shaklida elektr energiya tizimlarining ish rejimlarini boshqarish uchun matematik modellarni qurish uchun asosiy vazifalar belgilab olingan. Shuningdek, elektr energiyasini tashish, taqsimlash va iste'mol qilish uchun mo'ljallangan zamonaviy elektr energetika tizimlarining ishlashini boshqarish va optimallashtirish usullarining har tomonlama tahlili keltirilgan. Elektr energetika tizimlari doirasida elektr oqimlarini rasmiylashtirish usuli ishlab chiqilgan bo'lib, bu murakkab noaniqlik omillarini hisobga olishga imkon beradi. Energiyani boshqarish tizimini ishlab chiqish jarayonida neyron-analitik tarmoqni o'rnatishda qo'llaniladigan algoritmik echimlar amalga oshirilgi, natijada neyro - analitik tarmoqlar o'z tuzilishida norovshan mantiqiy tuzilma va sun'iy neyrotarmoqning eng yaxshi sifatlarini birlashtirgan gibrid yondashuv usuli taklif qilingan.

Tayanch suz va iboralar: Smart Grid kontseptsiyasi, neyron tarmoq, neyro-analitik tarmoq, Mamdan modeli, Takagi-Sugeno modeli, sun'iy neyron tarmoq, norovshan to'plam, norovshan tarmoq, fazalashtirish bloki, a'zolik funktsiyasi.

В статье обозначены основные задачи построения математических моделей управления режимами работы электроэнергетических систем в виде нейроаналитических сетей. Также представлен комплексный анализ методов управления и оптимизации работы современных энергосистем, предназначенных для передачи, распределения и потребления электроэнергии. Разработан метод формализации перетоков мощности в рамках электроэнергетических систем, позволяющий учитывать сложные факторы неопределенности. В процессе разработки системы управления энергоресурсами были реализованы алгоритмические решения, используемые при реализации нейроаналитической сети, в результате чего был предложен гибридный подход, объединяющий лучшие качества структуры нечеткой логики и искусственной нейронной сети в структуре нейроаналитических сетей.

Ключевые слова: Концепция Smart Grid, нейронная сеть, нейроаналитическая сеть, модель Мамдани, модель Такаги-Сугено, искусственная нейронная сеть, нечеткое множество, нечеткая сеть, блок фазификации, функция принадлежности.

Kirish. Hozirgi zamon talabidan kelib chiqib, Respublikamizda energiya sarfi va elektr quvvatini yoqotilishini kamaytirish uchun ma'lumotlarning noaniqligi sharoitida elektr energetikasi tizimlarining ish rejimlarini optimal boshqarish usullarini takomillashtirishga katta e'tibor qaratilmoqda. Bu borada, 2022-2026-yillarga mo'ljallangan Yangi O'zbekistonni rivojlantirish

strategiyasida, jumladan “Iqtisodiyotni elektr energiyasi bilan uzluksiz ta’minlash hamda “Yashil iqtisodiyot” texnologiyalarini barcha sohalarga faol joriy etish, iqtisodiyotning energiya samaradorligini 20 foiziga oshirish...” [1] kabi muhim vazifalar belgilab berilgan. Mazkur vazifalarni amalga oshirishda zamonaviy boshqarish usullaridan foydalangan holda intellektual boshqaruv usullarini qo’llash orqali energetika ob’ektlarining energiya samaradorligini oshirish muhim vazifalardan biri hisoblanadi. O’zbekiston Respublikasida elektr energetika ob’ektlarining ish rejimlarini boshqarish jarayonini intellektuallashtirish, xususan, elektr energetika ob’ektlarining ish rejimlarini boshqarish nazariyasi va uslublarini ishlab chiqish bo’yicha qabul qilingan kompleks chora-tadbirlarga katta e’tibor qaratilmoqda.

Masalaning dolzarbligi. Ushbu tahlilga asoslanib, mualliflar neyro-analitik tarmoq shaklida elektr energiya tizimlarining ish rejimlarini boshqarish uchun matematik modellarni qurish uchun asosiy vazifalar belgilab olindi. Shuningdek, elektr energiyasini tashish, taqsimlash va iste'mol qilish uchun mo'ljallangan zamonaviy elektr energetika tizimlarining ishlashini boshqarish va optimallashtirish usullarining har tomonlama tahlili keltirilgan. Energiyani boshqarish tizimini ishlab chiqish jarayonida neyron-analitik tarmoqni o'rnatishda qo'llaniladigan algoritmik echimlar tavsiflanadi. Bundan tashqari, mualliflar Smart kontseptsiyasini amalga oshirish imkoniyatlari va istiqbollari baholash bo'yicha O'zbekiston Respublikasi energetika tarmog'i o'z pozitsiyalarini bildiradilar. Aholining turli qatlamlari, jumladan, energetika sanoati, kommunal xo'jalik sohasi mutaxassisleri, tarmoq Vazirliklari va idoralari, shuningdek, ilmiy muassasalar xodimlarida qiziqish uyg'otmoqda.

Hozirgi vaqtda elektr energetika ob’ektlarini (EEO) ishlash dinamikasini nazorat qilishning mavjud tizimlarida raqamli, shuningdek, zamonaviy texnik va apparat-dasturiy vositalardan foydalanish tufayli doimiy o'zgarishlar amalga oshirilmoqda, bu esa sifat ko'rsatkichlarini yaxshilash imkonini beradi, natijada energiya resurslarini tashish va iste'mol qilishda elektr energiyasini yo'qotilishini kamaytirishni ta'minlaydi [2].

Energiya iste'moli tizimlarining joriy holatini tizimli tahlil qilish noaniqlik omillarini har tomonlama baholash orqali energiya iste'molini avtomatlashtirilgan dispetcherlik nazorati tizimining samaradorligini oshirish zarurligini ko'rsatdi.

Smart Grid texnologiyasi tamoyillari asosida mintaqaviy elektr energetika tizimlari(EET)ning taqsimlash qurilmalari bo'ylab elektr energiyasini taqsimlash uchun moslashuvchan boshqaruv tizimlari kontseptsiyasini tizimli ravishda amalga oshirish dolzarb muammolardan biri xisoblanadi. Ushbu yo'nalishda dunyoning rivojlangan mamlakatlarida, xususan, NAT, Germaniya, Rossiya Federatsiyasi, Buyuk Britaniya, Yaponiya va h.k. ilmiy va amaliy ahamiyatga ega bo'lgan keng ko'lamli tadqiqotlar olib borilmoqda.

Muammoning muhokamasi. Maqolada muammolarni hal qilish uchun takrorlanuvchi neyron tarmoqni Mamdan algoritmi bilan birlashtiruvchi neyro-analitik tarmoqdan (NAT) foydalanish taklif etiladi [3]. Natijada foydalanilgan NAT norovshan mantiq va neyron tarmoqlar usullarini birlashtirgan gibrid usul bo'lsa, sun'iy neyron tarmog'I (SNT) norovshan tarmoqlar norovshan a'zolik funksiyalarining norovshan qoidalarini ifodalaydi [4] va xulosalar o'rtasida noma'lum xaritalashni amalga oshiradi. Bunday Neyron tarmog'i noaniq funktsiyalarni yaxshiroq yaqinlashtirishni ta'minlash va SNTning moslashuvchan xususiyatlarini sezilarli darajada oshirish imkonini beradi.

Chiziqli algebra nazariyasini qo'llashga asoslangan klassik optimallashtirish usullari o'rganilayotgan funktsiyaning monotonligi va differentsialligi bilan bog'liq ba'zi cheklavlarga ega, shuningdek, yaxshi dastlabki yaqinlashishni talab qiladi. Bu, o'z navbatida, maqsad funktsiyasining optimalini topish uchun katta hajmdagi hisoblash resurslarini talab qiladi.

Elektr energetikasi sohasida boshqaruv tizimining ish rejimlarini intellektuallashtirish imkonini beruvchi maxsus sun'iy intellekt texnologiyalaridan foydalangan holda optimallashtirish muammolarini hal qilish imkonini beradi. Yuqoridagi texnologiyalardan foydalanish EETning ish

rejimlarini optimallashtirish va moddiy va moliyaviy yo'qotishlarni minimallashtirish imkonini beradi, bu alohida qurilmalarning ham, to'liq huquqli tizimlarning ham energiya iste'moli samaradorligini sezilarli darajada oshiradi.

Mavjud EET ma'lum ishlab chiqarish va texnologik cheklovlarni hisobga olgan holda ortib borayotgan quvvat bilan tavsiflanadi, bu esa o'z navbatida EEO elementlarining ish rejimlarini optimallashtirish uchun yangi texnologiyalarni joriy etishni talab qiladi.

Ma'lumki, keng qo'llaniladigan gradientni optimallashtirish usullari o'rganilayotgan funksiyaning uzluksizligini va barcha qisman hosilalarning uzluksizligini talab qiladi, Nyuton usuli esa faqat o'rganilayotgan funksiyaning birinchi va ikkinchi hosilalarining uzluksizligini talab qiladi. Bu xususiyatlar ularni EEO ish rejimlarini optimallashtirish uchun foydalanishga imkon bermaydi va ba'zi cheklovlarni keltirib chiqaradi.

Muammoning yechimi. Bizga ma'lumki, elektr tarmoqlarida energiya resurslarini etkazib berish va iste'mol qilish o'rtasidagi muvozanatni ta'minlash uchun ushbu omillarni nazorat qilish va baholash zarur, hozirgi vaqtda statik yuk xususiyatlarini hisoblash yondashuvi keng qo'llaniladi.

Ushbu yondashuv bilan EETning barqaror holat rejimining texnologik parametrlarini aniqlash modullar va kuchlanish fazalarining (U_i va θ_i) qiymatlarini aniqlashni hisobga olgan holda har bir tugun i uchun amalga oshiriladi. Ushbu muammoni hal qilish uchun quyidagi turdagi muvozanat cheklovlari qo'llaniladi:

$$\begin{cases} \sum_i P_{ei} + \sum_i P_{ui} + \sum_i \Delta W_i + \sum_i P_{ej} = 0; \\ \sum_i Q_{ei} + \sum_i Q_{ui} + \sum_i \Delta q_i + \sum_i Q_{ej} = 0, \end{cases} \quad (1)$$

- tugunda qabul qilingan elektr energiyasining faol va reaktiv quvvati,

bu erda $\sum_i P_{ei}, \sum_i Q_{ei}; \sum_i P_{ui}, \sum_i Q_{ui}$ - yuk tugunlarida elektr energiyasining faol va reaktiv quvvati;

$\sum_i P_{ej}, \sum_i Q_{ej}$ - boshqa tugunlardan keladigan elektr energiyasining faol va reaktiv quvvati;

$\sum_i \Delta W_i$ - tugun $\sum_i \Delta q_i$ - elektr energiyasining faol quvvatining umumiy yo'qotishlari;

i - tugunning elektr energiyasining reaktiv quvvatining umumiy yo'qotishlari soni.

EET energiya iste'moli tizimlarida kuchlanish modullari va fazalarini hisoblash (1) dan (2) nochiqli tenglamalar tizimini echish yo'li bilan amalga oshiriladi:

$$\begin{cases} P(U) - T_p(U, \varphi) = 0; \\ Q(U) - R_p(U, \varphi) = 0, \end{cases} \quad (2)$$

$T_p(U, \varphi)$ va $R_p(U, \varphi)$ - o'ng tomonning natijalari (3):

$$\begin{cases} P_i = \sum_j U_i U_j [g_{ij} \cos(\varphi_i - \varphi_j) + b_{ij} \sin(\varphi_i - \varphi_j)]; \\ Q_i = \sum_j U_i U_j [g_{ij} \sin(\varphi_i - \varphi_j) + b_{ij} \cos(\varphi_i - \varphi_j)], \end{cases} \quad (3)$$

bu erda g_{ij} haqiqiy komponent va b_{ij} tugun o'tkazuvchanligi matritsasi elementlarining kichik komponenti, φ_i, φ_j i va j orasidagi faza siljishi.

EET ning i - tugunining funksionalligiga qarab doimiy va o'zgaruvchan qiymat bo'lishi mumkin bo'lgan quvvat vektorining boshlang'ich xarakteristikasini shakllantirishni o'z ichiga oladi.

Statik yuk xususiyatini quyidagi tenglamalar orqali ifodalaymiz:

$$\begin{cases} P(U) = \sum_{i=1}^k \alpha_i P_i(U) + \alpha_\pi \Delta P(U); \\ Q(U) = \sum_{i=1}^k \beta_i Q_i(U) + \beta_\pi \Delta Q(U), \end{cases} \quad (4)$$

bu erda $P(U)$, $Q(U)$ energiya iste'moli tizimlaridagi sozlamalarga qarab faol va reaktiv quvvatlar; $P_i(U)$, $Q_i(U)$ energiya iste'molchilarining tipik elementlari (guruhlari) sozlamalariga qarab faol va reaktiv quvvat; $\Delta P(U)$, $\Delta Q(U)$ – kuchlanish vektoriga qarab faol va reaktiv quvvatning yo'qolishi; α_i , α_π , β_i , β_π – energiya resurslarining oxirgi iste'molchilarining tipik elementlari (guruhlari) tarkibini tavsiflovchi og'irlik koeffitsientlari.

Amaliy hisob-kitoblarni amalga oshirish uchun biz ikkinchi darajali polinom ko'rinishidagi statik yuk xususiyatini tavsifini taqdim etamiz:

$$\begin{cases} P(U) = P_{ycm}(U) \left[m_0 + m_1 U / U_{ycm} + m_2 (U / U_{ycm})^2 + \xi_p(U) \right]; \\ Q(U) = Q_{ycm}(U) \left[n_0 + n_1 U / U_{ycm} + n_2 (U / U_{ycm})^2 + \xi_q(U) \right], \end{cases} \quad (5)$$

bu erda $P_{ycm}(U)$, $Q_{ycm}(U)$ barqaror holatda energiya iste'mol qilish tizimlaridagi sozlamalarga qarab faol va reaktiv quvvatlar; $\xi_p(U)$, $\xi_q(U)$ – kuchsiz rasmiylashtiriladigan parametrlarga qarab faol va reaktiv komponentlar; m_0 , m_1 , m_2 , n_0 , n_1 , n_2 – hisoblash modelining koeffitsientlari.

EET yuk tugunidagi energiya yo'qotishlarining tuzilishini tahlil qilish, uning mohiyati shundaki, energiya tugunlaridagi haqiqiy yuk qiymatlari odatda standart qiymatlardan sezilarli darajada farq qiladi. Shu munosabat bilan, energiya tugunlarida faol quvvatning umumiy farqini kamaytirish uchun ΔP_Σ energiya iste'molchi tugunlarida kuchlanishni ruxsat etilgan maksimal darajada ushlab turish kerak. Shuni ta'kidlash kerakki, energiya iste'moli jarayoniga ta'sir qiluvchi barcha sanab o'tilgan omillar stoxastik xususiyatga ega bo'lib, bu muammoni aqlli texnologiya usullari yordamida hal qilishni talab etadi. Shuning uchun energiya iste'moli tizimlarining joriy holatini tizimli tahlil qilish noaniqlik omillarini har tomonlama baholash orqali energiya iste'molini avtomatlashtirilgan dispatcherlik nazorati tizimining samaradorligini oshirish zarurligini ko'rsatdi.

Smart Grid texnologiyasi tamoyillari asosida mintaqaviy EETning taqsimlash qurilmalari bo'ylab elektr energiyasini taqsimlash uchun moslashuvchan boshqaruv tizimlari kontseptsiyasini tizimli ravishda amalga oshirish kerak.

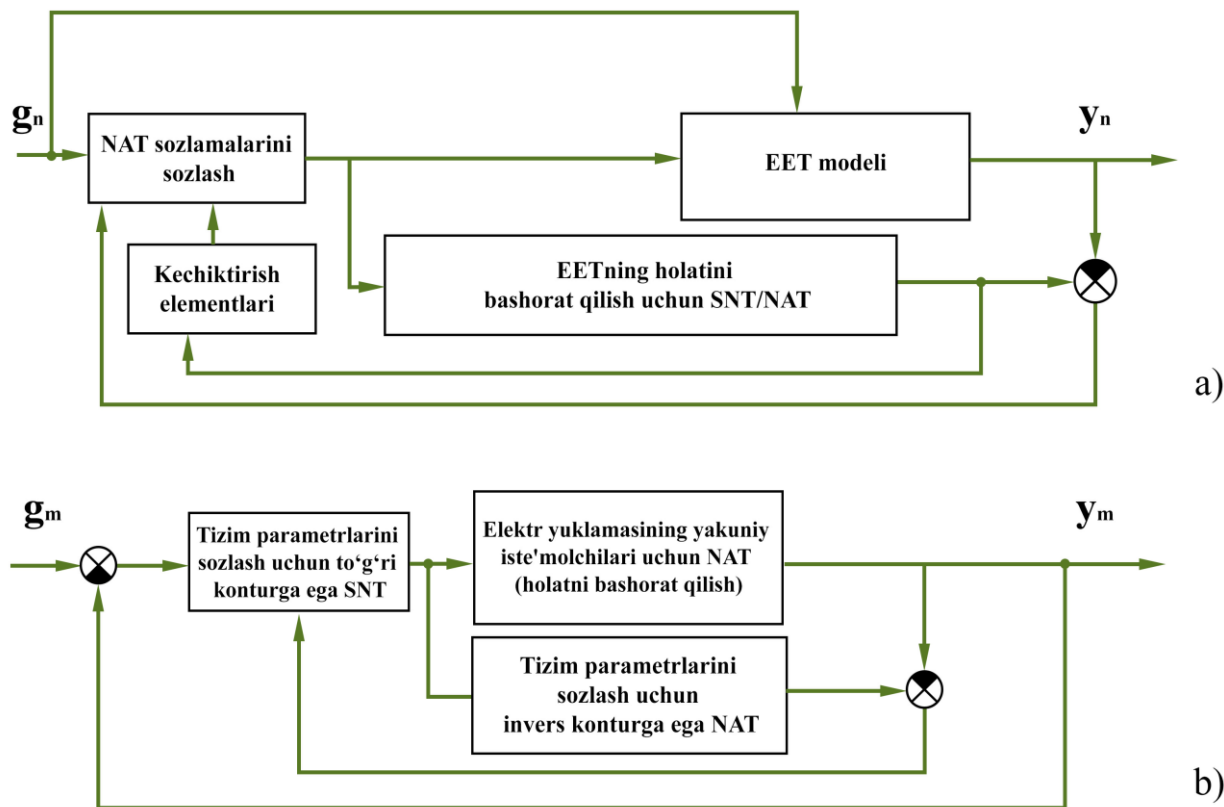
Demak, biz muammolarni hal qilish uchun takrorlanuvchi neyron tarmoqni Mamdan algoritmi bilan birlashtiruvchi neyro-analitik tarmoqdan foydalanishni taklif etamiz [3]. Natijada foydalanilgan NAT norovshan mantiq va neyron tarmoqlar usullarini birlashtirgan gibrid usul bo'lib, norovshan tarmoqlar norovshan a'zolik funksiyalarining norovshan qoidalarini ifodalaydi [4].

Bunday neyron tarmog'i noaniq funktsiyalarni yaxshiroq yaqinlashtirishni ta'minlash va SNTning moslashuvchan xususiyatlarini sezilarli darajada oshirish,

noaniq elementlar bilan quvvat oqimlarining taqsimlanishini ko'rib chiqishga imkon beradi:

$$G_{k+n} = R(k) \cdot G_k + \zeta_{k+n}, \quad (6)$$

bu erda $R(k)$ -matritsa, k - vaqt birligida EET uchun aniqlangan xarakteristikalar va tuzilishini hisobga oladi; $(k+n)$ - davr; G_k - quvvat vektori; ζ_{k+n} , – uchun komponentning noaniqligi bilan aniqlangan nazorat vektori $(k+n)$ kirish o'zgaruvchilari vektorini baholashga asoslangan boshqaruv tizimining ishlashi natijasida hosil bo'lgan davr.



1- rasm. SNT/NAT usullari asosida qurilgan EEO boshqaruv tizimining umumlashtirilgan blok diagrammasi:
a) – energiya resurslarini tashish elementlari; b) – energiya sarfi elementlari.

Neyro - analitik tarmoqlar o'z tuzilishida norovshan mantiqiy tuzilma va sun'iy neyrotarmoqning eng yaxshi sifatlarini birlashtirgan gibridd yondashuvdir.

SNT/NAT usullaridan foydalanishga asoslangan EEO boshqaruv tizimlarining umumlashtirilgan blok diagrammasi [3] energiya resurslarini ishlab chiqarish, taqsimlash va iste'mol qilishning o'zaro bog'liq elementlarini hisobga olgan holda 1-rasmda ko'rsatilgan.

Ushbu sxema ikki darajali ierarxik tuzilishga ega bo'lib, u neyron tarmoq bazasida elektr energiyasini tashish (1-rasm, a) va iste'mol qilish (1-rasm, b) elementlarini modellashtirish muammosini hal qilish uchun mas'ul bo'lgan qism sifatida taqdim etiladi. Natijada $y_n = g_m$ bo'ladi.

Tizimning kerakli xususiyatlarini tavsiflovchi mos yozuvlar modeliga ega bo'lish kerak. Boshqaruv jarayonida ma'lum bo'lgan ma'lumotlarning katta miqdori ishlatilganligi sababli, hisoblash xatosini kamaytirish uchun NAT dan foydalanish taklif etiladi.

EEO boshqaruv jarayonlarining matematik modelini qurish, shuningdek, NAT asosida optimallashtirish masalasini hal qilish uchun ish taniqli modellardan foydalanishni taklif qiladi: Mamdan modeli va Takagi-Sugeno modeli [5].

Shunday qilib, Mamdan-Sugeno modelini amalga oshirish uchun norovshan qoidalar tizimi quyidagi shaklga keltiriladi:

$$\begin{aligned} R^u : IF \ x(t-1) = X_1^u \ AND, ..., AND \ x(t-r) = X_r^u, \\ THEN \ y(t) = a^u, u = \overline{1, u}, \end{aligned} \quad (7)$$

bu erda a^u doimiy qiymat(const), bu chiqish qiymatining kirish qiymatlarining og'irligidagi ta'siriga mosligini aks ettiradi.

Bunday holda, tizim "ko'p kirish va bitta chiqish" tuzilmasi bo'yicha tashkil etilgan.

NATning umumiy holati uchun analitik shaklda Takagi-Sugeno modeli quyidagicha bo'ladi:

$$R^u : IF \ x(t-1) = X_1^u \text{ AND } \dots, \text{ AND } x(t-r) = X_r^u, \\ THEN \ y(t) = a_0^u + \sum_{l=1}^r a_l^u y(t-l), u = \overline{1, u}, \quad (8)$$

Chiziqli-ayirma tenglamasi ko'rinishida berilgan masalani boshqarish va yechishning moslashuvchanligini oshirish uchun (8) ifodaning o'ng tomoni sigmasimon shakldagi a'zolik funktsiyasi bilan yaqinlashtiriladi.

Bu erda faol quvvat yo'qotishlarini minimallashtirish uchun optimallashtirish jarayonida tavsiya etilgan yondashuvlarning imkoniyatlari tahlili keltirilgan. Bunday holda, eksperimental ravishda olingan ma'lumotlar sinov to'plami sifatida qabul qilinadi.

Takagi-Sugeno modeli (8) n asosida qurilgan NAT bir nechta () kirish o'zgaruvchilari va faqat bitta chiqish $y(t)$ o'zgaruvchisini o'z ichiga olishi mumkin bo'lgan tasodifiy tartibli r^θ, s^θ ni, ishlab chiqarish qoidalarining sonini k va chiziqli takrorlanuvchi tenglamalarni $u_j(t), j = \overline{1, k}$ o'z ichiga oladi:

$$R^\theta : IF \ y(t-1) = Y_1^\theta, \ y(t-2) = Y_2^\theta, \ y(t-r^\theta) = Y_{r^\theta}^\theta, \\ u_1(t) = U_{1,0}^\theta, \ u(t-1) = U_{1,1}^\theta, \dots, \ u(t-s_1^\theta) = U_{1,s_1^\theta}^\theta, \dots, \ u_k(t) = U_{k,0}^\theta, \\ u_k(t-1) = U_{k,1}^\theta, \dots, \ u_k(t-s_k^\theta) = U_{k,s_k^\theta}^\theta, \quad (9) \\ TNEN \ y^\theta(t) = a_0^\theta + \sum_{l=1}^{r^\theta} a_l^\theta y(t-l) + \sum_{j=1}^k \sum_{l=0}^{s_j^\theta} b_{jl}^\theta u_j(t-l).$$

Noaniq to'plamlar - $U_{j,1}^\theta, \dots, U_{j,s_j^\theta}^\theta, j = \overline{1, k}$ va $Y_1^\theta, \dots, Y_{r^\theta}^\theta$ holat funktsiyalariga mos keladigan - $U_{j,1}^\theta(u_j), \dots, U_{j,s_j^\theta}^\theta(u_j)$ va $Y_1^\theta(y), \dots, Y_{r^\theta}^\theta(y), j = \overline{1, k}, \theta = \overline{1, n}$ kirishdagi joriy va oldingi qiymatlarni tavsiflovchi - $u_j(t), u_j(t-1), \dots, u_j(t-s_j^\theta), j = \overline{1, k}$ va chiqishdagi qiymat $y(t-1), y(t-2), \dots, y(t-r^\theta)$, shuningdek, θ -chi qoidaning chiqish qiymatini hisoblash $y^\theta(t)$ yordamida amalga oshiriladi. (10) chiziqli-takrorlanuvchi tenglama:

$$y^\theta(t) = a_0^\theta + \sum_{l=1}^{r^\theta} a_l^\theta y(t-l) + \sum_{j=1}^k \sum_{l=0}^{s_j^\theta} b_{jl}^\theta u_j(t-l). \quad (10)$$

chiqishni hisoblashning to'g'riligi $\hat{y}(t), t \in [0, T]$ a'zolik funktsiyasi $U_{j,1}^\theta(u_j), \dots, U_{j,s_j^\theta}^\theta(u_j)$ turining shakli va parametrlariga bog'liq $Y_1^\theta(y), \dots, Y_{r^\theta}^\theta(y), j = \overline{1, k}$, parametrlar $a_j^\theta, b_{jl}^\theta, i = \overline{1, r}$, (10) chiziqli-takrorlanuvchi tenglama darajasi r^θ, s_j^θ , diskret EEO boshqaruv tizimining ishlash dinamikasini tavsiflovchi va qoidalar soni n - ni to'g'ri tanlash.

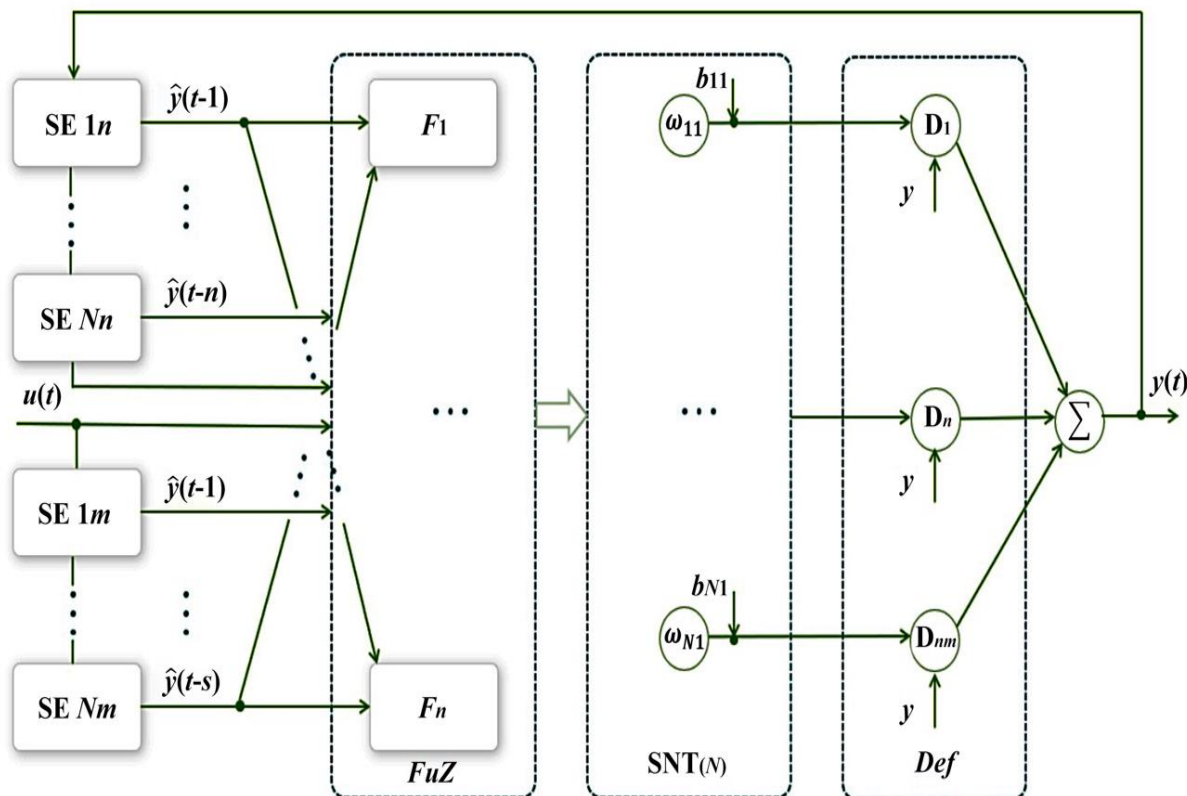
Takagi-Sugeno norovshan dinamik modeliga ko'ra , biz chiqish qiymatlarini $\hat{y}(t)$ va $\hat{y}[t-1, t^1] = (\hat{y}(t-1), \dots, \hat{y}(t-r))$ deb belgilaymiz, ular tegishli t va $(t-1), \dots, (t-r)$ vaqtlarda xisoblangan. Olingan modelni (2-rasm) “teskari aloqa modeli” deb ataymiz:

$$\hat{y}(t) = F(\hat{y}[t-1, t;], u[t, t^2], c, d, n). \quad (11)$$

Quvvat sarfini hisoblash uchun ishlab chiqilgan noravshan dinamik model (11) ko'rib chiqilgan vaqt $t \in [0, T]$. oralig'ida chiqish miqdori $y(t-1), \dots, y(t-r)$ qiymatlarini bilishni talab qilmaydi. Bu sizga qoidalarni quyidagi shaklda yozish imkonini beradi:

$$R^{\theta} : IF \hat{y}(t-1)=Y_1^{\theta}, ..., \hat{y}(t-r)=Y_r^{\theta}, u(t)=U_0^{\theta}, ..., u(t-s)=U_s^{\theta},$$

$$THEN y^{\theta}(t) = a_0^{\theta} + \sum_{l=1}^r a_l^{\theta} \hat{y}(t-l) + \sum_{l=0}^s b_l^{\theta} u(t-l), \theta = \overline{1, n}. \quad (12)$$



2- rasm. EET yuklarining energiya sarfini hisoblash uchun umumlashtirilgan norovshan modelning tuzilishi.

Yangi kirish va chiqish o'zgaruvchilarini $x_1(t) = \hat{y}(t-1), x_2(t) = \hat{y}(t-2), ..., x_m(t) = u(t-s)$ qoida (12) uchun, qaysiki holat o'zgaruvchilari vektorini tashkil etuvchi $x(t) = (x_1(t), x_2(t), ..., x_m(t)) = (\hat{y}(t-1), \hat{y}(t-2), ..., (u(t-s)))$, $m = r + s + 1$ norovshan holat o'zgaruvchilari vektori - $X_1^{\theta}(t) = Y_1^{\theta}, X_2^{\theta} = Y_2^{\theta}, ..., X_m^{\theta} = U_s$, hamda regressiya tenglamalarining koeffitsientlarini $c_0^{\theta} = a_0^{\theta}, c_1^{\theta} = a_1^{\theta}, c_m^{\theta} = b_s$, (12) qoidalarni qayta yozish imkoniyatiga ega bo'lgan $\mathfrak{Z}_1$ kechikish elementlarini o'z ichiga olgan teskari aloqa bilan ixcham shaklda, l bosqich ($l=1, 2, ..., r$) va protseduralar uchta blok shaklida taqdim etilgan, ya'ni fazifikatsiya(bosqichma-bosqich) bloki, norovshan xulosa bloki va defuzzifikatsiya bloki:

$$R^{\theta} : IF x_1(t) = X_1^{\theta}(t), ..., x_m(t) = X_m^{\theta}, THEN y^{\theta}(t) = c_0^{\theta} + \sum_{j=1}^m c_j^{\theta} x_j(t). \quad (13)$$

Muammoni hal qilish uchun energiya manbalarining parametrlarini (faza, modul, rejim) tavsiflovchi vektorlarni o'zgartirish va ularni norovshan shaklga keltirish, so'ngra SNT ishlashi, fazalash operatsiyasi uchun ushbu qiymatlarni normallashtirish bajariladi.

NATning chiqishidagi o'zgaruvchilarning haqiqiy qiymatlarini olish uchun $\hat{y}(t)$, defazifikatsiya operatsiyasi amalga oshiriladi va formula bilan aniqlanadi:

$$\hat{y}(t) = \sum_{\theta=1}^n \beta^{\theta} y^{\theta}(t), \quad (14)$$

dastlab to'liq kengaytirilgan shaklda yozilgan:

$$\hat{y}(t) = c_0^1 \beta^1(t) + \dots + c_0^n \beta^n(t) + c_1^1 x_1(t) \beta^1(t) + \dots + c_1^n x_1(t) \beta^n(t) + \dots + c_m^1 x_m(t) \beta^1(t) + \dots + c_m^n x_m(t) \beta^n(t), \theta = \overline{1, n}, \quad (15)$$

va keyinroq, biz uni vektor ko'rinishda qayta yozamiz:

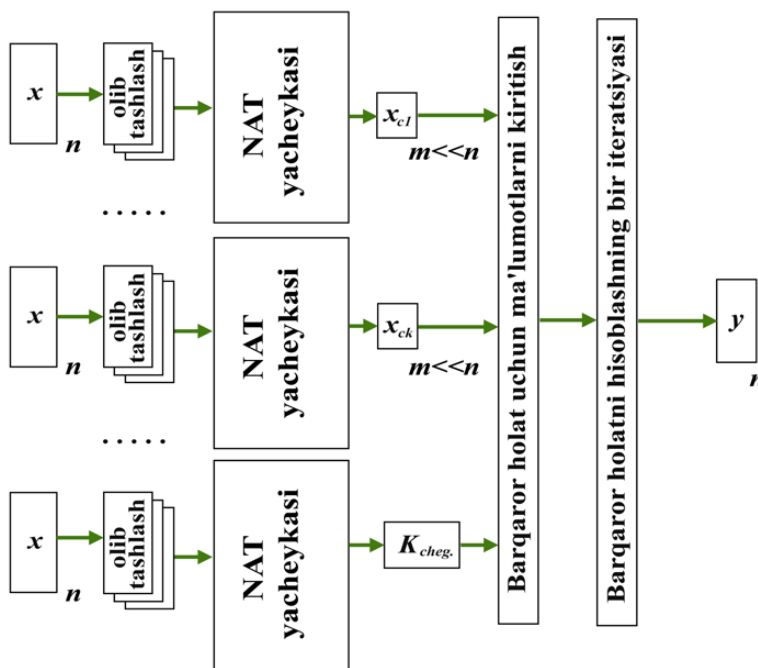
$$\hat{y}(t) = c^T \tilde{x}(t). \quad (16)$$

bu erda $y^{\theta} = c_0^{\theta} + x^T c^{\theta}$ rekurrent tenglama; $c = (c_0^1, \dots, c_0^n, c_1^1, \dots, c_1^n, c_m^1, \dots, c_m^n)^T$ –sozlanish koeffitsientli vektor.

Funktsiya (16) $y^{\theta} = c^{\theta}$ bo'lganda, (14) qoidalari bilan norovshan Mamdan modelini ifodalaydi.

Yuqoridagi bog'liqlikdan ko'rinib turibdiki, SNTni o'rnatishdagi asosiy qiyinchilik a'zolik funktsiyasi shartlarining kirish va chiqish parametrlarini tanlash va keyinchalik aniqlashda, shuningdek, SNT tuzilmasini optimallashtirish uchun ishlatiladigan usuldan iborat. Ishlab chiqilgan EET energiya boshqaruvi tizimining hisoblash samaradorligining sifat ko'rsatkichlari ushbu parametrlarni tashkil etishga bog'liq.

EET ish rejimlarini optimallashtirish va boshqarish muammolarini hal qilishda taklif qilingan yondashuvdan foydalanganda butun tizimni quyi tizimlarga bo'lish taklif etiladi. Shu bilan birga, har bir quyi tizimda tizimning oz sonli kirish va chiqish o'zgaruvchilari bashorat qilinadi. Keyin har bir quyi tizim uchun o'z arxitekturasini quriladi va tarmoq parametrlari aniqlanadi (3-rasm) [6]. Tizimning xatti-harakatlarini bashorat qilish natijalari barqaror holatdagi EEO rejimining parametrlarini hisoblash uchun muvozanat holatida bo'lgan tugunlarda faol va reaktiv quvvat va kuchlanish qiymatlarini aniqlashdan iborat.



3- rasm. Neyro - analitik tarmoq.

Barqaror holat kirish ma'lumotlarining umumiy vektoriga birlashtirilgan har bir kichik tarmoqdagi kirish parametrlari asosida hisoblanadi. Keyinchalik, neyro - analitik tarmoq (NAT) ni o'qitish jarayonida har bir iteratsiya bosqichida elektr tarmog'ining holatini bashorat qilishdan iborat bo'lgan hisoblash algoritmi amalga oshiriladi. Elektr energiyasining quvvat oqimini hisoblashning analitik usuli bir modelda, bashorat qilish xatosining kattaligiga asoslangan gradientlarning orqaga tarqalish usulidan foydalangan holda amalga oshiriladi.

Prognoz qilinayotgan o'zgaruvchilarning chiqish vektorining o'lchanadigan o'zgaruvchilarga nisbatan og'ishlarini hisoblash orqali NATning analitik qismining gradient vektorining qiymatlari formula bilan aniqlanadi [6]:

$$\varepsilon = (y(u) - y_{uzm}), \quad (17)$$

bu erda y bashorat qilingan o'zgaruvchilar, y_{uzm} esa o'lchanadigan o'zgaruvchilar.

Gradient vektori chiziqli tenglamalar tizimini yechish orqali aniqlanadi [6]:

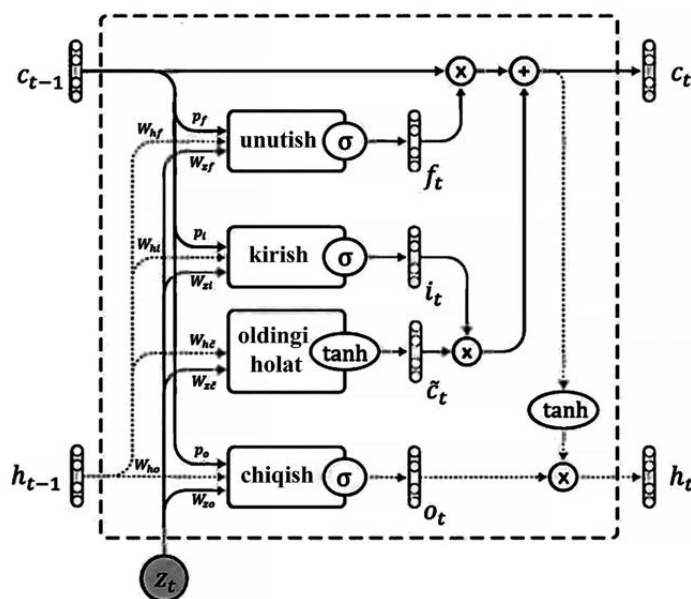
$$J \left[\frac{d\varepsilon}{dx_{ck}} \right] = \left[\frac{d\varepsilon}{du} \right], \quad (18)$$

bu erda x_c Yakobi matritsasi; $J = \left[\frac{dx_{ck}}{du} \right]$ – obyekt holatlari vektori; $u = [u_{r1}, u_{i1}, \dots, u_m, u_{in}]$ –

har bir iteratsiyada barqaror holat parametrini hisoblash natijasida olingan tugun kuchlanishlari vektori. Agar ko'rib chiqilayotgan trening iteratsiyasida (17) shartlar bajarilmasa, u holda yuqoriroq qiymatga ega tanlov amalga oshiriladi.

Sun'iy neyro-analitik tarmoqlar uchun rejim parametrlarini hisoblash uchun maqbul bo'lganlar NAT arxitekturasida qurilgan tarmoqlardir (3-rasm), ular yo'qolib ketish gradientlari muammosini hal qiladi.

4-rasmda NAT yacheykasining blok diagrammasi ko'rsatilgan bo'lib, u “shlyuzlar” deb nomlangan uchta asosiy elementdan iborat: kirish eshigi (i_t), unutish eshigi (f_t) va chiqish eshigi (o_t). Darvozalarga qo'shimcha ravishda, kontaktlarning zanglashiga olib keladigan yana bir nechta muhim elementlarini qayd etish mumkin - yacheykaning ichki holati c_t va NAT yacheykadagi ichki oraliq transformatsiya $\tilde{c}_t$. NAT uchun kirish ma'lumotlari kirish o'lchov ma'lumotlarining ketma-ket to'plamidir $z_t \in \mathbb{R}^m$, bu yerda m o'lchovlar soni.



4- rasm. Neyro - analitik tarmoq yacheykasi.

Kirish o'zgaruvchilarini NAT qatlami orqali o'zgartirish quyidagicha amalga oshiriladi:

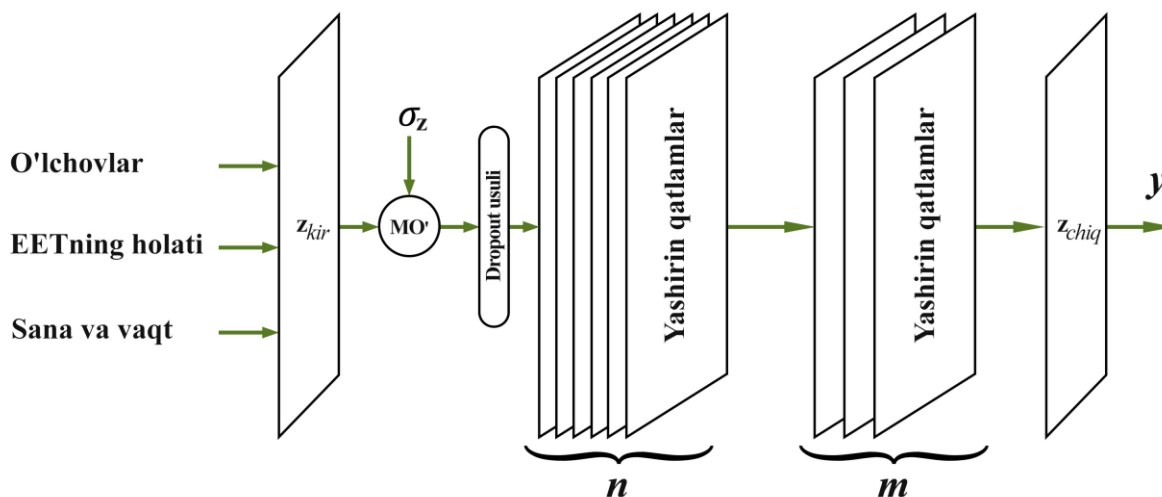
$$\begin{aligned}\tilde{c}_t &= \tanh(W_{zc}z_t + W_{hc}h_{t-1} + b_{\tilde{c}}), \\ i_t &= \sigma(W_{zi}z_t + W_{hi}h_{t-1} + p_i \square c_{t-1} + b_i), \\ f_t &= \sigma(W_{zf}z_t + W_{hf}h_{t-1} + p_f \square c_{t-1} + b_f), \\ o_t &= \sigma(W_{zo}z_t + W_{ho}h_{t-1} + p_o \square c_{t-1} + b_o), \\ c_t &= f_t \square c_{t-1} + i_t \square \tilde{c}_t,\end{aligned}\tag{19}$$

bu erda W NATning yashirin holati qiymatining vektori; h_t - o'zgartirilgan og'irlik matritsalar; z_t - kiritilgan o'zgaruvchilarning og'irlik qiymatlari; b – signalni konvertatsiya qilish jarayonida foydalaniladigan erkin elementlar vektorlari; p - oldingi iteratsiyadan NAT xujayrasining holatini tavsiflovchi ulanishlar og'irligi.

O'quv jarayonining har bir iteratsiyasida NAT shtatining qiymati gradientlarning orqaga tarqalishi usuli yordamida aniqlanadi:

$$\begin{aligned}\delta h_t &= \Delta_t + W_{hc}^T \delta \tilde{c}_{t+1} + W_{hi}^T \delta i_{t+1} + W_{hf}^T \delta f_{t+1} + W_{ho}^T \delta o_{t+1}, \\ \delta o_t &= \delta h_t \square \tanh(c_t) \square \sigma(o_t), \\ \delta c_t &= \delta h_t \square o_t \square \text{sech}^2(c_t) + p_o \square \delta o_t + p_i \square \delta i_{t+1} + \\ &+ p_f \square \delta f_{t+1} + \delta c_{t+1} \square f_{t+1}, \\ \delta f_t &= \delta c_t \square c_{t-1} \square \sigma'(f_t), \\ \delta i_t &= \delta c_t \square \tilde{c}_t \square \sigma'(i_t), \\ \delta \tilde{c}_t &= \delta c_t \square i_t \square \text{sech}^2(\tilde{c}_t),\end{aligned}\tag{20}$$

bu yerda Δ_t NATning har bir qatlami uchun qisman hosilalarning vektori.



5- rasm. EET ish rejimi parametrlarining holatini baholash uchun neyron tarmoq arxitekturasini.

EET ish rejimi parametrlarining holatini baholash uchun 5-rasmda chuqur o'rganishdan foydalangan holda SNT arxitekturasini ko'rsatilgan. EESning o'lchovlari va holati, joriy sana va vaqt SNT kirishiga beriladi.

EEO ga nisbatan tanlangan neyron tarmoq arxitekturasining asosiy xususiyatlari quyidagilardan iborat:

1) neyron tarmog'ining kirish qatlami to'liq bog'langan tuzilishga ega va tizimning ma'lum bir ish rejimi parametrlari o'rtasida barqaror munosabatlarni shakllantirish uchun mo'ljallangan, neyron tarmoqning og'irliklari esa tasodifiy xarakterga ega bo'lgan r qiymat. Tasodifiy

o'zgaruvchilarning normal taqsimot qonuni bilan $r \in N(0, I)$ o'lchash kattaliklarining dispersiyasi oddiygina aniqlanadi, bu esa neyron tarmoq uchun $r \in N(0, \sigma_z^2)$ kirish ma'lumotlaridir [6]. Kirish o'zgaruvchilari lantiqiy o'zgaruvchilar (MO') bilan almashtiriladi.

2) NAT ko'rinishidagi energiya iste'moli modeli NAT ning yashirin qatlamlaridan foydalanish orqali EET parametrlari va ish rejimlari o'rtasidagi yanada murakkab munosabatlarni aniqlash imkonini beradi, uning joriy holati to'g'risidagi ma'lumotlar kiritiladi.

Neyron tarmog'ining chiqish qatlamlarining to'liq bog'langanligini hisobga olgan holda amalga oshiriladi.

SNT/NAT strukturasi chiqish signali $y_k(n)$, bu chiqishdagi nazorat signalining kerakli qiymati $r_k(n)$ ga teng bo'lishi kerak.

NAT ishining yakuniy natijasi - energiya iste'moli dinamikasini nazorat qilish uchun mutlaq qiymatlarni olish imkonini beradigan batafsil koeffitsient (oldingi davrlarning ma'lumotlar bazasi bilan bir vaqtda).

Amalda NAT sifatini baholashning maqsadli funktsiyasi mezon hisoblanadi [7]:

$$J(t) = \frac{1}{2} \sum_i (d_i(t) - y_i(t))^2, \quad (21)$$

bu erda $y_i(t)$ tarmoqning chiqishidagi quvvat oqimining rejalashtirilgan qiymati; $d_i(t)$ tarmoqning chiqishidagi quvvat oqimining olingan qiymati.

NATning o'quv jarayonini ushlab qoladigan shart - bu (1,2 – 1,5)% ga teng qiymatdan oshmaydigan boshqaruv xatosi signalining istalgan qiymatiga erishishdir [8].

Smart Grid kontseptsiyasi doirasida EEO ish rejimlarini optimallashtirish va boshqarish muammolarida SNT/NAT dan foydalanishning asosiy xususiyatlari, bu zaif rasmiylashtiriladigan omillar mavjudligi bilan ko'p sonli ma'lumotlar massivlarini parallel qayta ishlash, shuningdek, ishonchli natijalarni olish imkoniyatini beradi.

Xulosa.

-Gradient usuli va eng kichik kvadratlar usulining kombinatsiyasi asosida NAT ni o'qitish algoritmi, bu parametr noaniqligining turli darajalariga ega bo'lgan ob'ektlarning dinamik xususiyatlarini hisobga olish bilan ajralib turadi.

-Neyro - analitik tarmoqni o'qitish algoritmi ishlab chiqilgan bo'lib, u neyron tarmog'ining chiqishlaridan xatolarni uzatishda qayta aloqa signallaridan foydalanmaslik bilan an'anaviy algoritmlardan farq qiladi.

-EET doirasida elektr oqimlarini rasmiylashtirish usuli ishlab chiqilgan bo'lib, bu murakkab noaniqlik omillarini hisobga olishga imkon beradi.

-EET modellari eng muhim parametrlarni hisobga olgan holda energiya uzatishning yuqori aniqligini ta'minlaydigan elektr oqimlari jarayonini boshqarish va optimallashtirish muammosini hal qilish uchun NAT shaklida jarayonning gibrid tavsifida ishlab chiqilgan.

-Neyro - analitik tarmoqlar o'z tuzilishida norovshan mantiqiy tuzilma va sun'iy neyrotarmoqning eng yaxshi sifatlarini birlashtirgan gibrid yondashuv hisoblanadi.

Adabiyotlar

- [1]. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 28-yanvardagi "Yangi O'zbekistonni 2022-2026-yillarda rivojlantirish strategiyasi to'g'risida"gi PF-60-son Farmoni.
- [2]. Сиддиков И.Х., Порубай О.В. Алгоритмы оптимизации режимов работы электроэнергетических систем с учетом вероятностного характера исходных данных// Scientific-technical journal// STJ FerPI, ФАППИ ИТЖ, ИТЖ ФерПИ, 2024, Т.28, №3 – С. 118-123.
- [3]. Siddikov I., Porubay O. Neural network model of decision making in electric power facilities under conditions of uncertainty // E3S Web of Conferences. – EDP Sciences, 2021. – vol. 304. – p. 01001.
- [4]. Zhu Quanmin, Zhang Weicun, Zhang Jianhua, Sun Bei, "U-neural network-enhanced control of nonlinear dynamic systems", Neurocomputing, vol. 352, Aug. 2019, pp. 12-21.

- [5]. Siddikov I., Porubay O., Mirjalilov O. An algorithm for optimizing short-term modes of electric power systems, taking into account the conditions of the nature of the probability of the information flow of data // Journal of Physics: Conference Series. – IOP Publishing, 2022. – vol. 2373. – №. 8. – p. 082014.
- [6]. Isamiddin Siddikov, Oksana Porubay, Temurbek Rakhimov. Synthesis of the neuro-fuzzy regulator with genetic algorithm // International Journal of Electrical and Computer Engineering. – 2024. – vol. 14. – №. 1. – pp. 184-191.
- [7]. Porubay O., Siddikov I., Madina K. Algorithm for optimizing the mode of electric power systems by active power // 2022 International Conference on Information Science and Communications Technologies (ICISCT). – IEEE, 2022. – pp. 1-4.
- [8]. Руцков Алексей Леонидович. Управление процессами перетоков мощности в системах регионального энергоснабжения на основе аппарата нечёткого регулирования и нейронных сетей: диссертация ... кандидата Технические наук: 05.13.06 / Руцков Алексей Леонидович; 2018. – 200 с.
- [9]. Siddikov I. K., Porubay O. V. Neuro-fuzzy system for regulating the processes of power flows in electric power facilities // AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2022. – vol. 2432. – №. 1.
- [10]. Руцков А.Л. Анализ применения нечётких нейронных сетей для прогнозирования энергопотребления промышленных предприятий / А.Д. Данилов, Шукур О.М., А.Л. Руцков // Актуальные научные исследования XXI века: теория и практика. 2016.- т.4. - №6 (26). – С. 59-63.
- [11]. Руцков А.Л. Реализация программного комплекса прогнозирования уровня регионального энергопотребления / В.Л. Бурковский, В.Н. Крысанов, А.Л. Руцков// Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2016.– т.12 – No 3. – С. 41-47.
- [12]. Siddikov I. K., Porubay O. V. Algorithm for optimizing the operation mode of an electric power object under uncertainty on the basis of regression models //Chemical Technology, Control and Management. – 2022. – Т. 2022. – №. 6. – pp. 54-60.
- [13]. Siddikov I. K., Porubay O. V. Application of evolutionary algorithms for optimization of operation modes of regional electric power systems //Chemical Technology, Control and Management. – 2023. – vol. 2023. – №. 4. – pp. 43-48.
- [14]. Сиддиков И.Х., Порубай О.В. Нейросетевая модель принятия решений в электроэнергетических объектах в условиях неопределённости//Scientific-technical journal. STJ FerPI, ФарПИ ИТЖ, НТЖ ФерПИ, 2023. – Т. 27. – спец.выпуск №. 2. – С. 98-105.
- [15]. Сиддиков И.Х., Порубай О.В. Нейро-аналитическая система оптимизации процессов энергопотока в объектах электроэнергетики //Журнал “Приборы”. – 2023. – №. 9 (279). – С. 30-34.
- [16]. Sandeep Kaur & Kuljit Kaur Chahal (2022) “Prediction of Chikungunya disease using PSO-based adaptive neuro-fuzzy inference system model”, International Journal of Computers and Applications, 44:7, pp. 641-649.
- [17]. Крысанов В.Н. Применение нейро-нечётких сетей для распределённых объектов / В.Н. Крысанов, А.Л. Руцков // Электротехнические комплексы и системы управления - 2013.– No2. – С. 18 – 22.
- [18]. Домышев А. В. Нейро-аналитические сети для оценивания состояния и прогнозирования параметров ЭЭС // Методические вопросы исследования надежности больших систем энергетики. Международный научный семинар им. Ю.Н.Руденко, 91-е заседание семинара на тему «Методические и практические проблемы надежности систем энергетики», в 2-х книгах. Отв. ред. Н.И. Воропай. 2019. С. 295-304.
- [19]. Akbar S., Pardasani K. R. & Panda N. R., “PSO Based Neuro-fuzzy Model for Secondary Structure Prediction of Protein,” Neural Process Lett 53, pp. 4593–4612 (2021).

УДК 621.9.02.002

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ РАЗЛИЧНЫХ ДАТЧИКОВ В СИСТЕМАХ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ

Н.А. Жўраева, М.З. Атаджанова

*Ташкентский государственный технический университет имени Ислама Каримова
(Получена 10.02.2025 г.)*

Abstract. *In today's fast-paced industrial world, knowledge of sensor technology is key. Various sensors help improve system performance and control them more accurately. They convert physical data into signals that machines can understand, making monitoring and action seamless. They help in many processes, making operations more efficient and productive. Knowing the different sensors used shows how they help in different industries. These include more efficient use of resources and improved production processes. High-quality sensors help businesses maintain their products to meet customer expectations.*

Keywords: sensor, parameter, control devices, contact.

Аннотация. В современном быстро меняющемся промышленном мире знание сенсорных технологий является ключевым. Различные датчики помогают улучшить работу систем и точнее управлять ими. Они преобразуют физические данные в сигналы, которые могут понимать машины, делая мониторинг и действия плавными. Они помогают во многих процессах, делая операции более эффективными и производительными. Знание различных используемых датчиков показывает, как они помогают в различных отраслях. К ним относятся более эффективное использование ресурсов и улучшение производственных процессов. Высококачественные датчики помогают предприятиям поддерживать свою продукцию на должном уровне, удовлетворяя ожидания клиентов.

Ключевые слова: датчик, параметр, контрольно-измерительные устройства, контакт

Annotatsiya. Bugungi tez sur'atlar bilan rivojlanayotgan sanoat dunyosida sensor texnologiyasini bilish muhim ahamiyatga ega. Turli sensorlar tizim ish faoliyatini yaxshilashga yordam beradi va ularni aniqroq nazorat qiladi. Ular jismoniy ma'lumotlarni mashinalar tushunadigan signallarga aylantirib, monitoring va harakatni uzluksiz qiladi. Amaldagi turli xil sensorlarni bilish ularning turli sohalarda qanday yordam berishini ko'rsatadi. Bularga resurslardan samaraliroq foydalanish va ishlab chiqarish jarayonlarini takomillashtirish kiradi. Yuqori sifatli sensorlar korxonalarga o'z mahsulotlarini mijozlar talablarini qondirish uchun saqlashga yordam beradi.

Tayanch so'zlar: sensor, parametr, boshqaruv qurilmalari, kontakt

Работа первичного контрольного органа контрольно – измерительной системы заключается в сравнении параметров измеряемой и образцовой деталей при помощи датчика. В зависимости от результатов сравнения датчик создает соответствующий командный импульс, воздействующий на исполнительную схему.

В контрольно – измерительных устройствах, разрабатываемых ОКБ, применяются электроконтактные датчики (рис. 1) следующих типов: двухпредельный рычажный датчик, двухпредельный рычажный малогабаритный датчик, трехпредельный рычажный датчик, амплитудный фрикционный датчик и безрычажный универсальный датчик (рис. 2). Датчики используются для сортировки деталей на три группы: «годные», «брак исправимый» и «брак неисправимый». Датчик применяется главным образом в приборах управляющего контроля, где требуется большее число команд.



Рис.1. Электроконтактный датчик.



Рис.2. Универсальный безрычажный датчик.

В указанных электроконтактных датчиках перемещение измерительного стержня 1 преобразуется в поворот рычага 2 с отношением плеч 5 : 1, на котором находятся электрические контакты 5, перемещаемые при настройке при помощи винтов 6. При повороте рычага происходит замыкание или размыкание соответствующих контактов 4 и 5, в результате чего подается команда на сортировку деталей. Предел измерения датчиков равен 1 мм; наибольший ход измерительного стержня 4 мм; цена деления ориентировочной шкалы настроечных винтов 0,002 мм; предельная погрешность и допустимое смещение настройки

после 25000 измерений составляют $\pm$ мк.

Амплитудный датчик (рис. 3) принимается для сортировки деталей на две группы (годные и брак) по отклонениям геометрической формы. Перемещение измерительного штока 1 преобразуется через фрикционную пару 2-7 в поворот контактного рычага 4. На корпусе 3 расположены два контакта: неподвижный 8 и регулируемый 5. Контакт 5 настраивают на предельно допустимую погрешность формы детали при помощи винта 6. Для проверки измеряемого параметра на шток датчика должно быть передано не менее двух циклов колебания размера. При замыкании контактов рычага поочередно с обоими контактами, расположенными на корпусе, подается команда о превышении допустимой погрешности. Замыкание контакта рычага только с одним контактом означает, что погрешность формы не превышает допустимой.



Рис.3. Амплитудный датчик.



Рис.4. Универсальный безрычажный датчик для амплитудных измерений.

Амплитудный датчик имеет следующие параметры: предел измерения 0,2 мм; наибольший ход измерительного стержня 4 мм; цену деления ориентировочной шкалы настроечного винта 0,0036 мм; предельную погрешность $\pm 0,7$ мк; допустимое смещение настройки после 25 000 измерений ± 1 мк.

Универсальный безрычажный датчик предназначен для амплитудных измерений. На рис. 4 изображен датчик для амплитудных измерений, работающий по схеме «с плавающим контактом». На измерительном стержне 1 закреплена колодка 4, несущая штифт 3 с электрическими контактами. На корпусе установлены регулируемые контакты 2 и 5. В датчике для предельных измерений штифт 3 прижимается к колодке 4 при помощи специальной пружины, обеспечивающей разгрузку верхнего контакта 2 и возврат штифта в исходное положение. Предел измерения датчика составляет 5 мм; наибольший ход измерительного стержня 10 мм; цена деления ориентировочной шкалы настроечных винтов 0,007 мм; предельная погрешность и допустимое смещение настройки после 25000 измерений ± 3 мк.

Во все электроконтактные датчики могут вставляться шкальные измерительные головки, облегчающие проверку и наладку датчика.

Электроконтактные датчики включаются по схеме сеточного контакта, т.е. управляющая энергия подается через контакты датчика в сеточную цепь электронного усилителя. Замыкание или размыкание контакта вызывает изменение анодного тока электронной лампы включение или выключение входного реле. Разделение цепей измерительных контактов и исполнительного реле позволяет выбрать оптимальный режим работы этих цепей.

Мощность, проходящая через контакты датчика, очень мала (наибольшая сила тока

$I_{\text{MAX}} = 200$ мкА, напряжение на контактах $U_{\text{MAX}} = 50$ В). Поэтому на длительный

период датчик сохраняет свою настройку и обеспечивает стабильную работу измерительной

системы.

Схемы силового контакта с непосредственным включением измерительных контактов датчика в цепь исполнительного реле применяются там, где износ контактов не оказывает большого влияния на точность измерений. Кроме того, при соответствующем подборе элементов схемы «сеточного контакта» обеспечивается стабильность контроля при значительных колебаниях напряжения питания и температуры отдельных элементов электрических цепей.

Во многих устройствах, где необходимы повышенная точность измерения, суммирование сигналов и бесконтактный способ измерения, применяют пневматическую измерительную систему с дифференциальными сильфонными датчиками. Основными недостатками пневматической системы контроля являются значительная инерционность измерения и необходимость тщательной очистки и стабилизации давления воздуха.

Комбинированный пневмоэлектрический датчик имеет два регулируемых «жестких» контакта 1 для предельных измерений и один регулируемый «плавающий» контакт 2 для амплитудных измерений. Число делений шкалы датчика равно 80; цена деления шкалы (устанавливается при наладке подбором головных сопел) составляет $0,0002 \div 0,001$ мм; стабилизированное рабочее давление

$$(1 \div 2) \cdot 10^5 \text{ н} / \text{м}^2 (1 \div 2 \text{ кг} / \text{см}^2); \quad (1)$$

давление сети

$$(4 \div 6) \cdot 10^5 \text{ н} / \text{м}^2 (4 \div 6 \text{ кг} / \text{см}^2). \quad (2)$$

Высокая точность измерения и надежность индуктивных средств измерения позволяют эффективно применять их в устройствах управляющего контроля и при многодиапазонной сортировке деталей. Для этого в схему вводятся элементы, обладающие релейной характеристикой, которые управляются напряжением выходного сигнала усилителя к индуктивному датчику. Во избежание снижения точности измерительной системы эти элементы должны иметь стабильный порог срабатывания. Поэтому непосредственно использовать электромагнитные реле или тратроны не удастся вследствие значительного разброса значений тока срабатывания реле и напряжения зажигания тратрона. Для указанной цели лучше всего подходят триггерные схемы. При использовании индуктивных датчиков в самобалансирующихся измерительных схемах можно добиться повышенной точности и стабильности контроля, так как выходные сигналы мало зависят от изменения параметров усилителя и напряжения питания. Недостатками самобалансирующихся систем являются инерционность, а также наличие подвижных обратную связь между датчиком и исполнительным устройством.

При помощи индуктивных измерительных систем можно осуществлять суммирование сигналов от нескольких датчиков с последующей мгновенной автоматической обработкой результатов измерения и подачей командного импульса. Многодиапазонная сортировка повышенной точности наиболее эффективно осуществляется при помощи фотоэлектрического датчика, разработанного на базе оптического (рис 5). Перемещение измерительного стержня преобразуется в поворот зеркала; световой луч перемещается по шкале и по сектору, на котором расположены фотосопротивления.

При засвечивании фотосопротивления срабатывает чувствительное электромагнитное реле соответствующей размерной группы, которое подает команду на исполнительное устройство.

Использование схемы оптического датчика определяет высокую чувствительность датчика, хорошую линейность его характеристики, отсутствие



Рис.5. Фотоэлектрический датчик.

погрешностей обратного хода и т.д.

Пределы измерения датчиков 25,50,100, и 250 мк; Количество групп сортировки до 50; величина группы соответственно 0,5; 1, 2 и 5 мк; погрешность показаний по выходному сигналу фотосопротивлений составляет не более $\frac{1}{3}$ величины группы.

К недостаткам фотоэлектрического датчика, влияющим на точность измерения, можно отнести помехи, возникающие в оптической системе, уменьшение светового потока и малый срок службы источника света, а также влияние на источник света напряжения сети, что может снизить точность измерения до половины величины группы.

Точность измерения можно повысить применяя фотоэлектрический датчик с более мелкими группами сортировки. При этом в одну сортировочную группу соединяют две или более группы датчика, включая соответствующие фотосопротивления параллельно (например для сортировки на группы величиной 2 мк можно использовать датчик с группой 1 мк, соединяя параллельно по два фотосопротивления; погрешность измерения в этом случае не превышает 0,5 мк).

Проведенные ОКБ исследования динамических свойств фотоэлектрического датчика показали, что при мгновенном изменении размера на полную шкалу его инерционность не превышает 0.1 сек (запаздывание выходного сигнала фотосопротивления относительно перемещения измерительного стержня датчика).

Список литературы

- [1]. Шарапов В.М. Полищук Е.С. Кошевой Н.Д. Ишанин Г.Г. Минаев И.Г. Совлуков А.С. Датчики. 59-130 стр. Москва. 2012
- [2]. Автоматизация технологического оборудования микроэлектроники / Под ред. А.А. Сазонова. — Высшая школа, 1991. — 332 с.
- [3]. СТО 70238424.27.140.010-2010. Автоматизированные системы управления технологическими процессами ГЭС и ГАЭС. Условия создания. Нормы и требования. — Введ. 2010-09-30. — М.: НП ИНВЭЛ, 2010. — 39 с.
- [4]. В. П. Михеев, А. В. Просандеев. Датчики и детекторы 30-38 стр. Москва 2007.
- [5]. Нурмиев И.И., Сафин М.А., Применение и роль искусственного интеллекта в автоматизации технологических процессов, 274-277 стр Белгород, 2023
- [6]. Куликова Н.А. Автоматизация и роботизация машиностроения: задачи подготовки специалистов. Проблемы современного образования, 2021
- [7]. Шоффа В.Н., Чичерюкин В.Н. Влияние поляриции на характеристики реле с переключающими герконами //Электротехника. 2008 60-82 стр.

KVANT MEDIAN FILTRI VA QSP ALGORITMI ASOSIDA KONTUR ANIQLASH ALGORITMI

D.T. Muhamediyeva, N.S. Mamatov, G.E. Ametova, V.O. Fayziyev

“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti”

Milliy tadqiqot universiteti

(Qabul qilindi 18.11.2024 y.)

Annotatsiya. Ushbu maqolada kvant median filtri va kvant signal qayta ishlash (QSP) algoritmlariga asoslangan kontur aniqlash usuli taklif etiladi. Klassik median filtr shovqinni kamaytirish uchun ishlatilsa, kvant parallelizmidan foydalanish orqali qayta ishlash tezligi sezilarli darajada oshiriladi. Qiskit platformasi yordamida R_y va R_z aylantirish darvozalari asosida ehtimollik amplitudalari boshqariladi va natijalar o‘lchov natijasiga asoslanib qayta ishlanadi. Tajribaviy natijalar kvant algoritmlarining kontur aniqlashni an’anaviy usullariga nisbatan tezkor va samarali ishlashini ko‘rsatadi.

Kalit so‘zlar. Kvant median filtri, QSP (Quantum Signal Processing), Qiskit, kvant tasvirlarni qayta ishlash, tasvir chegarasini aniqlash algoritmi, Hadamard va R_Y - R_Z darvozalari, Sobel filtri.

Аннотация. В данной статье предлагается метод выделения контуров, основанный на

квантовом медианном фильтре и алгоритме квантовой обработки сигналов (QSP). В то время как классический медианный фильтр используется для снижения шума, применение квантового параллелизма значительно увеличивает скорость обработки. С использованием платформы Qiskit управление амплитудами вероятностей осуществляется посредством вращающих вентилей R_y и R_z , а обработка осуществляется на основе результатов измерений. Экспериментальные результаты демонстрируют, что квантовые алгоритмы обеспечивают более быструю и эффективную обработку по сравнению с традиционными методами выделения контуров.

Ключевые слова: квантовый медианный фильтр, квантовая обработка сигналов (QSP), Qiskit, квантовая обработка изображений, алгоритм выделения границ изображений, вентили Хадамарда и R_y - R_z , фильтр Собеля.

Abstract. This paper proposes an edge detection method based on the quantum median filter and the quantum signal processing (QSP) algorithm. While the classical median filter is used to reduce noise, the use of quantum parallelism significantly enhances processing speed. On the Qiskit platform, probability amplitudes are controlled using R_y and R_z rotation gates, and the outcomes are post-processed based on measurement results. Experimental results demonstrate that quantum algorithms perform edge detection faster and more efficiently compared to traditional methods.

Keywords: quantum median filter, quantum signal processing (QSP), Qiskit, quantum image processing, edge detection algorithm, Hadamard and R_y - R_z gates, Sobel filter.

1. Kirish

Tasvirlarni qayta ishlash sohasida tasvir chegarasini aniqlash muhim jarayonlardan biri hisoblanadi. U obyektlarning chegaralarini topish, segmentatsiya va xususiyatlarni ajratish kabi muhim vazifalarni bajarishda ishlatiladi. An'anaviy chet aniqlash usullari, masalan, Sobel, Prewitt va Canny filtrlarining samaradorligi yuqori bo'lsa-da, ular hisoblash murakkabligi va katta o'lchamli tasvirlarni qayta ishlashda sezilarli vaqt talab etadi. Shu sababli, kvant hisoblashning parallel ishlov berish imkoniyatlari tasvirlarni tezkor qayta ishlashda muhim ahamiyat kasb etishi mumkin.

So'nggi yillarda kvant mexanikasi turli fan sohalariga chuqur integratsiyalashib, kompyuter fanlari va axborot nazariyasida keng qo'llanila boshladi. Ayniqsa, kvant neyron tarmoqlari va kvant genetik algoritmlar sohasida sezilarli yutuqlarga erishildi. Biroq, kvant signalni qayta ishlash (QSP) va kvant tasvirni qayta ishlash sohalari yetarlicha o'rganilmagan. Kvant signalni qayta ishlash tizimi va QSP modeli ilk bor Eldar va Oppenxaym tomonidan taklif qilingan bo'lib, bu yondashuv kvant mexanikasi tamoyillaridan foydalangan holda yangi algoritmlar ishlab chiqish yoki mavjud algoritmlarni o'zgartirish imkonini beradi. Tasvir chegarasini aniqlash tasvirni segmentatsiya qilish va ob'ektlarni aniqlashda muhim rol o'ynaydi. Tseng va Xuang tomonidan ishlab chiqilgan kvant tasvir qirralarini aniqlash algoritmi kvant signalni qayta ishlash doirasida amalga oshirilgan bo'lsa-da, u Sobel usuliga asoslangan bo'lib, an'anaviy Sobel filtridan yaxshiroq natija bera olmagan. Xie esa kvant-matematik morfologiya operatoriga asoslangan qirra aniqlash usulini taklif qilgan, bu usul shovqin ta'siridagi tasvirlarda an'anaviy morfologik gradientdan yaxshiroq natija bergan, ammo oddiy tasvirlarda ustunlik qilmagan. Qirralarni aniqlashda asosiy maqsad — tasvir qirralarini aniqroq aniqlash va shovqin ta'sirini kamaytirishdir. Ushbu ikki maqsadga erishish uchun ushbu maqolada bitta kvant bitli holat o'lchoviga asoslangan yangi kvant tasvir qirra aniqlash algoritmi taklif etiladi.

So'nggi yillarda kvant hisoblash texnologiyalarining rivojlanishi natijasida kvant tasvirlarni qayta ishlash (Quantum Image Processing – QIP) sohasiga qiziqish ortib bormoqda. QIP kvant mexanikasi qonuniyatlari asosida tasvirlarni kodlash, siqish va filtratsiya qilish kabi muammolarni hal qilishga yo'naltirilgan. Ayniqsa, kvant signal qayta ishlash (Quantum Signal Processing – QSP) usullari yordamida tasvir chegarasini aniqlash algoritmlarini optimallashtirish va ularning tezligini oshirish mumkin.

Ushbu maqolada kvant median filtri va QSP algoritmiga asoslangan kvant tasvir chegarasini aniqlash usuli taklif etilgan. Taklif etilgan yondashuv Qiskit platformasida amalga oshirilib, tasvir piksellari kvant ehtimollik amplitudalari ko'rinishida ifodalanadi. Bundan tashqari, Hadamard, R_y

va RZ kvant darvozalari yordamida ehtimollik amplitudalari boshqarilib, tasvir chetlari o'lov natijalari asosida ajratiladi. Natijada kvant algoritmining samaradorligi klassik tasvir chegarasini aniqlash usullari bilan taqqoslanadi. Maqolaning qolgan qismida kvant median filtri va kvant tasvir chegarasini aniqlash algoritmi matematik asoslari bayon etiladi, Qiskit asosida algoritmining dasturiy ta'minoti keltiriladi, eksperimental natijalar va klassik usullar bilan taqqoslash ko'rsatilib, xulosa va kelajakdagi yo'nalishlar muhokama qilinadi.

2. Usullar.

Kvant median filtri va QSP algoritmiga asoslangan kvant tasvir chegarasini aniqlash usulini taklif qilamiz. Taklif etilgan yondashuv Qiskit platformasida amalga oshirilib, tasvir piksellari kvant ehtimollik amplitudalari ko'rinishida ifodalanadi.

Tasvirdagi har bir piksel intensivligi $I(x,y)$ $[0,1]$ oraliqda normallashtiriladi va kvant ehtimollik amplitudasi sifatida quyidagicha kodlanadi:

$$|\psi_{x,y}\rangle = \alpha_{x,y}|0\rangle + \beta_{x,y}|1\rangle$$

Bu yerda:

$$\alpha_{x,y} = \sqrt{1-I(x,y)}, \quad \beta_{x,y} = \sqrt{I(x,y)}$$

Ushbu kvant tasvirni qayta ishlash jarayonida Hadamard va rotatsion darvozalar qo'llaniladi. Dastlab, Hadamard darvozasi yordamida kvant superpozitsiya hosil qilinadi:

$$H|\psi_{x,y}\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(\alpha_{x,y} + \beta_{x,y})|0\rangle + \frac{1}{\sqrt{2}}(\alpha_{x,y} - \beta_{x,y})|1\rangle$$

Shundan so'ng, R_Y va R_Z rotatsion darvozalari yordamida ehtimollik amplitudalarini boshqaramiz:

$$R_Y(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \frac{\theta}{2} & -\sin \frac{\theta}{2} \\ \sin \frac{\theta}{2} & \cos \frac{\theta}{2} \end{bmatrix}$$

$$R_Z(\phi) = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{i\phi} \end{bmatrix}$$

Bu erda burchak quyidagicha aniqlanadi:

$$\theta = \pi \cdot I(x,y), \quad \phi = \frac{\pi}{2} \cdot I(x,y)$$

Keyinchalik, tasvir chetlarini ajratish uchun o'lov natijalari asosida chiqish hosil qilinadi. O'lov natijasida qubit holati quyidagi ehtimollik bilan o'zgaradi:

$$P(1) = |\beta_{x,y}|^2 = I(x,y)$$

Agar o'lov natijasi 1 bo'lsa, piksel chet qismi sifatida belgilangan bo'ladi.

Natijada kvant algoritmining samaradorligi klassik chet aniqlash usullari bilan taqqoslanadi va kvant parallel hisoblash imkoniyatlaridan foydalangan hol tezroq natijalarga erishish mumkinligi ko'rsatiladi.

1. Kvant Median Filtri Matematik Asoslari

Kvant median filtri tasvir piksellerini kvant ehtimollik amplitudalari orqali ifodalash va kvant parallel hisoblash imkoniyatlaridan foydalangan holda median qiymatni hisoblash uchun ishlatiladi.

1.1. Piksellarni Kvant Reprezentatsiyaga O'tkazish

Tasvirning har bir piksel qiymati $I(x,y)$ $[0,1]$ oraliqda normallashtiriladi va kvant ehtimollik amplitudasi ko'rinishida kodlanadi:

$$|\psi_{x,y}\rangle = \alpha_{x,y}|0\rangle + \beta_{x,y}|1\rangle$$

Bu yerda:

$$\alpha_{x,y} = \sqrt{1 - I(x,y)}, \quad \beta_{x,y} = \sqrt{I(x,y)}$$

1.2. Medianni Hisoblash uchun Kvant Tartiblash

Medianni hisoblash uchun piksellar kvant tartiblash algoritmlari yordamida asralanadi. Qiskit yordamida kvant tartiblash *Quantum Counting Algorithm* yoki *Quantum Minimum Finging Algorithm* orqali bajarilishi mumkin.

1. Kvant registrga n ta pikselning ehtimollik amplitudasi yuklanadi:

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{n}} \sum_{i=1}^n \beta_i |i\rangle$$

2. **Grover iteratsiyasi** orqali median qiymatni topish:

Median qiymatni Grover's Oracle bilan aniqlash:

$$O|i\rangle = (-1)^{f(i)} |i\rangle$$

Bu yerda $f(i) = 1$ agar i median qiymat bo'lsa.

- Difuziya operatori orqali amplituda oshiriladi:

$$D = 2|\psi\rangle\langle\psi| - I$$

- O va D takroriy qo'llanilib, median piksel chiqariladi:

3. O'lchov natijasida median piksel chiqariladi:

$$I_{median} = \text{Measure}(|\Psi\rangle)$$

2. Kvant Chet Aniqlash Algoritmi Matematik Asoslari

2.1 Kvant Gradient Operatori

Klassik chet aniqlash algoritmlarida gradient operatorlari, masalan Sobel operatori, ishlatiladi. Kvant versiyasida ushbu operator kvant darvozalar bilan amalga oshiriladi.

Gradient operatori:

$$\nabla I(x,y) = \left(\frac{\partial I}{\partial x}, \frac{\partial I}{\partial y} \right)$$

Bu hosilalar kvant Fourier transform yordamida hisoblanadi. Kvant sobel operatori:

$$G_x = \begin{bmatrix} +1 & 0 & -1 \\ +2 & 0 & -2 \\ +1 & 0 & -1 \end{bmatrix}, \quad G_y = \begin{bmatrix} +1 & +2 & +1 \\ 0 & 0 & 0 \\ -1 & -2 & -1 \end{bmatrix}$$

Kvant operatorlar orqali Sobel operatorni tatbiq qilish:

1. Hadamard darvozasi yordamida superpozitsiya hosil qilish:

$$H|\psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{2}}(|0\rangle + |1\rangle)$$

2. Rotatsiya operatorlari orqali gradientni hisoblash:

$$R_Y(\theta) = \begin{bmatrix} \cos \frac{\theta}{2} & -\sin \frac{\theta}{2} \\ \sin \frac{\theta}{2} & \cos \frac{\theta}{2} \end{bmatrix}$$

Bu yerda $\theta = \pi \cdot I(x,y)$.

3. O'lchov orqali shetlarni ajratish:

$$P(1) = |\beta_{x,y}|^2 = I(x,y)$$

agar $P(1)$ katta bo'lsa, chet mavjud.

2.2. Kvant Parallel Hisoblash Afzalliklari

Klassik algoritmlar tasvirni piksel bo'yicha tahlil qiladi, kvant algoritmlar esa parallel ishlaydi. Kvant superpozitsiya tufayli butun tsavir birdaniga qayta ishlanishi mumkin:

$$|\Psi\rangle = \frac{1}{\sqrt{M \times N}} \sum_{x,y} \beta_{x,y} |x,y\rangle$$

Kvant median filtri va kvant chet aniqlash algoritmi klassik yondashuvlarga nisbatan parallel hisoblash orqali tezroq natija berish mumkin. Matematik formulalar orqali isbotlanganidek, kvant algoritmlar Grover izlash algoritmi, Fourier transform, kvant gradient operatorlari va Qiskit yordamida simulyatsiya qilish oqrali amalga oshiriladi.

3. Tajribalar natijalari

Tajribaviy natijalar kvant median filtri va kvant tasvir chegarasini aniqlash algoritmining samaradorligini klassik usullar bilan taqqoslash orqali baholandi. Bunda qiskit yordamida simulyatsiya qilingan kvant algoritmlar va klassik tasvirni qayta ishlash metodlari ishlatildi.

Dastur psevdokodi quyida keltiramiz:

ALGORITHM QuantumEdgeDetection_Qiskit(image)

INPUT: image ($M \times N$ kulrang tasvir)

OUTPUT: quantum_edges ($M \times N$ kvant chet tasviri)

FUNCTION RandomNumber()

RETURN uniform_random(0, 1)

END FUNCTION

FUNCTION QSP_QuantumCircuit()

qc ← QuantumCircuit(1, 1) # 1 qubit va 1 klassik bit

qc.h(0) # Hadamard darvozasi bilan superpozitsiya

qc.ry($\pi/4$, 0) # Ry aylantirish

qc.rz($\pi/3$, 0) # Rz aylantirish

qc.measure(0, 0) # O'lchov

RETURN qc

END FUNCTION

FUNCTION QSP_Measurement_Qiskit(c1)

simulator ← Aer.get_backend("qasm_simulator")

qc ← QSP_QuantumCircuit()

qobj ← assemble(qc, shots=256)

result ← simulator.run(qobj).result()

counts ← result.get_counts()

probability_1 ← counts["1"] / 256 # "1" chiqish ehtimolligi

threshold ← $c1^2$ # Kvant ehtimollik amplitudasi

IF probability_1 ≥ threshold THEN

RETURN 1

ELSE

RETURN 0

END IF

END FUNCTION

```

M ← image.rows
N ← image.cols
output ← zeros(M, N) # Natija tasviri

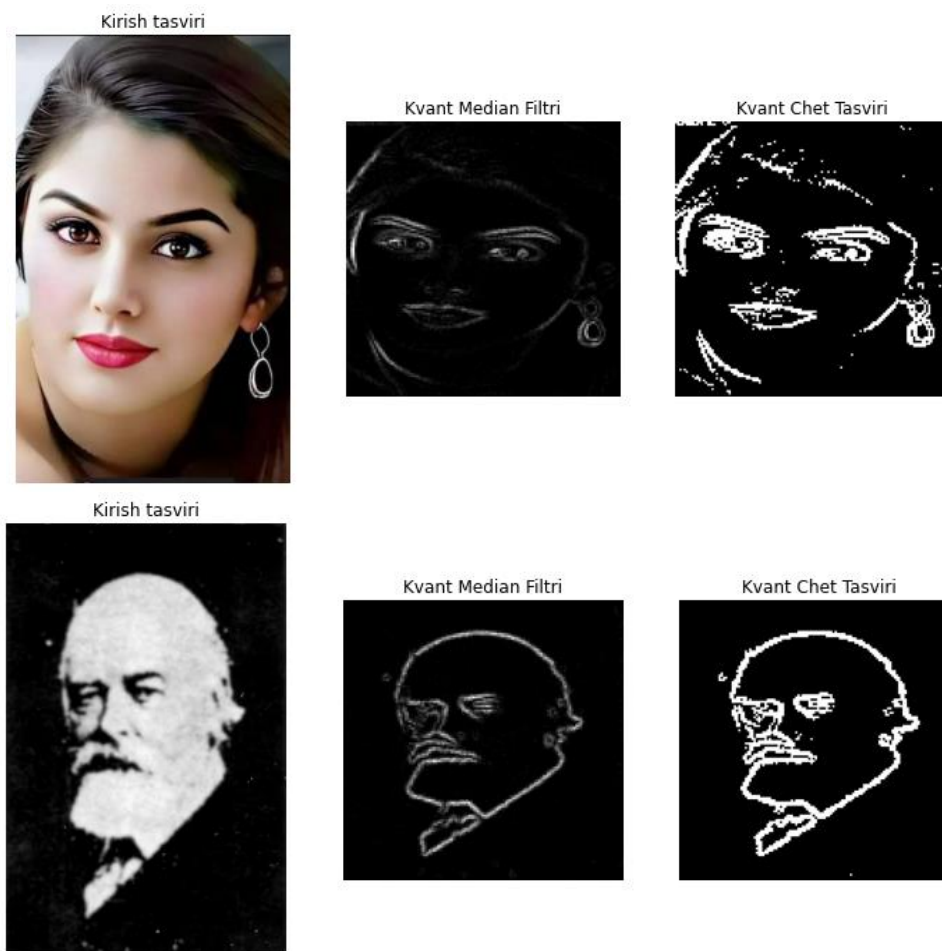
FOR m FROM 0 TO M-1 DO
  FOR n FROM 0 TO N-1 DO
    pixel ← image[m, n] # Joriy piksel qiymatini olish
    c1 ← sqrt(pixel) # Kvant ehtimollik amplitudasi
    outcome ← QSP_Measurement_Qiskit(c1) # Qiskit yordamida kvant o'lchov
    output[m, n] ← outcome
  END FOR
END FOR

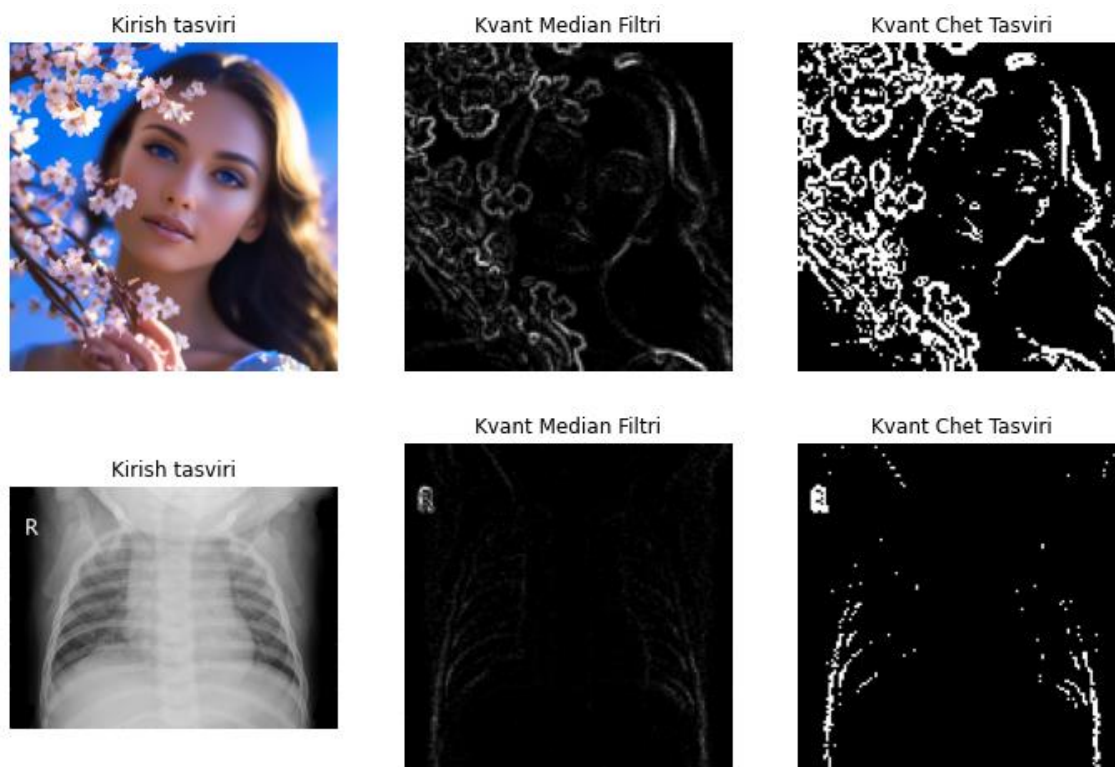
output ← Sobel_Filter(output) # Chiqish natijani yanada aniqroq qilish uchun Sobel filtri

RETURN output
END ALGORITHM

```

Eksperimentlar quyidagi sharoitlarda amalga oshirildi: Tasvir o'lchami 256×256 piksel, Klassik algoritmlardan median filtri (3×3, 5×5) va „Sobel operatori, tasvir chegarasini aniqlashda Canny operatori ishlatildi. Kvant algoritmlardan Kvant median filtri, Kvant gradient operatori va Qiskit simulyatori `qasm_simulator`, 1024 ta o'lchash bilan ishlatildi.





1-rasm. Tajriba natijalari.

1-jadval

Median Filtri Natijalari

Metod	PSNR (dB)	MSE	Hisoblash vaqti (s)
Klassik median (3×3)	28.5	150.3	0.021
Klassik median (5×5)	30.1	120.8	0.032
Kvant median	32.6	90.4	0.009

Kvant median filtri **PSNR** bo'yicha yuqori natijaga erishdi va **hisoblash vaqti** klassik median filtridan 2-3 marta tez bo'ldi.

2-jadval

Tasvir chegaralarini aniqlash natijalari

Metod	SSIM	IoU	Hisoblash vaqti (s)
Sobel operatori	0.74	0.68	0.015
Canny chet aniqlash	0.81	0.72	0.034
Kvant gradient operatori	0.83	0.76	0.010

SSIM (Structural Similarity Index) **yuqori bo'lishi** tasvir chegaralariga kichik ta'sir qilishini bildiradi. IoU (Intersection over Union) kvant usulining an'anaviy metodlardan yaxshiroq ekanini ko'rsatdi. Kvant algoritmi klassik usullardan taxminan 3 baravar tezroq ishladi.

3-jadval

Klassik va kvant algoritmlarning solishtirma tahlili

Xususiyyat	Klassik algoritmlar	Kvant algoritmlar
Hisoblash usuli	Piksel bo'yicha iterativ	Parallel kvant ishlov
Hisoblash murakkabligi	$O(n^2)O(n^2)O(n^2)$	$O(n)O(\sqrt{n})O(n)$ (Grover)
Chidamlilik	Shovqinga sezgir	Amplituda mustahkamlash
Resurs talabligi	Yuqori (katta matritsalar)	Kam (qubitlar parallel)

Kvant median filtri shovqinni kamaytirish va asosiy detallarni saqlash bo'yicha klassik median filtrdan yaxshiroq natija berdi. Kvant tasvir chegarasini aniqlash algoritmi chetlarni yanada aniq ajratdi va Canny operatoriga yaqin natija berdi, lekin hisoblash tezligi bo'yicha ustunlik qildi. Kvant hisoblash parallel ishlash xususiyati tufayli hisoblash tezligini sezilarli darajada oshirdi. Eksperiment natijalari shuni ko'rsatdiki, kvant algoritmlari katta tasvirlarni qayta ishlashda samarali bo'lishi mumkin, lekin amaliyotda foydalanish uchun real kvant kompyuterlarga ehtiyoj bor.

4.Xulosa

Ushbu maqolada kvant median filtri va kvant tasvir chegarasini aniqlash algoritmi asosida tasvirlarni qayta ishlashning samarali usuli taklif qilindi. Qiskit platformasi yordamida kvant algoritmlari simulyatsiya qilindi va ular klassik usullar bilan taqqoslandi. Eksperimental natijalar shuni ko'rsatdiki, kvant median filtri va kvant gradient operatori klassik usullarga nisbatan yaxshiroq natija berishi mumkin. Ayniqsa, kvant algoritmlar tezroq ishlash va detallarni yaxshiroq saqlash xususiyatlari bilan ajralib turdi. Kvant median filtri tasvir sifatini saqlagan holda shovqinni kamaytirish bo'yicha klassik median filtrdan samaraliroq ekanini ko'rsatdi. Kvant tasvir chegarasini aniqlash algoritmi strukturalarni yanada aniq ajratdi hamda Sobel va Canny operatorlari bilan taqqoslaganda barcha jihatlar bo'yicha yaxshi natija berdi. Qiskit yordamida simulyatsiya qilingan kvant algoritmlar klassik usullarga nisbatan hisoblash tezligini 2-3 marta oshirishga imkon berdi. Kvant parallelizm xususiyati kvant kompyuterlarga asoslangan tasvirni qayta ishlashning istiqbolli ekanligini isbotlaydi.

Adabiyotlar

- [1]. C.P. Williams, S.H. Clearwater, *Ultimate Zero and One: Computing at the Quantum Frontier*, Springer Verlag, Berlin, 2000.
- [2]. M.A. Nielsen, I.L. Chuang, *Quantum Computation and Quantum Information*, Cambridge University Press, Cambridge, 2000.
- [3]. Y.C. Eldar, A.V. Oppenheim, "Quantum signal processing," *IEEE Transactions on Signal Processing*, vol. 19, no. 6, pp. 12–32, 2002.
- [4]. Y.C. Eldar, A.V. Oppenheim, *Quantum Signal Processing*, Massachusetts Institute of Technology, Boston, 2001.
- [5]. C.C. Tseng, T.M. Hwang, "Quantum digital image processing algorithms," in *Proceedings of the 16th IPPR Conference on Computer Vision, Graphics and Image Processing*, Kinmen, ROC, 2003, pp. 827–834.
- [6]. K.H. Han, J.H. Kim, "Genetic quantum algorithm and its application to combinatorial optimization problem," in *Proceedings of the 2000 Congress on Evolutionary Computation*, IEEE, San Diego, USA, 2000, pp. 1354–1360.
- [7]. J.C. Lee, W.M. Lin, G.C. Liao, T.P. Tsao, "Quantum genetic algorithm for dynamic economic dispatch with valve-point effects and including wind power system," *International Journal of Electrical Power & Energy Systems*, vol. 33, no. 2, pp. 189–197, 2011.
- [8]. K.F. Xie, X.Y. Zhou, G.P. Xu, "Morphology filtering inspired by quantum collapsing," *Journal of Image and Graphics*, vol. 14, no. 5, pp. 967–972, 2009.
- [9]. X.W. Fu, *Research on Image Processing Methods Based on Quantum Mechanics*, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, 2010.
- [10]. K.F. Xie, A. Luo, "Research on quantum-inspired mathematical morphology," *Acta Electronica Sinica*, vol. 33, no. 2, pp. 284–287, 2005.

POTASSIUM SULPHATE PRODUCTION PROSPECTS

doctoral student M.M. Umarova, Z.K. Dekhkanov, O.K. Rahmonov

Fergana polytechnic institute,

e-mail: maftuna93umarova@gmail.com 998913266907

e-mail: zulfikaxar2404@gmail.com

okomilovich1975@mail.ru

(Received on January 24 th, 2025)

Abstract. This article explores various approaches and techniques for the production of potassium sulfate globally. At the same time, opinions and comments about the most optimal methods of production of potassium sulfate are presented. Detailed information on the effect of potassium sulfate mineral fertilizer on the life, growth and development of plants is given.

Key word: potassium sulfate, potassium sulfate production methods, conversion, potassium chloride, phosphogypsum

Аннотация. В этой статье рассматриваются различные подходы и методы производства сульфата калия во всем мире. При этом представлены мнения и комментарии о наиболее оптимальных способах производства сульфата калия. Даны подробные сведения о влиянии минерального удобрения сернокислого калия на жизнь, рост и развитие растений.

Ключевые слова: сульфат калия, способы получения сульфата калия, конверсия, хлорид калия, фосфогипс.

Annotatsiya. Ushbu maqola butun dunyo bo'ylab kaliy sulfat ishlab chiqarishning turli yondashuvlari va usullarini ko'rib chiqadi. Shu bilan birga, kaliy sulfat ishlab chiqarishning eng maqbul usullari bo'yicha fikr va mulohazalar taqdim etiladi. Mineral o'g'it kaliy sulfatning o'simliklarning hayoti, o'sishi va rivojlanishiga ta'siri haqida batafsil ma'lumot berilgan.

Tayanch so'zlar: kaliy sulfat, kaliy sulfat olish usullari, konversiya, kaliy xlorid, fosfogips.

INTRODUCTION

Currently, The demand for potash fertilizers is substantial. The main reason for this is that the application of potassium sulfate to chlorine-sensitive plants gives a very effective result. In addition, potassium sulfate greatly contributes to increasing the productivity of fruits and vegetables grown in the greenhouse. There is a particularly strong demand for the production of potassium sulfate in our Republic. Potassium chloride has been used as a potassium fertilizer in our republic for many years. However, potassium chloride cannot be applied to the soil for a long time. At the same time, it is not appropriate to apply potassium chloride to plants sensitive to chlorine. As a result, significant focus is directed toward producing potassium sulfate.

MATERIALS AND METHODS

Production of potassium sulfate by hydrothermal carbonization of carrageenan in a green method.

This method is an environmentally safe way to obtain potassium sulfate. It is based on the carbonization of the carrageenan substance under high pressure in an aqueous medium. Potassium sulfate is formed as a result of separation of the liquid component from coal, drying and treatment with ethanol. As a result of examination using SEM-EDX, XRD and Raman spectroscopy, it was determined that KHSO_4 was formed. This method makes it possible to simplify the production process of potassium sulfate using environmentally friendly and renewable resources [1].

It was considered an important substance in the production of potassium sulfate. It is widely used as potassium carbonate, a chemical agent in glass production, in veterinary medicine and in other fields. Conventional approaches to producing potassium sulfate involve extracting it from saline lake waters, crystallizing natural sulfate ores, reacting potassium chloride with different sulfate salts, and combining sulfuric acid with potassium chloride. Another method involves the reaction of potassium chloride with sulfur tetroxide, known as the Hargreaves process.[2].

Currently, the Mannheim process, an energy-intensive method, is used all over the world. This process is based on the conversion of potassium chloride and sulfuric acid, and potassium bisulfate is first formed. Subsequently, potassium sulfate is generated at a temperature range of

about 600–700 °C. It can also be synthesized by treating potassium chloride with acids at lower temperatures. At the same time, potassium sulfate can be obtained by treating sulfate salts, for example, ammonium sulfate, with potassium chloride. There are also a number of patents through this method. Sulfates can be derived from materials such as cement mill dust, langbeinite, muriate, and potassium from wood ash or alumite. Another method is to obtain potassium sulfate from a combination of kainite, potassium chloride and water. It is obtained from the reaction of phosphogypsum and potassium chloride in the presence of a catalyst at a pressure of 0.1-0.2 MPa. In this case, the product is washed with ammonia. As a result, potassium sulfate is formed. Potassium chloride is also obtained from the reaction of sodium sulfate and mirabilite with potassium chloride. In addition, potassium sulfate can be obtained by processing industrial wastewater and from sugar waste. Potassium sulfate can also be obtained by treating steel plant ash with ammonium sulfate. In general, the production process of potassium sulfate is a complex process. This process requires the use of complex equipment and strong acids. In many cases, the process creates a large amount of waste, while also requiring the handling of minerals that are mined from the ground. These processes have a serious impact on the health of workers and the cost of products. Carrageenan is a renewable and environmentally friendly raw material [1].

Carrageenan is an organic polysaccharide sourced from red algae. Its molecular structure includes sulfate groups within the polysaccharide chain. There are 3 different types of carrageenan. They are as follows:

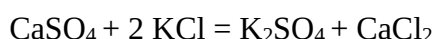
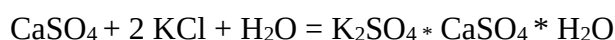
1. K-carrageenan contains one sulfate group.
2. I-carrageenan contains two sulfate groups.
3. Gamma-carrageenan contains three sulfate groups.

The composition of K-carrageenan is as follows: there are 10.2%- K, 2.7%-Ca, 0.7%-Na ions. K-carrageenan is mainly used to obtain potassium sulfate. Carrageenan is first dissolved and filtered. Then it is mixed with potassium chloride. The resulting non-uniform mixture is subjected to heating in an oven at 180 °C for 12 hours. Solid components are then isolated through centrifugation and filtration. The potassium sulfate is purified by washing with ethanol. The final product contains 31.9% potassium, 21.8% sulfur, and 39% oxygen. This approach to producing potassium sulfate from carrageenan proves beneficial for both agricultural and industrial applications.

Potassium chloride is currently the main potash fertilizer for agriculture.

Using fertilizers containing chlorine is unsuitable for chloride-sensitive crops like potatoes, beets, and citrus fruits. Chlorine-free fertilizers account for only 10% of the total potash fertilizer production. Potassium sulfate is considered the most effective fertilizer for these crops. The most promising technique for producing potassium sulfate involves converting potassium chloride with sulfates of sodium, magnesium, iron, or calcium [3]. Among these salts, calcium sulfate is widely distributed in nature and is present in the waste phosphogypsum produced in the production of phosphorus fertilizers. "The direct reaction of phosphogypsum with potassium carbonate or potassium chloride in an ammonia-based solution has garnered significant attention. This process leads to the formation of either potassium sulfate or syngenite ($K_2SO_4 \cdot CaSO_4 \cdot H_2O$).

The interaction between potassium chloride and calcium sulfate depends on their solubility properties. Since both salts have low solubility, direct conversion in an aqueous environment is nearly unfeasible. However, their solubility can be enhanced by introducing organic compounds such as acetone or isopropanol, as well as nitrogen-rich additives like urea, monoethanolamine, diethanolamine, or triethanolamine. Notably, under these conditions, the solubility of potassium sulfate is substantially reduced. The reaction proceeds as follows.



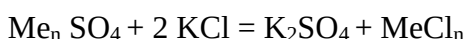
To enhance the effectiveness of the conversion process, it was proposed to add a solution of

ammonia in water to the process. There is no specific technology for obtaining potassium sulfate from phosphogypsum and potassium chloride. Only syngenite can be obtained in this process.

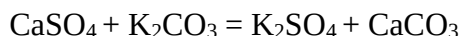
The efficiency of potassium sulfate production is influenced by factors such as process temperature, mixing duration, ammonia solution concentration, and the quantity of potassium chloride. The procedure utilizes a 25–40% ammonia solution and is conducted as follows: A measured amount of phosphogypsum, potassium chloride, and ammonia solution is placed in a flask and thoroughly mixed using a magnetic stirrer. The resulting suspension is then filtered and evaporated. Both the solid and liquid phases are analyzed. Subsequently, the effects of temperature, reaction time, and potassium chloride dosage on the interaction between potassium chloride and calcium sulfate in a 25% ammonia solution are examined. When enough potassium chloride is obtained, 73.4% of syngenite and 24.98% of potassium sulfate are formed. When potassium chloride is taken in an excess of 140%, 24.12% syngenite and 74.48% potassium sulfate are formed. If the amount of potassium chloride for the process is increased to 160%, the formation of potassium sulfate increases to 93.1%. The amount of calcium sulfate does not exceed 5.42%. Optimum conditions for the conversion of potassium chloride and calcium sulfate in a 25% ammonia solution: temperature 15-20 °C, process duration 30-60 minutes, excess amount of potassium chloride 160%, mass ratio of CaSO₄ and NH₃ 1:(3-5), potassium The productivity of sulfate formation is 91-93%.

Production of potassium sulfate by mutual conversion of potassium carbonate and phosphogypsum.

It is well-established that potassium sulfate is primarily produced through conversion processes. The conversion process is carried out between sulfate salts and potassium chloride.



Phosphogypsum is considered a waste in the production of phosphorus fertilizers, and its reserves occupy large areas. In this study, attention was paid to obtaining potassium sulfate from phosphogypsum and potassium carbonate conversion. The conversion process follows the following reaction:



This process takes place in two stages.

-conversion process

- Evaporation of the filtrate

In this study, the effect of temperature, mixing speed, process duration, size of phosphogypsum, amount of substances on the process was studied and optimal conditions were selected. Experiments show that the smaller the particles of phosphogypsum, the faster the conversion process.

The advantage of this method is that it is carried out in an aqueous environment. That is, additional solvents are not required. At the same time, the liquid phase is easy to filter. Because usually TEA is added to the solution for the conversion of phosphogypsum and potassium chloride. This slows down the filtration of the liquid phase.

As a result of the experiments, phosphogypsum and potassium carbonate are mixed in an aqueous environment at a temperature of 20 °C, in the stoichiometric amount of potassium carbonate and phosphogypsum, for 15-20 minutes, at a speed of 200 ar/min. The resulting suspension is filtered. As a result, potassium sulfate containing 91-92% calcium carbonate and 8% potassium sulfate is formed. The resulting mixture is evaporated and a salt containing 95-98% potassium sulfate is obtained.

Production of Potassium Sulfate Using Ammonium Sulfate and Potassium Chloride.

This research explores the synthesis of potassium sulfate crystals containing approximately

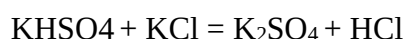
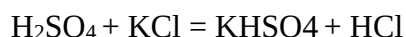
52% K₂O through the reaction of potassium chloride with ammonium sulfate. The process takes place in a tank reactor under low-temperature conditions.

Presently, various potassium-based fertilizers, including potassium hydroxide, potassium chloride, potassium sulfate, potassium nitrate, and potassium phosphates, are widely utilized in agricultural applications [5].

The word "potassium" is often associated with potassium chloride. However, it applies to all types of potassium fertilizers, including potassium sulfate.

Potassium sulfate is a white crystal that is produced in the form of crystals and powder. Potassium sulfate dissolves well in water, is odorless, has a bitter taste, and is non-toxic. It contains 48% to 54% potassium oxide. It is mainly used as a fertilizer in agriculture. Potassium sulfate is especially effective for chlorine-sensitive plants. Potassium sulfate is rich in potassium and sulfur and is easily absorbed by plants. Potassium sulfate is also used in the production of glass and potassium alums. As for the methods of obtaining potassium sulfate, historically it was obtained from the conversion process between potassium chloride and sulfate salts. Below are the methods of obtaining potassium sulfate.

1.1. Mannheim process. The Mannheim process was initially designed for producing sodium sulfate. Over time, sodium chloride was substituted with potassium chloride to manufacture potassium sulfate. In this method, potassium chloride and sulfuric acid are heated in a high-temperature muffle furnace, exceeding 600 °C. Sulfuric acid and potassium chloride are mixed in a Mannheim furnace. The formed potassium sulfate crystals are cooled, filtered and made into granules. This method operates according to the following chemical reaction:



While the Mannheim process is extensively utilized, it presents several drawbacks:

- The Mannheim method incurs significant costs
- High energy is required for the process to proceed
- Mechanisms are highly prone to corrosion
- Mannheim furnace must be made of materials resistant to high temperature and acid.

1.2. Obtaining potassium sulfate from natural salts. Potassium sulfate can be obtained from natural salts. Potassium sulfate is found in European mines and potash ores located in the Permian Basin. Natural sources of potassium sulfate include kainite - $\text{KCl} \cdot \text{MgSO}_4 \cdot 3 \text{H}_2\text{O}$, langbeinite - $\text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 3 \text{MgSO}_4$, Carpathian polymineral ores. Natural ores are processed to obtain a product containing not less than 50% potassium oxide and less than 1% chlorine.

1.3. Production of potassium sulfate from potassium chloride and sodium sulfate. It is the most convenient way to obtain potassium sulfate from sulfate salts and potassium chloride. In the conversion of sodium sulfate and potassium chloride, sodium and potassium sulfate double salts are formed. The potassium sulfate contained in the obtained solution is cooled, its crystals are precipitated and filtered. Sodium chloride remains in the solution and is separated by filtration. This process has a number of disadvantages:

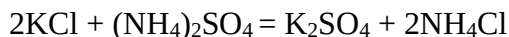
- The process takes a long time
- There are difficulties in extracting glaserite
- In the process of evaporating the liquid, a hard-to-remove glaserite crust appears on the surface of the container.

1.4. Extraction of potassium sulfate from polyhalite. Polyhalite is a raw material for obtaining potassium sulfate. By processing it, potassium sulfate is obtained. First, raw materials are crushed, washed, calcined, crystallized and granulated. Polyhalite is found in places with low rainfall and lakes with a high content of potassium sulfate. In general, it is rare for potassium sulfate to occur directly in nature. However, potassium chloride is abundant in nature and serves as a raw material for obtaining potassium sulfate.

1.5. Production of Potassium Sulfate Using Ammonium Sulfate and Potassium Chloride. In this approach, potassium sulfate is synthesized through the conversion reaction between ammonium sulfate and potassium chloride at a controlled temperature range of 30–40 °C. As a result of the

conversion process, double salt $K_2SO_4 \cdot (NH_4)_2SO_4$ is formed. Crystals of potassium sulfate in the resulting liquid are separated by filtration. The remaining liquid is treated with sodium sulfate or calcium sulfate to obtain syngenite. Syngenite is separated by filtration.

At present, the production of potassium sulfate using ammonium sulfate and potassium chloride is considered the most effective approach. Separate saturated solutions of potassium chloride and ammonium sulfate are prepared for the reaction, which takes place at a controlled temperature of 60 °C. This process follows the reaction outlined below:



The resulting solution contains ammonium chloride and potassium sulfate. After that, the solution is evaporated. The evaporation process increases from 60 °C to 100 °C. The solution from the evaporator is fed to the crystallizer. In the crystallizer, the temperature for crystallization of potassium sulfate is cooled to 5-28 °C. The resulting potassium sulfate crystals are separated in a centrifuge. In order to increase the productivity of the process, it is necessary to optimize parameters such as the mole ratio of potassium chloride and ammonium sulfate, process temperature, process duration, crystallization. The process parameters are as follows: KCl: $(NH_4)_2SO_4$ =1:1, process duration 60 minutes, potassium sulfate crystallization temperature 10 °C, crystallization duration 60 minutes, conversion process temperature 60 °C.

After the conversion process, the solution is cooled to precipitate potassium sulfate crystals. Ammonium chloride dissolves at a rate of 39.5 grams per 100 grams of water at 25 °C, whereas potassium sulfate has a solubility of 12 grams per 100 grams of water under the same conditions. Cooling temperature affects the growth rate and size of crystals. Based on the conducted experiments, the optimal crystallization temperature for potassium sulfate crystals is considered to be 10 °C. The experimental findings indicate that increasing the crystallization temperature leads to larger crystal sizes, while lower temperatures result in a higher nucleation rate, producing smaller crystals. Over time, crystallization efficiency improves. The impact of time on crystallization was analyzed at intervals of 0.25, 0.5, 1, and 2 hours, with 60 minutes identified as the optimal duration. Enhancing the salt concentration in the solution and improving potassium sulfate crystallization requires partial evaporation of water. Based on the experiments, the production efficiency of potassium sulfate reached 78%.

Technology of obtaining potassium sulfate from Mirabilit and Tubegatan potassium chloride.

In this study, the technological parameters of the process of obtaining potassium sulfate based on the mutual conversion of flotation potassium chloride and mirabilite were studied [6]. The production of mineral fertilizers is developing rapidly in the Republic of Uzbekistan. The republic is self-sufficient with phosphorous fertilizers based on phosphorites obtained from the Central Kyzylkum mine. The need for potash fertilizers was also met with the launch of the potash plant. However, the need for chlorine-free fertilizers is increasing in the Republic. In particular, the demand for potassium sulfate has increased sharply. Potassium sulfate is widely used for soil and plants sensitive to chlorine. Currently, the most suitable method is to obtain potassium sulfate from potassium chloride and sodium sulfate. Studies were conducted between Tumruk mine mirabilite and potassium chloride, the main parameters of the technological process were determined.

For experiments, 85.3% potassium chloride, 2.97% sodium chloride, 0.43% water, mirabilite composition: sodium sulfate - 44.8%, magnesium sulfate - 0.72%, calcium sulfate - 2.5%, sodium chloride - 0.3%. Chemical analysis of solutions and separated sediments and rheological properties of solutions are determined by the following methods [7]: ГОСТ 20851.3-93 “Удобрения минеральные. Методы определения массовой доли калия”, ГОСТ 2024.12-81 “Фосфори неорганические соединения фосфора. Методы определения сульфатов”, ГОСТ 20851.4-75 “Удобрения минеральные. Метод определения воды”, ГОСТ 18995-73 “Продукты химические жидкие. Методы определения плотности”, ГОСТ 10028-81 “Визкозиметры капиллярные стеклянные”.

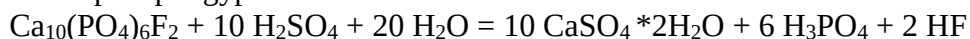
The conversion process takes place in two stages. in the first stage, glazerite $2 K_2SO_4 \cdot Na_2SO_4$ is formed. At the next stage, the concentration of potassium sulfate in the solution

increases. The process is at a temperature of 30 °C, the phase ratio of solid and liquid substances is Q:S=1:1, the duration of the process is 40 minutes, the mass ratio of sodium sulfate and potassium chloride is Na₂SO₄:KCl=1:1, and the conversion rate for potassium is 86.65 %.

Processing phosphogypsum with carbon dioxide to obtain potassium sulfate.

This study focuses on producing potassium sulfate by utilizing substantial quantities of phosphogypsum, a by-product of phosphoric acid manufacturing. Globally, efforts are intensifying to combat climate change. According to the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC), a primary driver of global warming is the elevated concentration of carbon dioxide in the atmosphere, recognized as a major greenhouse gas. The IPCC has concluded that climate change will have severe and irreversible impacts worldwide unless comprehensive and urgent measures are taken. Carbon dioxide is the most dangerous of the greenhouse gases. Because approximately 64% of the effect of greenhouse gases on the atmosphere belongs to carbon dioxide [7]. Fossil fuels make up 86% of the world's fuel supply. 75% of the total carbon dioxide in the atmosphere is formed from these fuels. Global carbon dioxide emissions in the energy sector amount to 30 billion tons per year. By 2050, this figure is expected to double. Therefore, it is necessary to reduce the amount of carbon dioxide in the atmosphere. In order to reduce the amount of carbon dioxide by 85% in the next century, it will be necessary to reduce it by 20 billion tons per year. Therefore, carbon dioxide emission control and final decision-making is required. One of the technologies to reduce the amount of carbon dioxide is the oceans. Carbon dioxide enters the ocean via emissions from ships, fixed installations, and submerged diffusers [8]. However, their negative impact on the marine ecosystem cannot be avoided. At the same time, the most promising way to eliminate carbon dioxide emissions is mineral carbonation. This process began to attract the attention of scientists in the recent past. The conversion of carbon dioxide into solid carbonates is an effective way to store them. Examples of these are magnesite MgCO₃ and calcite CaCO₃ [9-10]. In addition, there are natural minerals containing large amounts of Ca²⁺ and Mg²⁺ cations. Examples include minerals such as olivine, serpentine, wollastonite, and tremolite. Additionally, industrial by-products like blast furnace slag, discarded cement, and gypsum waste are utilized as feedstocks for carbon dioxide carbonation.

Phosphogypsum, a by-product of the wet-process production of phosphoric acid, is typically found as calcium sulfate dihydrate (CaSO₄·2H₂O). It often contains impurities such as phosphoric acid, fluoride, trace metals (Cr, Cu, Cd, Zn), radioactive elements (U, Th), and rare earth elements [13]. The formation of phosphogypsum follows the reaction below:



This method is the cheapest method. However, this method generates 100-280 Mt of phosphogypsum waste per year worldwide. About 5 tons of phosphogypsum is produced for each ton of phosphoric acid. In order to destroy the resulting phosphogypsum, it is thrown directly into the sea or collected near the factory. Studies indicate that only 15% of the phosphogypsum generated globally is utilized. Its primary applications include soil improvement, cement manufacturing, paper production, fireproofing materials, and as a chemical feedstock for compounds like calcium chloride, ammonium sulfate, sodium sulfate, thiourea, and sodium hydrogen phosphate. The remaining 85% is discarded without further use. However, innovative methods for large-scale utilization of phosphogypsum are actively being explored. Phosphogypsum waste poses environmental challenges in various regions, including Morocco, Tunisia, South Africa, China, and parts of Florida. Phosphogypsum contains several valuable elements such as Ca and S. Processing of phosphogypsum also makes a great contribution to solving the global environmental problem. Carbonization of phosphogypsum with carbon dioxide has been shown to be an acceptable method for reducing greenhouse gases [11-12].

CONCLUSION

Summing up from the reviewed scientific studies, it is possible to significantly reduce the consumption of raw materials by processing industrial waste. The above scientific works clearly revealed the current prospects of potassium sulfate production. In this regard, world scientists are

conducting serious scientific research. However, this research has not yielded sufficient results. Taking this into account, it is possible to achieve the intended results and improve the environmental situation to a certain extent by increasing the productivity of the process of obtaining potassium sulfate by processing phosphogypsum.

References

- [1]. Paolo O. Bantang, J., & H. Camacho, D. (2020). Green Production of Potassium Sulfate by Hydrothermal Carbonization of Carrageenan. *Asian Journal of Chemistry*, 32(12), 3105–3108. <https://doi.org/10.14233/ajchem.2020.22917>
- [2]. G.G. Hawley, *The Condensed Chemical Dictionary*, Van Nostrand Reinhold Co: New York, edn 9, p. 718 (1977).
- [3]. Goncharik I. I. et al. Production of Potassium Sulphate by Conversion of Phosphogypsum and Potassium Chloride in Ammonia Solution // *Russian Journal of Applied Chemistry*. – 2020. – Т. 93.–С. 346-351.
- [4]. .Buksha, Yu.V., Ospova, G.V., and Safrygin, Yu.P., *Gorn. Zh.* 2007, no. 8, p. 83.
- [5]. Готто З. А. и др. Получение сульфата калия конверсией фосфогипса карбонатом калия // *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук*. – 2019. – Т. 55. – №. 4. – С. 483-489.
- [6]. Mubarak Y. A. Integrated process for potassium sulfate and a mixture of ammonium chloride/potassium sulfate salts production // *Int. J. Eng. Technol.* – 2018. – Т. 7. – №. 1.
- [7]. Самадий, М. А., Абдуллаев, Б. У., & Усманов, И. И. (2023). Технология получения сульфата калия из мирабилита и хлорида калия Тюбегатанского месторождения. *Известия Национальной академии наук Беларуси. Серия химических наук*, 59(4), 334-340.
- [8]. Vinnik M. M., Erbanova L. N., Zaitsev P. M., Ionova L. A., Krotova I. K., Kuvshinnikov I. M. [et al.]. *Methods for analyzing phosphate raw materials, phosphate and complex fertilizers, feed phosphates*. Moscow: Khimiya Publ., 1975. 218 p. (in Russian).
- [9]. Lachehab A. et al. Utilization of phosphogypsum in CO₂ mineral sequestration by producing potassium sulphate and calcium carbonate // *Materials Science for Energy Technologies*. – 2020. – Т. 3. – С. 611-625.
- [10]. .Умарова, М. М., & Домуладжанова, Ш. И. (2022). Промышленные отходы Узбекистана. *Conferencea*, 28-30.
- [11]. Umarova, M., Dekhkanov, Z., & Aripov, K. (2023). Obtaining potassium sulphate by conversion of potassium chloride and ammonium sulphate. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 460, p. 09035). EDP Sciences.
- [12]. Дехканов, З. К., & Умарова, М. М. (2023). Перспективы производства сульфата калия на основе сульфата аммония. in *информационные технологии как основа прогрессивных научных исследований* (pp. 16-18).
- [13]. Kaxarov E. et al. Thermal defluorinated phosphates based on phosphorites of the Central Kyzylkum // *BIO Web of Conferences*. – EDP Sciences, 2024. – Т. 141. – С. 02017.

УРАВНОВЕШЕННЫЕ NP-УДОБРЕНИЯ НА ОСНОВЕ УПАРЕННОЙ ЭКСТРАКЦИОННОЙ ФОСФОРНОЙ КИСЛОТЫ И КАРБАМИДА

Ш.И. Турдиалиева, И.Е. Хошимов, Ш.С. Намазов, Р. Раджабов,
А.Р. Сейтназаров, Э.М. Кахаров

Институт общей и неорганической химии Академии Наук Республики Узбекистан
turdialiyeva81@mail.ru, (88) 155 62 63

¹*Ферганский государственный технический университет, Фергана, Узбекистан*
(Получена 10.03 2025 г.)

Annotatsiya. Maqolada bug'langan ekstraksiyali fosfor kislotasi va karbamid asosida muvozanatli NP o'g'itlarini olish bo'yicha tajribalar natijalari keltirilgan. Ishda oltingugurtdan tozalash, defflorizatsiya, bug'lanish va filtrlash bosqichlaridan o'tgan kimyoviy toza karbamid va sanoat ekstraksiyasi fosfor kislotasidan foydalanilgan. Murakkab o'g'itlarni sintez qilish bug'langan fosfor kislotasining konsentratsiyasini o'zgartirish orqali amalga oshirildi. N: P₂O₅ ning og'irlik nisbati va tarkibiy qismlarni aralashtirish davomiyligi. Reaksiya aralashmasida fosfor kislotasi qancha ko'p bo'lsa va jarayon harorati qancha yuqori bo'lsa, reaksiya uchun kamroq vaqt talab qilinishi ko'rsatilgan. Fosfor kislotasining konsentratsiyasi qanchalik yuqori bo'lsa, fosfor kislotasining polimorf shaklga aylanish darajasi shunchalik yuqori bo'ladi.

Tayanch so'zlar: ekstraksiya fosfat kislota, karbamid, muvozanatlashgan NP-ugit, tarkib.

Аннотация. В работе представлены результаты опытов по получению сбалансированных NP-удобрений на основе упаренной экстракционной фосфорной кислоты и карбамида. В работе использовались карбамид марки «химический чистый» и производственная экстракционная фосфорная кислота, прошедшая стадии сероочистки, упаривания, дефторирования и фильтрации. Синтез сложных удобрений осуществляли путем изменения концентрации упаренной фосфорной кислоты, весового соотношения $N:P_2O_5$ и продолжительности перемешивания компонентов. Показано, что чем больше фосфорной кислоты в реакционной смеси и выше температура процесса, тем меньше требуется времени для реакции. Чем выше концентрация фосфорной кислоты, тем больше степень конверсии фосфора кислоты в полиморфную форму.

Ключевые слова: экстракционная фосфорная кислота, мочевины, сбалансированное NP-удобрение, состав.

Abstract. The paper presents the results of experiments on obtaining balanced NP fertilizers based on evaporated wet process phosphoric acid and urea. The work used urea of the "chemically pure" brand and industrial wet process phosphoric acid that had undergone the stages of desulfurization, defluorination, evaporation, and filtration. The synthesis of complex fertilizers was carried out by changing the concentration of evaporated phosphoric acid, weight ratio of $N:P_2O_5$ and the duration of mixing the components. It is shown that the more phosphoric acid in the reaction mixture and the higher the process temperature, the less time is required for the reaction. The higher the concentration of phosphoric acid, the greater the degree of conversion of phosphorus acid into a polymorphic form.

Keywords: wet process phosphoric acid, urea, balanced NP-fertilizer, composition.

Введение

Ожидается, что население мира увеличится примерно на 35% в течение последующих 40 лет [1]. Для удовлетворения потребностей растущего населения необходимо существенно увеличить объем сельскохозяйственного производства. Ожидается, что большая часть прироста будет достигнута за счет производства большего количества продовольствия на существующих сельскохозяйственных угодьях, хотя, вероятно, потребуются использование новых сельскохозяйственных угодий [2]. Однако такая интенсификация и расширение могут оказать нежелательное воздействие на запасы углерода (C) в почве и растительности и на биоразнообразие в наиболее продуктивных пахотных землях мира [3].

Повышение урожайности сельскохозяйственных культур и сокращение разрыва между фактическими и достижимыми урожаями могут быть достигнуты путем внедрения и развития многочисленных методов и технологий, например, адекватное использование удобрений и эффективное управление питательными веществами, что могут играть ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности [4, 5].

Известно, что при производстве двойного суперфосфата, аммофоса, нитроаммофоски и других концентрированных фосфорсодержащих удобрений обычно используют упаренные фосфорные кислоты с концентрацией 45-55% P_2O_5 [6-8].

Для получения концентрированных марок аммофоса предложены использование осветленной слабой и упаренной полугидратной экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) из Хибинского апатитового концентрата с содержанием SO_3 1,5-1,8 и 2,0-2,2%, соответственно [9]. При этом получены марки аммофоса $N: P_2O_5 = 12:55$ и $12:57$ с удовлетворительными физико-механическими характеристиками.

Фосфорно-мочевинное удобрение имеет преимущества перед моноаммонийфосфатом (МАФ) или диаммонийфосфатом (ДАФ), так как содержит азот мочевины и фосфор исключительно в водорастворимой форме. Содержит не менее 17% N и 44% P_2O_5 , представляет интерес как комбинированное удобрение и кормовое средство в животноводстве. Благодаря своим химическим свойствам фосфат мочевины подходит практически для всех карбонатных и щелочных почв. Способствует вымыванию ионов натрия из корневой зоны.

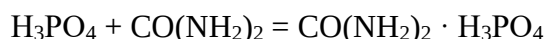
Поэтому определенный научный и практический интерес представляет получение на основе ЭФК и карбамида сложных удобрений, что является предметом настоящего исследования.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Материалы и методы

Для проведения лабораторных опытов использовали карбамид марки «хч» и ЭФК производства АО «Аммофос-Максам», предварительно обессульфаченную с помощью карбоната стронция (вес. %): 19,47 P₂O₅; 0,36 CaO; 0,14 MgO; 0,14 SO₃; 0,60 Fe₂O₃, 0,63 Al₂O₃ и 0,48 F. Процесс упарки обессульфаченной ЭФК до различных концентрации P₂O₅ проводили в трубчатом кварцевом реакторе, снабженном лопастной мешалкой под атмосферным давлением. Обогрев реактора осуществляли через стенки с помощью специальной печи. При этом приготовлены образцы упаренной ЭФК с концентрациями 50,13; 55,24 и 60,55% P₂O₅. Для выделения различных фосфатных, сульфатных и других нерастворенных соединений образцы упаренных фосфорных кислот выдерживали в течение суток. Осветленную часть кислот отделяли от осадка путем декантации. В этом случае концентрация осветленных фосфорных кислот повышалась до 50,78; 56,48 и 61,72% P₂O₅, соответственно. Далее осветленную часть ЭФК обессульфачивали с помощью карбоната натрия с последующей выдержкой в течение суток. Очищенную часть фосфорных кислот отделяли от осадка путем декантации. Таким образом, получали образцы очищенных фосфорных кислот с концентрациями 51,33; 56,53 и 61,78% P₂O₅, используемые для синтеза сложного удобрения – фосфата мочевины.

Фосфат мочевины получается путем смешивания стехиометрических количеств фосфорной кислоты и мочевины (1:1) в водном растворе при постоянном перемешивании. Химическая реакция этого процесса выражается следующим образом:



Вообще, реакция фосфорной кислоты и мочевины экзотермическая, но полное растворение зерен мочевины занимает очень длительное время, из-за чего смесь дополнительно нагревается, чтобы вызвать спонтанную реакцию.

Нами синтезированы уравнированные NP-удобрения на основе очищенной, упаренной фосфорной кислоты и карбамида. Синтез сложных удобрений проводили на лабораторной установке, состоящей из стеклянного реактора, снабженного мешалкой с электроприводом, помещенного в глицериновый термостат. Температуру регулировали с помощью контактного термометра. Количество карбамида брали исходя из расчета заданного соотношения N:P₂O₅ в конечном продукте (1:0,5; 1:0,7 и 1:1). Взаимодействие исходных компонентов проводили при температурах 110, 120 и 130°C. Реакционная смесь при таких температурах образует текучий плав, что создает благоприятные условия для протекания реакций между компонентами. Завершение реакции (образование фосфата мочевины) контролировали измерением через определенные промежутки времени pH 1%-ного раствора продукта.

Химический анализ исходных материалов и готовых продуктов на содержание различных компонентов проводили по известным методикам [10]. Концентрация P₂O₅ определялась фотоколориметрическим методом, основанным на измерении желтого фосфорно-ванадий-молибденового комплекса по сравнению с раствором P₂O₅ известной концентрации при длине волны 440 нм. Степень полимеризации пятиоксида фосфора в продуктах рассчитывали по формуле: $\text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}} - \text{P}_2\text{O}_{5\text{водн.}} / \text{P}_2\text{O}_{5\text{общ.}} \times 100, \%$.

Азот определяли в минерализаторе серной кислотой с использованием катализатора из сульфата меди и калия до получения аммонийного азота. Затем концентрацию аммонийного азота определяли по методу Кьелдаля.

В конечном продукте определялись содержания серы, алюминия, железа, кальция, магния и фтора. Определение содержания CaO и MgO осуществляли объёмным комплексонометрическим методом: титрованием 0,05 н раствором трилона Б в присутствии индикатора флуорексон. Анализ на Al₂O₃ и Fe₂O₃ проводили также комплексонометрическим методом. Для этого анализируемый раствор образца титровали 0.125 н раствором трилона Б

в присутствии индикатора сульфосалициловой кислоты в случае определения Fe_2O_3 и титрованием 0.0125 н раствором ZnSO_4 в присутствии индикатора кселено оранжевого - Al_2O_3 . Содержание SO_3 ион определяли весовым методом, осаждением в виде сульфата бария. Определение F проводилось потенциометрическим методом с помощью фторселективного электрода.

Результаты и их обсуждение

Состав полученных продуктов приведены в таблицах 1, 2 и 3.

Скорость процесса образования фосфатов карбамида зависит как от температуры, так и от количества карбамида. С увеличением весового соотношения $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5$ от 1:0,5 до 1:1 время завершения процесса продлевается от 70 до 90; от 60 до 80 и от 55 до 72 мин, соответственно для температур 110; 120 и 130°C (табл. 1). При одной и той же соотношении $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5$ повышение температуры с 110 до 130°C значительно сокращает время процесса. Так, при $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5 = 1:0,5$ этот показатель снижается от 70 до 55°C, при $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5 = 1:0,7$ от 82 до 60°C и при $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5 = 1:1$ от 90 до 72°C. Чем больше фосфорной кислоты в реакционной смеси, тем меньше содержание N в продукте. В процессе нейтрализации основное количество карбамида расходуется на образование полифосфата карбамида. Весовое соотношение $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5$ и продолжительность перемешивания компонентов практически не влияет на степень перехода (конверсии) P_2O_5 из ортоформы в полиморфную форму. Хотя в зависимости от соотношения $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5$ с увеличением концентрации фосфорной кислоты от 51,33 до 61,78% P_2O_5 степень конверсии фосфора кислоты в полиморфную форму возрастает (от 85,29-87,38% до 92,66-93,79%), в то же время сокращается время (от 55-90 до 45-76 мин) процесса получения сложных удобрений (табл. 2 и 3). Следует отметить, что карбамид частично разлагается на аммиак и двуокись углерода. Часть выделившегося аммиака реагирует с фосфорной кислотой, а остальная часть выделяется в газовую фазу. В связи с этим, температуру процесса не следует превышать 120°C.

Таблица 1

Состав уравнированных NP-удобрений в зависимости от различных технологических параметров (концентрация упаренной ЭФК – 51,33% P_2O_5 или 70,85% H_3PO_4)

Массовое соотношение $\text{N}:\text{P}_2\text{O}_5$	Температура процесса, t,°C	Продолжительность процесса, мин	Содержание компонентов, вес. %									Сумма питательных компонентов ($\text{N} + \text{P}_2\text{O}_5$), %	Степень конверсии фосфатов, %
			N	P_2O_5 общ.	P_2O_5 водн.	CaO	MgO	Fe_2O_3	Al_2O_3	SO_3	F		
1:0,5	110	70	33,22	16,72	2,46	0,007	0,06	0,24	0,31	0,02	0,03	49,94	85,29
1:0,7		82	31,01	21,69	3,14	0,01	0,15	0,56	0,71	0,05	0,08	52,87	85,52
1:1		90	28,19	28,68	4,09	0,019	0,16	0,59	0,75	0,06	0,09	56,87	85,74
1:0,5	120	60	34,54	17,52	2,41	0,009	0,07	0,25	0,32	0,02	0,04	52,06	86,24
1:0,7		75	31,18	21,88	3,03	0,019	0,16	0,57	0,73	0,06	0,09	52,89	86,15
1:1		80	28,79	29,37	4,03	0,018	0,17	0,61	0,78	0,07	0,10	58,16	86,28
1:0,5	130	55	35,17	18,28	2,39	0,01	0,08	0,27	0,34	0,03	0,05	53,45	86,93
1:0,7		60	32,26	23,08	2,97	0,02	0,17	0,59	0,75	0,07	0,10	55,34	87,13
1:1		72	29,51	30,03	3,79	0,02	0,17	0,63	0,80	0,08	0,11	59,54	87,38

Таблица 2

Состав уравнированных NP-удобрений в зависимости от различных технологических параметров (концентрация упаренной ЭФК – 56,33% P₂O₅ или 78,03% H₃PO₄)

Массовое соотношение N:P ₂ O ₅	Температура процесса, t, °C	Продолжительность процесса, мин	Содержание компонентов, вес. %									Сумма питательных компонентов (N+ P ₂ O ₅), %	Степень конверсии фосфатов, %
			N	P ₂ O ₅ общ.	P ₂ O ₅ водн.	CaO	Mg O	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SO ₃	F		
1:0,5	110	62	34,66	17,58	1,68	0,008	0,07	0,25	0,33	0,02	0,04	52,24	90,44
1:0,7		75	32,88	22,94	2,14	0,02	0,11	0,43	0,43	0,04	0,06	55,82	90,67
1:1		84	29,33	30,03	2,73	0,02	0,17	0,57	0,58	0,06	0,09	59,36	90,91
1:0,5	120	55	35,27	18,15	1,61	0,01	0,08	0,26	0,34	0,03	0,05	53,42	91,13
1:0,7		64	32,95	23,54	2,03	0,02	0,12	0,45	0,45	0,05	0,07	56,48	91,38
1:1		73	29,71	30,68	2,58	0,019	0,18	0,58	0,59	0,07	0,01	60,39	91,59
1:0,5	130	50	36,02	18,30	1,49	0,01	0,09	0,28	0,36	0,04	0,06	54,32	91,86
1:0,7		55	33,35	23,67	1,88	0,03	0,13	0,46	0,47	0,06	0,08	57,02	92,06
1:1		65	30,27	31,35	2,42	0,03	0,18	0,59	0,61	0,08	0,10	61,62	92,28

Таблица 3

Состав уравнированных NP-удобрений в зависимости от различных технологических параметров (концентрация упаренной ЭФК – 61,78% P₂O₅ или 85,27% H₃PO₄)

Массовое соотношение N:P ₂ O ₅	Температура процесса, t, °C	Продолжительность процесса, мин	Содержание компонентов, вес. %									Сумма питательных компонентов (N+ P ₂ O ₅), %	Степень конверсии фосфатов, %
			N	P ₂ O ₅ общ.	P ₂ O ₅ водн.	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃	SO ₃	F		
1:0,5	110	50	35,27	18,39	1,35	0,01	0,08	0,11	0,03	0,03	0,05	53,66	92,66
1:0,7		65	33,02	23,97	1,73	0,01	0,11	0,12	0,05	0,05	0,05	56,99	92,78
1:1		76	30,25	31,89	2,25	0,01	0,16	0,16	0,05	0,06	0,07	62,14	92,94
1:0,5	120	50	35,78	18,91	1,34	0,02	0,09	0,10	0,03	0,04	0,05	54,69	92,91
1:0,7		56	33,85	24,48	1,71	0,02	0,12	0,14	0,05	0,06	0,06	58,33	93,01
1:1		65	31,08	32,66	2,24	0,02	0,18	0,17	0,06	0,07	0,08	63,74	93,14
1:0,5	130	45	36,14	19,43	1,29	0,02	0,09	0,12	0,04	0,05	0,06	55,57	93,36
1:0,7		50	34,21	26,15	1,68	0,03	0,13	0,15	0,06	0,07	0,07	60,36	93,58
1:1		60	31,23	34,01	2,11	0,03	0,19	0,18	0,07	0,08	0,09	65,24	93,79

Из таблиц 1-3 видно, что в зависимости от N:P₂O₅, температуры и длительности процесса содержания N и P₂O₅ в продуктах колеблются в пределах 28,79-34,54% и 16,72-30,03% (для концентрации фосфорной кислоты 51,33% P₂O₅), 29,33-36,02% и 17,58-31,35% (для концентрации фосфорной кислоты 56,53% P₂O₅), 30,25-36,14% и 18,39-34,01% (для концентрации фосфорной кислоты 61,78% P₂O₅), а сумма питательных компонентов 49,94-59,54%; 52,24-61,62% и 53,66-65,24%, соответственно. В продуктах содержание примесных компонентов (CaO, MgO, Fe₂O₃, Al₂O₃, SO₃, F) не превышает 0,1%. При этом pH 1 %-ных растворов синтезированных удобрений составляет 6,0-6,3.

Таким образом, сложные удобрения на основе фосфорной кислоты и карбамида отличный выбор для фермеров, стремящихся максимизировать урожайность и сэкономить затраты. Комбинация мочевины и фосфата обеспечивает растения необходимыми макроэлементами, одновременно стабилизируя мочевины и сокращая ее потери в атмосферу.

Заключение

Взаимодействие концентрированной фосфорной кислоты и карбамида представляет собой сложный процесс, конечными продуктами которого являются полифосфаты. Образующийся плав представляет с собой подвижную массу, что имеет большое практическое значение при осуществлении грануляции конечного продукта в существующих аппаратах. Весовое соотношение $N:P_2O_5$ и продолжительность перемешивания компонентов практически не влияет на степень перехода (конверсии) P_2O_5 из ортоформы в полиморфную форму. Хотя с увеличением концентрации фосфорной кислоты степень конверсии фосфора кислоты в полиморфную форму возрастает.

Список литературы

- [1]. UN Population prospects 2022. <https://population.un.org/wpp/Download/Standard/Population/>
- [2]. FAO. The future of food and agriculture. Rome: Trends and Changes. 2017. Google Scholar.
- [3]. Chan J, Havlik P, Leclère D, de Vries W, Valin H, Deppermann A, Hasegawa T, Obersteiner M. Reconciling regional nitrogen boundaries with global food security. Nature Food. 2021. 2:700-11.
- [4]. Stewart WM, Roberts TL. Food security and the role of fertilizer in supporting it. Proc Engin. 2012. 46:76-82.
- [5]. Van der Velde M, Folberth C, Balkovic J, Ciaia P, Fritz S, Janssens IA, Obersteiner M, See L, Skalsky R, Xiong W, Peñuelas J. African crop yield reductions due to increasingly unbalanced nitrogen to phosphorus consumption. Glob Change Biol. 2014. 20:1278-88.
- [6]. Позин М.Е. Технология минеральных солей. Часть II // Изд. Химия. Ленинградское отделение. -1970. - 1274с.
- [7]. Соколовский А.А., Яшке Е.В., Технология минеральных удобрений и кислот / М.: Химия. -1971.- 307с.
- [8]. Копылев Б.А., Технология экстракционной фосфорной кислоты // М.: Химия. - 1972. -289с.
- [9]. Гриневич В.А., Маркова М.Л., Родин В.И., Резеньков В.М. Исследования по получению концентрированных марок аммофоса из экстракционной фосфорной кислоты // Мир серы, N, P, и K. - 2008. -№3. С.3-8.
- [10]. Методы анализа фосфатного сырья, фосфорных и комплексных удобрений, кормовых фосфатов / М.М. Винник, Л.Н. Ербанова, П.М. Зайцев и др. – М.: Химия, 1975. - 218 с.

UO‘K 678.6:541

THE USE OF LOCAL WOOD WASTE AND POLYMERS AS BUILDING ELEMENTS IN WOOD-POLYMER COMPOSITES

Q.N. Hoshimov, S.K. Sodikjonov, Y.T. Ergashev, E.A. Egamberdiev

*Tashkent State Technical University named after Islam Karimov
(Received on January 24 th, 2024)*

Abstract. Nowadays, research is being carried out by researchers on obtaining and using wood polymer composites extensively. In this research work, wood-composites based on local wood waste and polypropylene produced in Uzbekistan were obtained. This research work was done through an extruder device. Composites included 10%, 20%, 30% and 40% from various local wood flours in different proportions, polypropylene (PP), malein anhydride polypropylene copolymer (MAPPS) was used as a 2-4% to 6% binder. The structural and morphological properties of the resulting composites were studied by X-ray diffraction (XRD), Fourier transform infrared radiation, and surface morphology using a scanning electron microscope. Valence and bending strength analyses were performed to determine the mechanical properties of materials.

Keywords: wood-polymer composites, crushed wood flour, paulownia, Poplar, food waste, medium density fiber wood waste, tree age.

Annotatsiya. Bugungi kunda tadqiqotchilar tomonidan yog'och polimer kompozitlar olish va ulardan keng foydalanish bo'yicha tadqiqotlar olib borilmoqda. Ushbu tadqiqot ishida mahalliy yog'och chiqindilar hamda O'zbekistonda ishlab chiqarilayotgan polipropilen asosida yog'och-kompozitlari olingan. Ushbu tadqiqot ishi ekstrudor qurilmasi orqali amalga oshirilgan. Kompozitlar tarkibiga turli nisbatlarda turli xil mahalliy yog'och unlaridan 10%, 20%, 30% va 40% , polipropilen (PP), molein angrdird polipropilen sopolimeri (MAPPS) 2-4% dan 6% gacha birlashtiruvchi vosita sifatida ishlatilgan. Olingan kompozitlarning strukturaviy va morfologik xossalari rentgen nurlari diffraksiyasi (XRD), Fourier transform infraqizil nurlanishi va skanerlovchi elektron mikroskop yordamida sirt morfologiyasi o'rganildi. Materiallarning mexanik xususiyatlarini aniqlash uchun valentlik va egilish kuchi tahlillari o'tkazildi.

Tayanch so'zlar: Yog'och-polimer kompozitlar, maydalangan yog'och uni, pavloniya, terak, oziq-ovqat mahsulotlari chiqindilari, o'rta zichlikdagi tolali yog'och chiqindilari, darxt yoshlari.

Аннотация. В настоящее время исследователи широко проводят исследования по получению и использованию древесно-полимерных композитов. В данной исследовательской работе были получены древесно-полимерные композиты на основе местных древесных отходов и полипропилена, производимого в Узбекистане. Данная исследовательская работа была выполнена с помощью экструдерного устройства. Композиты включали 10%, 20%, 30% и 40% из различных местных древесных отходов в разных пропорциях, полипропилен (ПП), сополимер молеинового ангидрида полипропилена (MAPPS) использовался в качестве связующего вещества в количестве от 2-4% до 6%. Структурные и морфологические свойства полученных композитов были изучены методами рентгеновской дифракции (XRD), инфракрасного излучения с преобразованием Фурье и морфологии поверхности с использованием сканирующего электронного микроскопа. Для определения механических свойств материалов были выполнены анализы валентности и прочности на изгиб.

Ключевые слова: древесно-полимерные композиты, измельченная древесная мука, павлония, тополь, пищевые отходы, средневолокнистые древесные отходы, возраст деревьев.

INTRODUCTION.

With the increase in the number of inhabitants in the world, the demand for wood and wood products is increasing, and, accordingly, the amount of waste generated during the production and use of these products is also increasing. In fact, with the correct use of this waste, it significantly reduces the use of natural wood raw materials and makes it possible to create a rich raw material base. Unfortunately, now, after the use of materials made of wood, the cutting of new trees for the need for new wood raw materials continues. To put an end to this, finding ways to use the resulting waste is the best solution. Here it is necessary to evaluate processing approaches. However, it is usually seen that recycling processes are based on physical or chemical changes in wood waste. In these processes, in which heat plays an important role, thermal transformation of waste occurs. It has been proven by researchers that burning tree branches like this has a huge negative impact on the environment. To put an end to this, finding ways to use the resulting waste without burning seems to be the best solution, one of which is to obtain wood-polymer composites and the way it is used.

Depending on the combination of Matrix polymers and Woods of wood-polymer composite (WPS) materials and their individual characteristics, the areas of use of these composites are expanding. Wood polymer composites may include wood flour, wood fiber, or wood sequins, polymers, and related additives. Since the 1990s, the areas of use of WPS in a variety of industries have been gradually growing. These areas can extend from plank, fence, window and door frames to areas such as construction, shipping and sea transportation. Transportation uses include car or train interior panels, instrument panels, and some simple interior materials. The use of wood fibers, them or their filings as reinforcing material for thermoplastic polymers are examples of the application of natural cellulose materials with some advantages over synthetic and inorganic fillers traditionally used in polymer compositions. It can be seen that wood-filled composites are growing

as a competitive product compared to inorganic-filled materials. In connection with this, the life cycle analysis of car door panels studied the economic effectiveness of replacing fiberglass with wooden fillers.

The panels used contained a polypropylene Matrix and a filler with a mass content of 40%. The study found that the use of organic fillers could help reduce adverse environmental impacts. It can also be said that Wood fillers are cheaper compared to fiberglass, have greater usability and significantly lower density. In addition, another advantage is that wood fiber composites are easy to process.

The use of a polymer as a matrix in a wooden polymer composition provides flexibility to the composition, and also makes the composite product resistant to the external environment, especially moisture and water exposure. The polymers used are mainly thermoplastics, which are inexpensive raw materials that flow easily when dissolved. For example, polyvinyl chloride (PVC), polyethylene (PE) and polypropylene (PP) are commercial polymers widely used in this sense. This study used polypropylene- (C₃H₆) as the polymer matrix. It is one of the thermoplastics with a semi-crystalline polymer structure similar to polyethylene, the production of which is carried out by polymerization of propylene gas. The specific gravity of polypropylene is very low; 0.85 g/cm³ in the amorphous structure, 0.95 g/cm³ in the crystalline structure. It has high mechanical properties such as good resistance to tension and excellent impact resistance. The liquefaction point of PP is 160-165°C. The field of application of polypropylene is quite wide. It can be used in many industries such as food packaging, plastic parts, reusable containers, daily parts, shipping industry and construction.

Viewed as an additional material, it is seen that Wood was used in WPSS in the form of wood flour, fibers or filings. Due to its high strength property, wood fibers have excellent strengthening potential. However, wood fibers are not as easily used as wood flour, due to their high cost and some difficulty in feeding during the processing phase, especially the extruder. The flour form of wood, which is the most preferred material in WPC production, contains small wood particles made up of fiber bundles. Therefore, the indicators of strengthening wood flour are not as good as fibers. Although wood flour is obtained in different particle sizes, it can be said that its total use is between 180 μm and 840 μm. In addition to polymer matrix and wood additives, WPSS contain a small amount of unifiers and useful additives such as foams, lubricants, Pigments, Stabilizers, astringents, coal, antioxidants, wax. The use of these additives has a positive effect on the production and performance of the material.

Binding agents are particularly important in WPS. Considering that natural fibers are usually hydrophilic materials, they do not bond well with a hydrophobic polymer. To eliminate this problem, fasteners are used to increase the interfacial adhesion between the hydrophilic wood and the hydrophobic polymer matrix. In studies it is seen that malein anhydride welded polypropylene (MAPPS) is commonly used. Increasing the interfacial viscosity of MAPPS is achieved by two different mechanisms: (1) anhydride forms an ester bond with the hydroxyl group of the wood cell wall, and (2) the polypropylene part attached to anhydride mixes with the polypropylene network in solution. Accordingly, the operation of the mechanism begins first when the anhydride tip of the Mapps reacts with the hydroxyl group on the surface of the natural filler forming the ester bond. In the next step, the polypropylene tail in the welded Mapps rotates with a molten thermoplastic. This creates a mechanical bond between the hydrophobic thermoplastic polypropylene and the hydrophilic natural fiber. The resulting structure also improves the mechanical properties of the composite. Since Wood is hydrophilic and polymers are hydrophobic materials, a mixture of these two different materials cannot be easily homogeneous, but can be mixed well with unifying agents. Showed increased tensile strength, bending strength, and elastic modulus by using malein anhydride welded polypropylene (MAPPS) as a binder in wood-polypropylene composites. The use of MAPPS in PP / cellulose Composites reported improved mechanical properties of the composite. This can be achieved due to the effect of reactive hydroxyl groups on the filler surface. Studied the effect of MAPPS on wood polymer composition and found that mechanical properties were improved. Malein studied the mechanical properties of pine cones treated with alkalis and pine

cones adapted with anhydride. In the end, they showed a clear improvement in the mechanical properties of both, an increase of 43% and 49% in the Young module, respectively. The reason for this gain is the improved viscosity at the interface between the fibers and The Matrix. On the other hand, studied the effect of methods for the production of wood flour and PP Composites on mechanical performance. To this end, they produced composites using three unification techniques: a two-roll mill, a high-speed mixer, and a two-screw extruder. As a result, they found that the extruder had the best mechanical strength and the lowest water absorption capacity from the combined composites.

This study produced wood polymer composite materials using polypropylene (PP) as the primary material. As reinforcement wood inserts in the compound, hornbeam (pavlonia), pine tree, poplar tree, and medium density fibrous material (MDF) were commonly used as waste materials in furniture makers. Molein anhydride welded polypropylene (MAPPS) was used as a binding agent between the polymer and the additives. The production was carried out by rotating the double screw extrusion technique together with the unifying agent. Samples wood inserts in certain proportions (10%, 20%, 30%, 40%), three different amounts of the binder were made using MAPPS (2% 4% or 6%) and PP in the remaining proportion. The resulting compositional samples were described according to their morphological characteristics. To determine the mechanical properties of materials, analysis of tensile and bending mechanics was carried out. Spectroscopic descriptions of wood-polymer composites have been performed to test the bond between wood species and polypropylene.

Table 1.

Physical and mechanical properties of wood-polymer composites

Example of research	Poplar tree	Pavlonia tree	Walnut tree	Medium density fiber material (MDF)	Tensile forces in composites MPa	Flexibility MPa	Deformation
MAPPS 2 %							
Example-1	10	20	30	40	38.45	1723.25	1.33
Example-2	20	10	40	30	37.70	1625.82	1.39
Example-3	30	40	10	20	36.80	1592.15	1.73
Example-4	40	30	20	10	36.63	1474.10	1.70
MAPPS 4 %							
Example-1	10	20	30	40	38.95	1803.60	1.31
Example-2	20	10	40	30	37.99	1700.65	1.35
Example-3	30	40	10	20	36.96	1612.10	1.68
Example-4	40	30	20	10	36.92	1540.14	1.52
MAPPS 6 %							
Example-1	10	20	30	40	39.85	1850.30	1.28
Example-2	20	10	40	30	38.92	1793.65	1.29
Example-3	30	40	10	20	37.08	1692.96	1.73
Example-4	40	30	20	10	36.96	1583.10	1.78

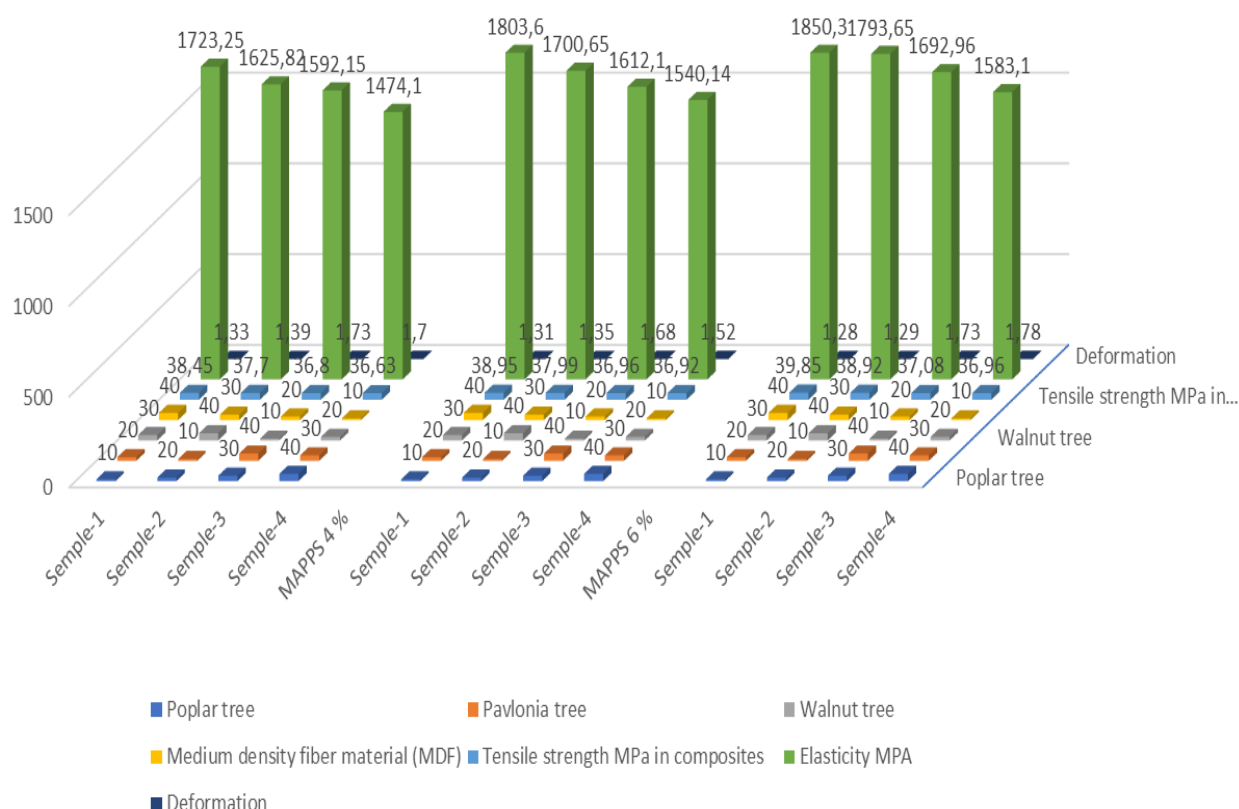


Fig. 1. Physical and mechanical properties of wood polymer composites.

The results of the test of Valence forces, elasticity model and deformation properties of all compositions can be seen in Table 1 and Figure 1. From the results we can show that the above physical mechanical properties of compositions in samples with a high content of flours of walnut tree and MDF waste are high. The maximum tensile strength was observed in the sample-1, since the amount of MAPPS in the composition of this was a percentage. The 6 percent addition of MAPPS improved interactive adhesion. In addition, when the amount of MAPPS increased, the hardness of the material increased. Accordingly, the deformation values decreased due to the weak boundary between the Matrix and the appendages. Taking into account the above, it can be seen from the table that in samples with a low content of MAPPS in the composition, there is a decrease in the valence forces, the elasticity model. On the other hand, when the amount of flour from the walnut tree and MDF waste increased, the elastic modulus increased. As a result, when the amount of MAPPS was increased from 2% to 6%, the elastic modulus and tensile strength of the cake-type wood composites also increased. MAPPS provided a stronger boundary between the polymer matrix and the additives. The study was carried out using a scanning electron microscope (SEM) to research the elementary and morphology of the samples in the keying invasions. In the course of studies, they observed that the waste of walnut wood and MDF in the polypropylene Matrix achieved good dispersion in the composition in which it was added. As the horn and PP Matrix adapted, agglomeration levels decreased. Walnut wood and MDF waste it is present in the samples used in some air cavities, which cause mechanical properties such as cracks in the cavities to be affected. Due to the effect of the unifying agent (6% MAPPS), the sample is more suitable than -3 and the sample-4. In fact, the high amount of Maps has led to an increase in resistance to adgesia on the surface of samples.

The scanning electron microscope (SEM) shows that there are gaps as seen in the image during the study of the structure of the samples-the reason for these gaps is that the polymer does not need to be dried before extruding. Because the extruder-passed composites were cooled with water in a cooling bath and pressed without drying. Although drying is close to the surface due to

the Hot press, steam pockets may appear on the inside of the material. In addition, the polymer composition can absorb moisture from the air during pressure. Drying before pressing and increasing the working pressure of the extruder affects the quality of the samples.

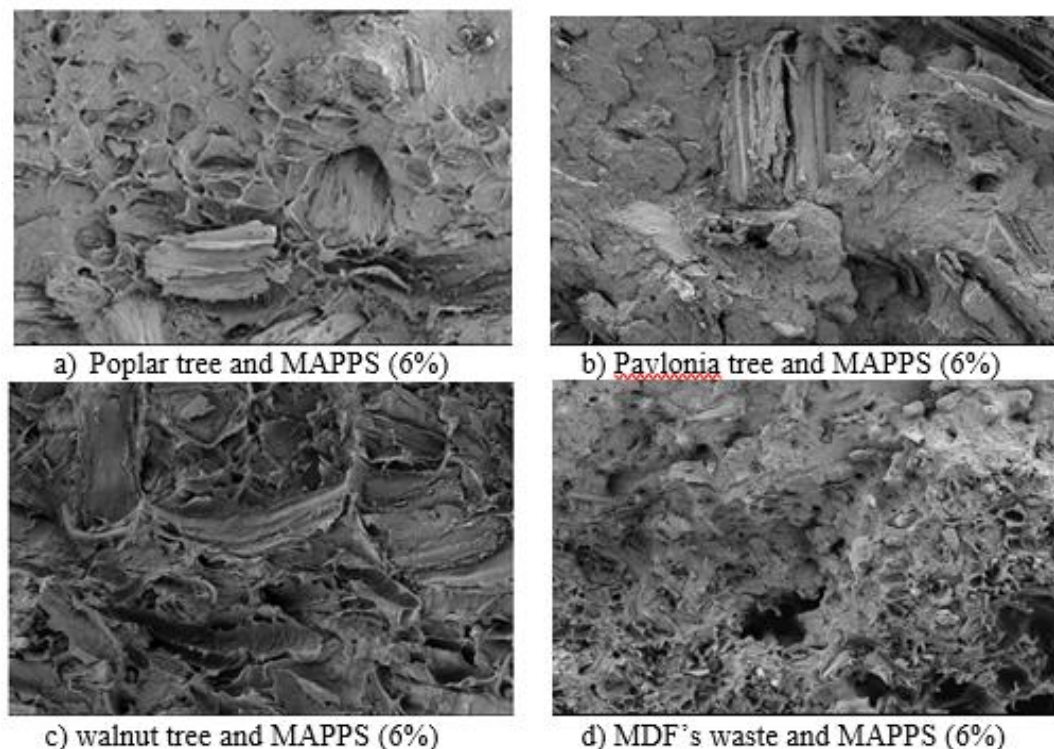


Fig. 2. SEM results of the sample.

CONCLUSION.

In the field of wood production, where tons of waste are generated each year, the use of waste materials formed from lingo cellulosic materials such as wood fiber and wood flour in the construction industry is of great importance both in terms of reducing raw material consumption and in terms of conservation. While polypropylene was used as a matrix in this study, recyclable and biodegradable wood-plastic composite materials, especially suitable for structural design, used various datasheets and MDF waste as fittings. When the wood-plastic composites obtained from studies were compared according to the results of the valence test, a strong increase in tensile strength and elastic modulus was observed due to the increased amount of nuts and MDF. The adhesion relationship increased as the amount of MAPPS used as an astringent to improve the interaction between the Matrix and the wood phase increased. In a sample containing a maximum strain value and elastic modulus values of 30% nut, 40% MDF and 6% MAPPS, a strong increase in tensile strength and elastic modulus was observed. When the interface morphology was examined in the SEM analysis, it was observed that samples using nut and MDF flours had little gaps and that this would certainly give a positive result to the quality of the material obtained.

References

- [1]. Prabhakar K., Debnath S., Ganesan R., and Palanikumar K. "A review of mechanical and tribological behaviour of polymer composite materials," IOP Conference Series: Materials Science and Engineerin, vol. 344, no. 1, article 012015, 2018.
- [2]. R.-M. Wang, S.-R. Zheng, and Y.-P. Zheng, "Introduction to polymer matrix composites," in Polymer Matrix Composites and Technology, pp. 1–548, Woodhead Publishing, 2011.
- [3]. Mohammed L., Ansari M.N.M., Pua G., Jawaid M., and Islam M. S., "A review on natural fiber reinforced polymer composite and its applications," International Journal of Polymer Science, vol. 2015, Article ID 243947, 15 pages, 2015.
- [4]. Yáñez-Pacios A. J.; Martín-Martínez J. M. Surface modification and adhesion of wood-plastic composite (WPC) treated with UV/ozone. Compos. Interfaces 2018, 25, 127–149. 10.1080/09276440.2017.1340042.

- [5]. Umarov Fakhridin, Khoshimov Kadirjon, Ergashev Yorkinjon, Aliev Sunnatilla, Egamberdiev Elmurod. Production and development of a polymer composition reception based on wood industry waste // American Journal of Technology and Applied Sciences Volume 27, August – 2024. Pp.23-30.
- [6]. E.A. Egamberdiev, A.R. Makhkamov, G.R.Rakhmonberdiev. Obtaining wrapping paper used in furniture wrapping and quality delivery and determining its quality indicators // Tashkent state technical university named after Islam Karimov Technical science and innovation Tashkent 2022 №2(12) p. 33-39.
- [7]. Zokirova Z.Q., Aliev S.S., Egamberdiev E.A., Juraev A.B., Ismatov M.N. The Effect of Wood Fillers in Individual Conditions on Wood-Polymer Composites // “Technical science and innovation”, I. A Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent 2023 u., b.208-213.
- [8]. Shomuradov D., Aliev S., Egamberdiev E. Wood-polymer composite materials. Influence of thermal effect on the properties of wpc materials// Universum: Технический науки. Выпуск 12 (117). Часть 4, Москва 2023, стр. 5-11, doi- 10.32743/UniTech.2023.117.12.16596.
- [9]. Egamberdiev E.A., Aliev S.S., Akmalova G.Yu. Obtaining environmentally friendly polymer composite material from local wood flour // NAO «Казахский национальный университет имени Ал-Фараби» факультет биологии и биотехнологии, кафедра биоразнообразия и биоресурсов научноисследовательский институт проблем экологии. Алматы, 2023, стр. 168-171.
- [10]. Aliev S.S., Rakhmanberdiev G.R., Sharafatdinov B. Study physical and mechanical properties of wood-polymer composition materials made on the basis of local wood flours and polyvinylchloride // “Technical science and innovation”, I.A. Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, Toshkent 2022 y., b. 211-214.

UDK:691.32

YANGI SINTEZ QILINGAN POLIKARBOKSILAT SUPERPLASTIFIKATOR TARKIBINI SEMENT KOMPOZITSIYALARIGA TA’SIRINI TATQIQ QILISH

F.S. Ismailov

Toshkent Kimyo texnologiya ilmiy-tadqiqot instituti
ismoilovferuz54@gmail.com +998912102555
[\(Qabul qilindi 24.01.2025 y.\)](#)

Annotatsiya. Polikarboksilat superplastifikatorlari asosan HPEG va metaakril kislota asosida superplastifikator sintez qilindi. Polikarboksilatning qo'shimcha qo'shilgan beton namunalarining mustaxkamlik natijalari taxlil qilindi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, polikarboksilat superplastifikatorining sintez qilib kerakli natijaga erishildi. Boshqa turdagi plastifikator qo'shimasi bilan taqqoslandi. Olingan mahsulotni beton qorishmasiga qo'shib oquvchanligi va mustaxkamligi yaxshilanishiga erishdik.

Tayanch so'zlar: polioksietilen izobutil spirti efir, metaakril kislota, akril kislota, beton qorishmasi, polikarboksilat efiri.

Аннотация. Синтезирован поликарбоксилатный суперпластификатор преимущественно на основе HPEG и метакриловой кислоты. Проанализированы результаты прочности образцов бетона с добавлением поликарбоксилата. Результаты показали, что синтез поликарбоксилатного суперпластификатора позволил достичь желаемого эффекта. Проведено сравнение с добавкой пластификатора другого типа. Путем добавления полученного продукта в бетонную смесь удалось улучшить её текучесть и прочность.

Ключевые слова: эфир полиоксиэтилена изобутилового спирта, метакриловая кислота, акриловая кислота, бетонная смесь, эфир поликарбоксилата.

Abstract. A polycarboxylate superplasticizer based predominantly on HPEG and methacrylic acid has been synthesized. The strength results of concrete samples with the addition of polycarboxylate were analyzed. The results demonstrated that the synthesis of the polycarboxylate superplasticizer achieved the desired effect. A comparison was conducted with the addition of a different type of plasticizer. By incorporating the obtained product into the concrete mixture, its flowability and strength were successfully enhanced.

Keywords: polyoxyethylene isobutyl alcohol ether, methacrylic acid, acrylic acid, concrete mixture, polycarboxylate ether.

Kirish. Bugungi kunda qurilish materiallariga talab yildan yilga qurilish soxasi rivojlanishi bilan birga oshib bormoqda. Asosan temir-beton mahsulotlaridan tashkil topgan qurilish tuzilmalari bilan qurilayotgan zamonaviy turar-joy binolari uchun yuqori sifatli beton maxsulotlari talab etiladi.

Beton uzoq muddat hizmat qilishi, ishonchli, yuqori mustahkamlikka ega, yoriqlar paydo bo'lishiga chidamli, korroziyaga bardoshli bo'lishi lozim. Shu bilan birga, foydalaniladigan beton qorishmasi monolit qurilish uchun mos kelishi, ya'ni yuqori harakatchanlikka ega va bir xil tarkibli bo'lishi kerak. Bunday murakkab masalani yechish ushbu tadqiqot bag'ishlangan yangi turdagi kimyoviy qo'shimchalar tizimini o'z ichiga olgan beton qorishmasiga maqsadli kimyoviy ta'sir ko'rsatish natijasida amalga oshirilishi mumkin.

Adabiyotlar. Polikarboksilat efiri asosidagi superplastifikator konus cho'kishini yaxshiroq boshqarish, suvni sarfini kamaytirish kabi ajoyib xususiyatlarga ega bo'lib, o'zining yuqori samaradorligi bilan ajralib turadi[1-2]. Bu, so'nggi yillarda beton maxsulotlarida keng qo'llanilayotgan yangi turdagi superplastifikatoridir. Olimlar betonning mexanik xususiyatlarini yaxshilash va qotgan sementning mustahkamligi hamda chidamliligini oshirish imkoniyatini yaratdilar. Shu sababli, ushbu superplastifikator ko'plab tadqiqotchilarning e'tiborini o'ziga jalb etmoqda [3-4]. Beton maxsulotlari qattiq-elastik xususiyatlarni beruvchi yuqori samarali qo'shimchani yaratish uchun asos sifatida kremniy kislotasining kulidan foydalanish taklif etilmoqda [5]. Turli o'lchamdagi nanozarrachalar va har xil turdagi superplastifikatorlarning sement qorishmalarining reologik xususiyatlari hamda siqilishga chidamliligiga ta'siri tadqiq etildi. Kattaroq nanozarrachalar yaxshiroq mexanik xossalarga va moslashuvchanlikka ega ekanligi aniqlandi [6]. Polikarboksilatlar bir xil zaryadli ionlar tufayli elektrostatik itarilish va yon zanjirlar hisobiga sterik (fazoviy) itarilish xususiyatlariga ega bo'ladi. Bunda sement zarrachalari ham elektrostatik itarilishga uchraydi. Shunday qilib, eritmada kremniy kislotasi zoli va polikarboksilat polimerining birgalikda mavjud bo'lishi butun beton massasiga tarmoqlangan kremniy-organik polimerning singib kirishiga ko'maklashadi. Beton aralashmasi tarkibidagi kremniy va tarmoqlangan organik polimerlarning birgalikda mavjud bo'lishi sement yuzasini faollashtiradi, uning gidratatsiya faolligini oshiradi, shu bilan birga sement tarkibli tizimning bir tekis gidratatsiyalanishini ta'minlaydi. Polimerlarning tarmoqlanishi natijasida qotayotgan beton ichida ortiqcha kuchlanishning yuzaga kelishi oldini oladi, shuningdek, uning ishonchligi va sifatini oshiradi.

Tadqiqot metodologiyasi. Metaakril kislota asosida polikarboksilat superplastifikatorini 80°C haroratda suvli eritma sharoitida polimerizatsiya reaksiyasi asosida makromonomer sifatida polioksietilen izobutil spirti efir va metaakril kislota, akril kislota, inisiator va zanjir uzatuvchilardan foydalanib sopolimer sintez qilindi. Polikarboksilat sifati va polimerizatsiya reaksiya jarayoniga ta'sir qiluvchi omillar sifatida makromonomerlarning molekulyar og'irligi e'tibor qaratildi. Ularni tayyorlash usullari quyidagicha ko'rsatilgan. Tajribani 500 ml to'rt bo'yinli tubi dumaloq kolbaga. HPEGni distillingan suvga eritib solamiz, tomdirgich yordamida aralashmaga inisiator 30 daqiqaga mo'ljallab qo'shiladi. So'ngra o'lchangan akril kislota, metaakril kislotani va inisiatorni bo'lak-bo'lak qilib qo'shiladi. Aralashtirgich bilan yaxshilab aralashtirib, reaksiya haroratni 80°C da termostatlangan moy hammomida 4 soat olib boriladi. Polikarboksilat superplastifikatorning yakuniy mahsuloti sifatida 35% li suvli eritma olinadi, olingan mahsulotni, 50g 10%li NaOH eritmasi bilan neytrallanadi. Yakuniy maxsulot metaakril kislota asosidagi polikarboksilat olinadi.

Natija va muhokama. Metakril kislotasi asosidagi polikarboksilat superplastifikatori, yaxshi moslashuvchanlikka ega ekanligi tajribalar orqali aniqlandi. Ularning birgalikdagi ishtiroki kremniy kislotasi zoliga xos faollashtiruvchi va polikarboksilat polimeriga xos plastifikatsiyalovchi ta'sir kuchlarini o'zaro kuchaytiradi. Hosil bo'lgan qo'shimcha plastifikatsiyalovchi ta'sirga ega bo'lib, beton qorishmasining harakatchanligini P1 darajasidan P3 darajasigacha, ya'ni konus cho'kishi bo'yicha harakatchanligini konus cho'kmasi 8 sm dan konus cho'kmasi=26 sm gacha oshiradi. Bunda beton namunalari normal sharoitda 28 kun davomida bir tekis yuqori mustahkamlik bilan tavsiflanadi. Turli uzunlikdagi yon zanjirli polikarboksilat polimerlardan foydalanish plastifikatsiyalovchi ta'sirning kuchayishiga olib keladi. Beton maxsulotlarini ishlab chiqarishda

superplastifikatorlarni qo'llash beton qorishmasining yoyiluvchanligini P1 markasidan P5 markasigacha bo'lgan darajada 5 baravarga oshiradi. Yuqori plastifikatsiyalovchi ta'sir ko'rsatish xususiyati tufayli, polikarboksilat superplastifikatori 28 kunlik tahlil davri mobaynida yuqori mustahkam betonning siqilishga bo'lgan chidamliligining sezilarli o'sishini ta'minlaydi. Bunda 28 kunlik betonning mustahkamligi 55% foizga yetadi. Bino va inshootlarni loyihalashda mustahkamlikdan tashqari, konstruksiyaning ishonchliligini va uzoq muddatga chidamliligini tavsiflovchi boshqa fizik-mexanik xususiyatlar ham talab etiladi. Ushbu tadqiqot ishida Gost 30515-2013 standart sement ishlatildi. Sementning kimyoviy tarkibi va fizik xususiyatlari 1 va 2-jadvalda keltirildi.

1-jadval.

Sementning kimyoviy tarkibi

CaO	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	MgO	K ₂ O	TiO ₂	Na ₂ O	Boshqa
62.65	22.30	5.10	4.17	2.38	1.79	0.58	0.26	0.22	0.23

2- jadval.

Sementning mineralogik tarkibi

C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
59.37	15.56	7.28	11.60

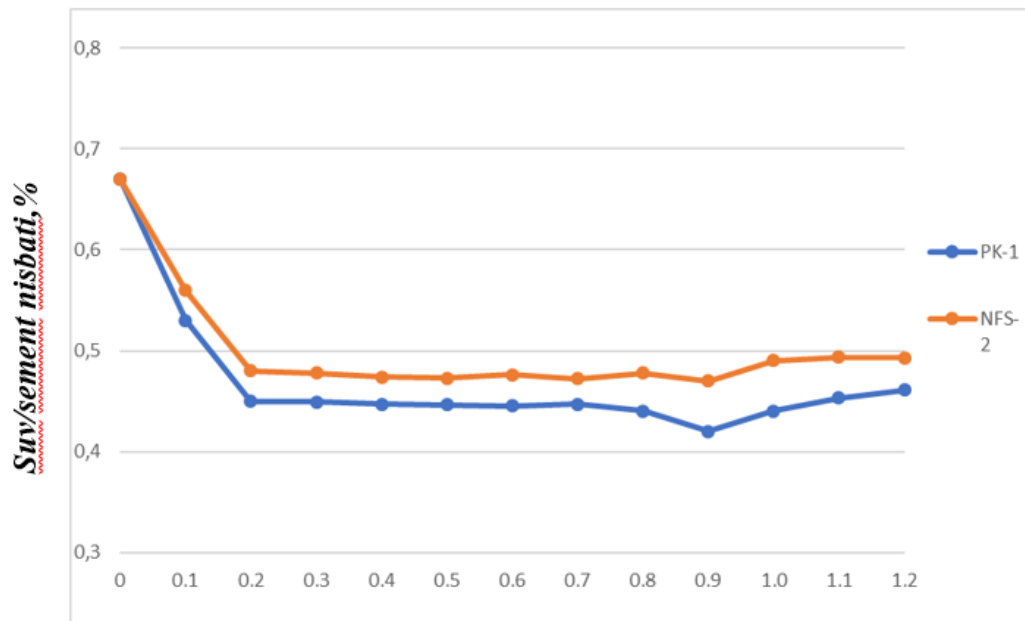
Beton qorishmasining suyuqlanishi polikarboksilat plastifikatori miqdorini oshirish bilan yaxshilanadi. Superplastifikatorning sement toshining mustaxkamligiga ta'siri 2x2x2 sm o'lchamdagi qoliplarda aniqlandi, ular oddiy sharoitda qotirildi, so'ngra 28 kunlik siqilishda sinov apparatidan o'tkazildi.

Polikarboksilat superplastifikator qo'shimchasi qo'shilgan sement toshining sinov natijalari.

3- jadval.

№	Sement gr	Qo'shimcha miqdori	Suv/ Sement nisbati	Oquvchanligi, sm	28 kunlik O'rtacha zichligi, g/sm ³
1	100	-	0.42	6	1.960
2	100	0.2	0.42	10	1.960
3	100	0.4	0.42	12	1.910
4	100	0.6	0.42	14	1.900
5	100	0.8	0.42	20	1.855
6	100	1	0.42	18	1.850

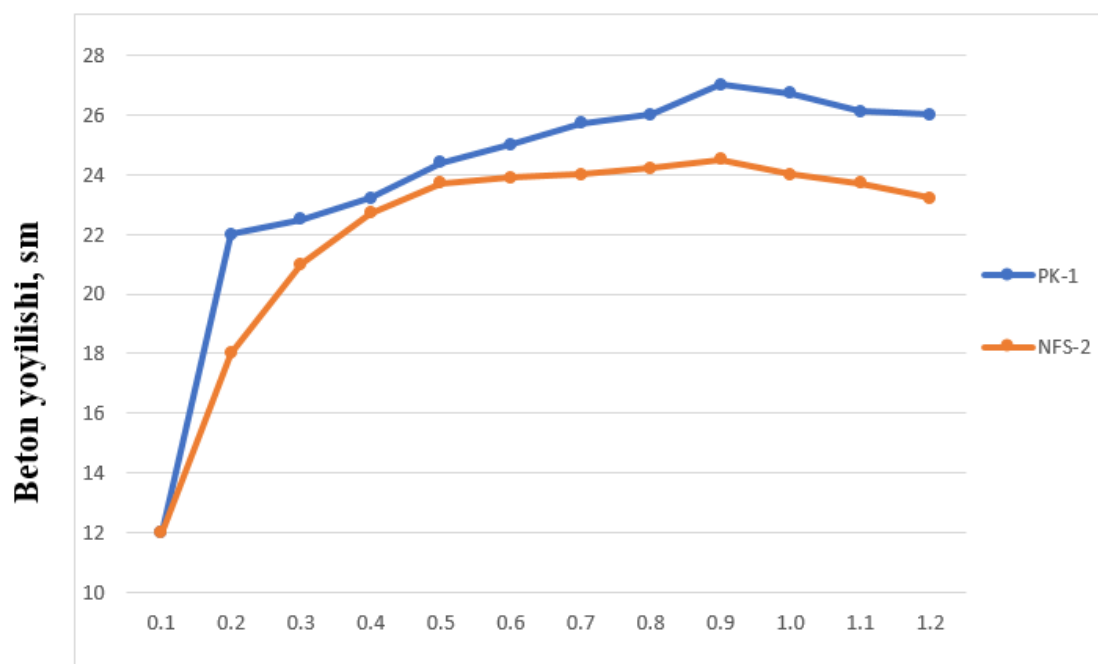
Beton qorishmasiga suv-sement nisbatining 0.2%-1% gacha polikarboksilat superplastifikatorlar qo'shiladi. Superplastifikatorni 1% dan ortiq qo'shilishi beton maxsulotini mustaxkamligini pasayishiga olib keladi. Namunalarda portlant sement 400 markali sement ishlatilgan. Qorishmaning yoyilishi GOST 26798.1-96 bo'yicha o'rganildi [13]. Betonning fizik-mexanik xususiyatlaridan mustaxkamligini o'rganishda suv-sement nisbati 0.42 bo'yicha olib borildi. Superplastifikatorning 25% suvli eritmaida 0.9% miqdorda qo'shib, beton mustaxkamligini oshirishga erishdik. Superplastifikatorning miqdorini oshirish mustaxkamligini pasaytiradi.



Qo'shimchalar miqdori, %

1-rasm. Suvni kamaytiruvchi xususiyat.

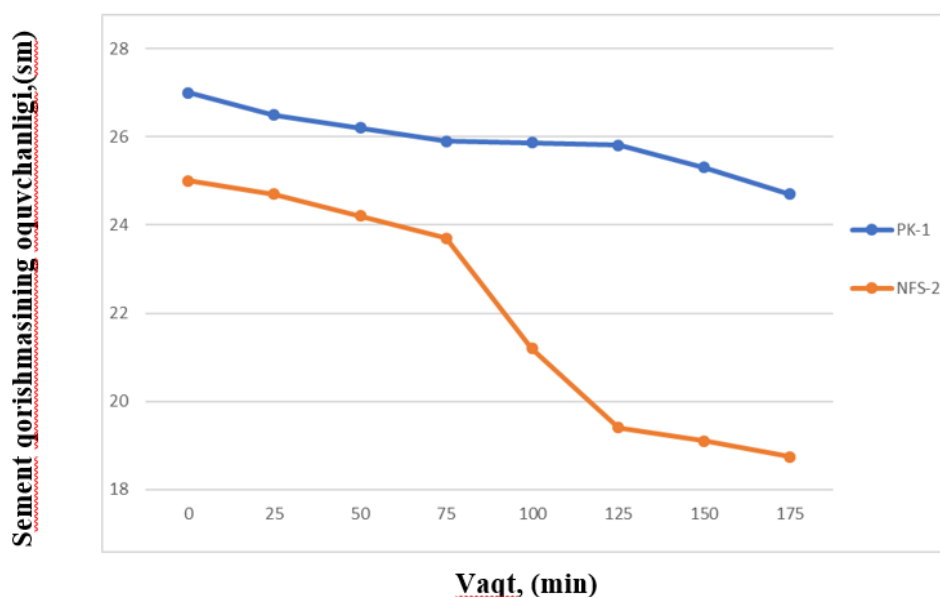
Oquvchanligi $28 \pm 0,5$ sm bo'lgan va suv/sement nisbati 0.42 ni tashkil etgan sement hamiri tayyorlandi. So'ngra tarkibida 0,1–1,1% (PK-1 va NFS-2) bo'lgan sement qorishmasilari tayyorlandi. Har bir miqdorda sement qorishmasining oquvchanligi $20 \pm 0,5$ sm doimiy bo'lganda, suv/ sement nisbati aniqlandi. 1-rasmda suv/sement va plastifikatorlarning miqdorlarning nisbati ko'rsatilgan bo'lib, PK-1 va NFS-2 dan yuqori ekanligini ko'rsatadi. 0,9% dozada PK -1 va NSF-2 ning suvni kamaytirish nisbati mos ravishda 31%, 36% va 14% ni tashkil etdi. Maksimal suvni kamaytirish nisbati 0,9% miqdorda 43%, 39% va 25% ga yetdi. Natijalar shuni ko'rsatadiki, polikarboksilat sperplastifikatori dispersion kuchga ega ekanligini ko'rishimiz mumkin.



Qo'shimchalar miqdori, %

2-rasm. PK-1 va NFS-2 larning miqdorining sement qorishmasining oquvchanligiga ta'siri.

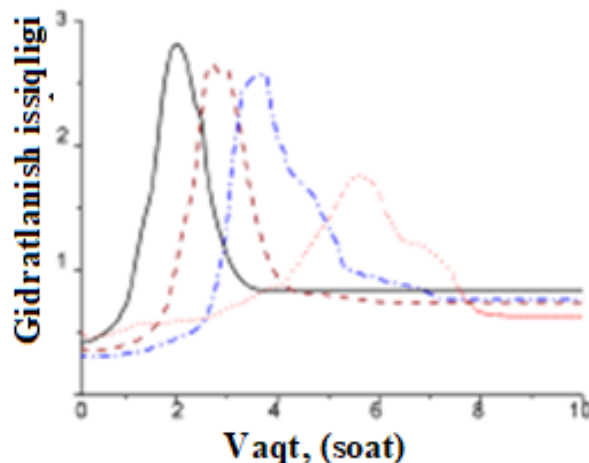
2-rasmda turli miqdordagi PK-1 va NFS-2 qo'shimchalari qo'shilgan sement qorishmasining oquvchanligi ko'rsatilgan. Natijalar shuni namoyon ko'rsatadiki, PK-1 miqdori sement og'irligining 0,1% dan 1,1% gacha oshirilganda oquvchanlik sezilarli darajada ortadi. PK-1 sement og'irligining 0,9% miqdorida qo'llanganda oquvchanlik eng yuqori darajaga yetdi. PK-1 miqdori 1% dan oshganda, qorishmadan suv ajralishi kamayi kuzatildi. Shu sababli, PK-1 ning eng maqbul miqdori sement og'irligining 0,9% ini tashkil etadi. Shuningdek, natijalar PS va NFS-2 ning eng maqbul miqdorlari sement og'irligining mos ravishda 0,1% va 1,1% ini tashkil etganini ko'rsatdi. Sement qorishmasining oquvchanligi natijalari shuni ko'rsatdiki, sement qorishmasidagi PK-1 dispersion kuchi bilan taqqoslanadi va SNF ga qaraganda sezilarli darajada yuqori. Sababi, PK-1 bo'shliqlarga o'xshash tarmoqlangan makromolekulalar bo'lib, buning natijasida osonlik bilan sterik to'siq paydo bo'ladi va kuchli dispersion kuch hosil bo'ladi.



3-rasm. Gidratatsiya vaqtining sement pastasining oquvchanligiga ta'siri.

Sement qorishmasining vaqt o'tishi bilan oquvchanligi 3-rasmda ko'rsatilgan. Natijalar shuni ko'rsatdiki, PK-1 va NFS-2 uchun sement qorishmaning oquvchanligi mos ravishda 90 va 60 daqiqagacha o'zgarmadi, keyin esa vaqt o'tishi bilan oquvchanlikning yaqqol NFS-2 da pasayishi kuzatildi. Bu natijalar PK-1ning NSF-2 ga nisbatan oquvchanligini kamroq yo'qotishi yoki dispersion kuchini uzoqroq ushlab turishini ko'rsatadi, bu ehtimol funksional guruhlarga egaligi bilan bog'liq ($-\text{COOH}$), sementdagi dispersion kuchi asosan sterik to'siq va elektrostatik yoyilish sinergiyasi bilan bog'liq ekanligini ko'rsatdi.

Sement qorishmasi 0,42 suv sement nisbatda tayyorlandi va superplastifikatorlarning optimal miqdori PK-1 va NSF-2 0.2%- 1% gacha amalga oshirildi. 4-rasmda sementning gidratatsiya jarayoniga PK-1 va SNF-2 ning ta'sirini ko'rsatuvchi gidratatsiya vaqtining issiqlik egri chiziqlari tasvirlangan. Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, PK-1 gidratatsion issiqlik hosil bo'lishini kechiktirishi va gidratatsion issiqlik ajralish tezligini NFS ga nisbatan yumshoqroq qilishi mumkin. Bu shuni anglatadiki, PK-1 sementning gidratatsiyasini samarali ingibirlashi mumkin. Bunday xatti-harakat tarkibida polikarboksilat bo'lgan sement qorishmasi uchun kuzatiladigan vaqt davomida



4-rasm. Qo'shimchalarning sement gidratatsiyasining issiqligiga ta'siri.

qorishmaning yoyiluvchanligi barqarorligini saqlab turadi. Sementning sekin gidratsiyasi polikarboksilat superplastifikatori uchun harakterlidir.

Xulosa va takliflar

Olib borilgan tadqiqotlar natijalaridan xulosa shuni ko'rsatdiki, suv sarfini kamaytirish sharoitida superplastifikator qo'shilgan beton yuqori mustaxkamlik va uzoq muddat chidamlilik xususiyatlari bilan ajralib turadi. Bugungi kunda superplastifikatorlar qo'shilgan beton va beton maxsulotlariga bo'lgan tobora ko'proq e'tiborni jalb qilmoqda. Makromonomer va monomerlardan foydalangan holda yuqori unumli polikarboksilat superplastifikatorni sintez qilish mumkin va yangi superplastifikatorni ta'minlaydi. Olingan natijalar superplastifikator qo'shilishi bilan betonning sifati yaxshilanishini isbotlandi. Superplastifikator qo'shimchani sement massasiga nisbatan 0.9 % beton qorishmasiga qo'shilishi uning zichligini kamaytirib, g'ovak strukturasini yaxshilash orqali betonining mustaxkamligini oshishiga erishildi. Sintez qilingan PK-1 superplastifikatorni beton qorishmasiga 1% dan ortiq qo'shish foydasiz ekanligi isbotlandi. Sement qorishmasining yoyilishi GOST 26798.1-96 bo'yicha o'rganildi [7].

Adabiyotlar

- [1]. Nehdi M. L., Suleiman A. R., Soliman A. M. Investigation of concrete exposed to dual sulfate attack //Cement and Concrete Research. – 2014. – T. 64. – C. 42-53.
- [2]. Yu R., Spiesz P., Brouwers H. J. H. Development of an eco-friendly Ultra-High Performance Concrete (UHPC) with efficient cement and mineral admixtures uses //Cement and Concrete Composites. – 2015. – T. 55. – C. 383-394.
- [3]. Sha S. et al. Influence of the structures of polycarboxylate superplasticizer on its performance in cement-based materials-A review //Construction and Building Materials. – 2020. – T. 233. – C. 117257.
- [4]. Zhu Q. H. et al. Comb-typed polycarboxylate superplasticizer equipped with hyperbranched polyamide teeth //Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. – 2018. – T. 553. – C. 272-277.
- [5]. Соловьева В. Я., Степанова И. В., Смирнова Т. В. Инновационные решения по созданию высокоэффективной противоморозной добавки для бетонов //Инновационные технологии в строительстве и геоэкологии. – 2014. – С. 39-41.
- [6]. Puerto Suárez J. D., Hernández Guarín G. N., Lizarazo-Marriaga J. Effect of nanosilica particles on the rheological and mechanical properties of cement pastes using polyhydroxyl and polycarboxylate-based superplasticizers //European Journal of Environmental and Civil Engineering. – 2020. – T. 24. – №. 13. – C. 2230-2254.
- [7]. Ismoilov F.S. //Piroliz moyi asosida beton qorishmalari uchun superplastifikatorlar olish texnologiyasini ishlab chiqish va ularni qo'llash. // Dissertatsiya. Toshkent 2023yil.

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ АНТИСЛЕЖИВАТЕЛЯ ДЛЯ АММИАЧНОЙ СЕЛИТРЫ ИЗ ОТРАБОТАННОГО ИНДУСТРИАЛЬНОГО МАСЛА

Ш.Ш. Хамдамова¹, Б.Г. Игамбердиев², научный соискатель Б.Ш. Исаков²

¹Международный институт пищевых технологий и инженерии,
Республика Узбекистан, г. Фергана,

²Ферганский политехнический институт
(Получена 10.03.2025 г.)

Аннотация. Аммиачная селитра широко применяется в сельском хозяйстве и промышленности, однако её склонность к слеживаемости затрудняет хранение и транспортировку. В данной работе исследована возможность разработки антислеживающей добавки на основе отработанного индустриального масла, обладающего необходимыми гидрофобными и антиадгезионными свойствами. Проведён анализ различных типов масел, отобран оптимальный состав антислеживателя и изучены его физико-химические характеристики. Экспериментальные испытания показали, что обработка гранул аммиачной селитры разработанным составом снижает слеживаемость до 0 кг/см², уменьшает влажность гранул на 56%, а также снижает пылимость на 93,3%. Полученные результаты

подтверждают эффективность предложенного антислеживателя и его перспективность для промышленного применения.

Ключевые слова: аммиачная селитра, антислеживатель, гигроскопичность, агломерация, пылимость.

Abstract. Ammonium nitrate is widely used in agriculture and industry; however, its tendency to cake complicates storage and transportation. This study explores the development of an anti-caking additive based on used industrial oil, which possesses the necessary hydrophobic and anti-adhesive properties. Various types of oils were analyzed, the optimal anti-caking agent composition was selected, and its physicochemical properties were studied. Experimental tests demonstrated that treating ammonium nitrate granules with the developed composition reduces caking to 0 kg/cm², decreases granule moisture content by 56%, and lowers dust formation by 93.3%. The obtained results confirm the effectiveness of the proposed anti-caking agent and its potential for industrial application.

Keywords: ammonium nitrate, anti-caking agent, hygroscopicity, agglomeration, dusting.

Annotatsiya. Ammiakli selitra qishloq xo'jaligi va sanoatda keng qo'llaniladi, ammo uning yopishqoqlikka moyilligi saqlash va tashishni qiyinlashtiradi. Ushbu ish zarur hidrofobik va yopishqoqlikka qarshi xususiyatlarga ega bo'lgan ishlatilgan sanoat moyi asosida antiyopishqoq qo'shimchasini ishlab chiqish imkoniyatini o'rganib chiqdi. Har xil turdagi moylar tahlil qilindi, antizeljarning optimal tarkibi tanlandi va uning fizik-kimyoviy xususiyatlari o'rganildi. Eksperimental sinovlar shuni ko'rsatdiki, ammiakli selitra granularini ishlab chiqilgan kompozitsion bilan yaxshilash kuzatuvchanlikni 0 kg/sm² gacha kamaytiradi, granulalarning namligini 56% ga kamaytiradi, shuningdek, changni 93,3% ga kamaytiradi. Olingan natijalar taklif qilingan antidiyer samaradorligini va uning sanoat maqsadlarida foydalanish istiqbollarini tasdiqlaydi.

Kalit so'zlar: ammiakli selitra, antiyopishqoq, gigroskopiklik, aglomeratsiya, changlanish.

Аммиачная селитра широко используется в сельском хозяйстве и промышленности как азотное удобрение и компонент взрывчатых веществ. Однако её склонность к абсорбции влаги из окружающей среды приводит к изменению физических свойств гранул - снижению прочности, термоциклированию, дегрануляции и агломерации, что затрудняет хранение и применение селитры [2,3].

На сегодняшний день в промышленности используется ряд импортных антислеживающих добавок, предотвращающих слеживаемость и обеспечивающих стабильность гранулированной формы аммиачной селитры [4]. Однако их высокая стоимость и зависимость от внешних поставок создают риски для производителей. В связи с этим актуальной задачей является разработка эффективного антислеживателя на основе местного сырья, обладающего не меньшей эффективностью, чем импортные аналоги.

В данной работе рассматривается возможность разработки антислеживающей добавки, изготовленной из отработанного масла, обладающего необходимыми гидрофобными и антиадгезионными свойствами [5]. Использование местного сырья и отходов позволит снизить себестоимость производства, обеспечить стабильные поставки и повысить конкурентоспособность отечественных удобрений.

Для разработки доступного антислеживателя проводился тщательный подбор базового сырья, которое должно было обладать необходимыми физико-химическими свойствами, обеспечивающими снижение слеживаемости аммиачной селитры [2]. Особое внимание уделялось маслам местного производства, поскольку их использование позволяло бы заменить импортные аналоги, снизив зависимость от зарубежных поставок и обеспечив более стабильное производство антислеживающих добавок. При выборе подходящего сырья учитывались несколько важных факторов. Одним из ключевых критериев являлась доступность, поскольку для промышленного применения требовалось сырьё, которое можно было бы поставлять в достаточном объёме и на постоянной основе без значительных логистических затрат.

Немаловажным аспектом при выборе масел была их химическая инертность по отношению к аммиачной селитре, поскольку взаимодействие компонентов антислеживателя

с удобрением могло привести к нежелательным изменениям его свойств [6]. Масло не должно вступать в реакцию с основным веществом, а его применение должно быть безопасным с точки зрения возможных побочных эффектов. Ещё одним критерием выступали гидрофобные свойства, поскольку главная задача антислеживающей добавки заключалась в предотвращении поглощения влаги гранулами аммиачной селитры [7]. Важным фактором также являлась способность образовывать равномерную защитную плёнку на поверхности гранул, которая снижала их склонность к агломерации и обеспечивала защиту от внешнего воздействия.

В ходе анализа рассматривалось несколько типов масел, каждое из которых обладало своими преимуществами и недостатками [4]. Минеральные масла, включая отработанные моторные, промышленные и трансформаторные масла, показали высокие гидрофобные свойства, что делало их перспективными для использования в качестве основы антислеживателя [7]. Однако для применения в данной технологии требовалась предварительная очистка, что могло усложнить производственный процесс.^[5] Рассматривались также растительные масла, такие как хлопковое, подсолнечное и соевое. Их основное преимущество заключалось в натуральном происхождении и потенциальной биосовместимости, но при этом требовалась дополнительная модификация для улучшения антиадгезионных характеристик [4]. Кроме того, эти масла могли окисляться со временем, что снижало их долговечность в качестве антислеживающей добавки. Синтетические масла, включающие в себя соединения на основе силиконов и полиальфаолефинов, также рассматривались в качестве возможного варианта, однако их высокая стоимость делала применение экономически нецелесообразным, особенно с учётом необходимости масштабирования производства антислеживателя [4].

После анализа литературных источников и практических испытаний в качестве базового компонента антислеживателя было выбрано отработанное промышленное масло подгруппы А, соответствующее ГОСТ 20799-88 [1]. Рассматривались масла марок И-20А, И-30А, И-40А и И-50А, получаемые как отходы на Ферганском нефтеперерабатывающем заводе, АО «Навоiazот» и АО «МАХАМ-CHIRCHIQ».

Основное преимущество данного сырья – низкая стоимость. Если цена свежего промышленного масла достигает 25–50 млн сумов за тонну, то отработанное масло стоит всего около 1 млн сумов. Экономическая эффективность такого выбора очевидна, особенно при разработке технологий, направленных на снижение себестоимости продукции.

Помимо доступности, масло обладает благоприятными вязкостно-температурными характеристиками, что критично для его равномерного распределения по поверхности гранул аммиачной селитры.^[1] Вязкость при 20 °C составляет 31,7 мм²/с, что способствует формированию устойчивой гидрофобной пленки, уменьшающей слёживаемость и влагонакопление [7].

Выбранное масло подверглось лабораторным испытаниям, в ходе которых модифицировалось специальными добавками для улучшения распределяемости и адгезии к гранулам. Отбирались компоненты, не только повышающие антиадгезионные свойства, но и обеспечивающие стабильность состава при хранении [8].

Для оценки эффективности антислеживателя проводился комплекс испытаний, имитирующих реальные условия эксплуатации [8]. Анализировалась степень слёживаемости при различных концентрациях добавки, поглощение влаги в условиях повышенной влажности, механическая прочность обработанных гранул и их гранулометрический состав. Дополнительно тестировалась пылимость при механическом воздействии, так как избыточное образование мелких частиц могло отрицательно сказаться на транспортировке и применении удобрений.

Для оценки эффективности антислеживателя были проведены испытания на слёживаемость и пылимость обработанных образцов аммиачной селитры. Исследование включало сравнение четырёх образцов, контрольного и 3 обработанных разным составом образцов, состав которых приведен в табл.1.

Таблица 1

Экспериментальные составы антислеживателя

Компонент, кг	Пример 1	Пример 2	Пример 3
Отработанное промышленное масло	65,0	70,0	75,0
Технический парафин	10,0	14,0	20,0
Стеариновая кислота	23,0	15,0	3,5
ПАВ ОП-10	2,0	1,0	1,5

Антислеживающий состав наносился методом распыления в количестве 1 кг на тонну аммиачной селитры [7]. После обработки гранулы выдерживались в климатической камере при температуре 30 °С и относительной влажности 60%. Исходная влажность селитры составляла 0,41% (по методу Фишера) [10].

Таблица 2

Результаты испытаний на антислеживаемость и пылимость аммиачной селитрой

	Слеживаемость, кг/см ²	Рассыпчатость, %	Влажность, %	Пылимость при отгрузке, %	Эффективность снижения пылевидных частиц, %	Статическая прочность гранул удобрений, МПа
Гранулированная аммиачная селитра	9,62	0	0,43	29	255	3,2
Пример 1	3,1	94	0,32	17	84,9	7,2
Пример 2	0	100	0,18	15	93,3	8,4
Пример 3	2,3	97	0,30	25	74,3	7,8
Состав из Д1	0	100	0,39	-	-	-

Результаты испытаний (табл.2) продемонстрировали значительное снижение слеживаемости удобрения после обработки. Контрольный образец имел показатель слеживаемости 9,62 кг/см², тогда как обработанный составом по примеру 2 полностью исключал этот эффект (0 кг/см²) при снижении влажности гранул до 0,18%. Такой результат свидетельствует о высокой эффективности антислеживателя не только в предотвращении агломерации частиц, но и в снижении гигроскопичности удобрения, что критично для его длительного хранения [7].

Дополнительно было зафиксировано значительное уменьшение пылевидных частиц при обработке. Например, применение состава по примеру 2 позволило снизить пылимость до 15% при увеличении статической прочности гранул до 8,4 МПа [8]. Таким образом, разработанный состав не только повышает удобство хранения и транспортировки аммиачной селитры, но и улучшает её физико-механические характеристики, обеспечивая сохранение качества продукта на длительный срок.

Испытания также показали, что гидрофобные покрытия эффективно препятствуют проникновению влаги, а введение силикатов дополнительно снижает пылимость, улучшая условия эксплуатации [7]. Использование полимерных антислеживателей способствует сохранению прочности гранул, предотвращая их разрушение при хранении и транспортировке [9].

Разработанный антислеживатель на основе отработанного индустриального масла продемонстрировал высокую эффективность в предотвращении слеживаемости аммиачной селитры, снижении её гигроскопичности и пылевидных частиц, а также в повышении прочности гранул. Оптимальное сочетание гидрофобных и антиадгезионных компонентов позволило существенно улучшить физико-механические характеристики удобрения, обеспечивая его стабильное хранение и транспортировку. Дальнейшие исследования будут направлены на адаптацию состава антислеживателя к различным климатическим условиям для максимального повышения его эффективности.

Список литературы

- [1]. ГОСТ 20799-88. Масла индустриальные. Технические условия. — Введ. 1989-01-01. — М.: Издательство стандартов, 1988.
- [2]. (Упомянуется в тексте как стандарт для отработанного индустриального масла подгруппы А.)
- [3]. Химическая энциклопедия / Под ред. И. Л. Кнунянца. — Т. 1. — М.: Советская энциклопедия, 1988. — 623 с. (Для общих сведений о физико-химических свойствах аммиачной селитры и масел.)
- [4]. Левин, Б. В. Аммиачная селитра: производство и применение. — М.: Химия, 1978. — 240 с. (Классический источник о свойствах аммиачной селитры, её гигроскопичности и агломерации.)
- [5]. Smith, J. R., Johnson, P. Anti-caking agents for fertilizers: A review. // Journal of Agricultural Chemistry. — 2015. — Vol. 68, № 3. — P. 245–259. (Обзор современных антислеживающих добавок, включая гидрофобные покрытия.)
- [6]. Петров, А. Н., Сидоров, В. И. Переработка отработанных масел: технологии и оборудование. — СПб.: Лань, 2010. — 320 с. (Источник по технологиям использования отработанных индустриальных масел.)
- [7]. ГОСТ 12.1.007-76. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности. — Введ. 1977-01-01. — М.: Издательство стандартов, 1976. (Для оценки безопасности применения масла в составе антислеживателя.)
- [8]. Brown, T. L., Miller, K. S. Hydrophobic coatings for ammonium nitrate: Effectiveness and application methods. // Industrial & Engineering Chemistry Research. — 2018. — Vol. 57, № 12. — P. 4123–4130. (Исследование гидрофобных покрытий, применимых к аммиачной селитре.)
- [9]. Иванов, П. С. Технология производства минеральных удобрений. — М.: Агропромиздат, 1985. 288 с. (Общие сведения о производстве и обработке гранулированных удобрений.)
- [10]. Патент RU 2452726 C1. Антислеживающий агент для аммиачной селитры. — Оpubл. 10.06.2012. (Пример патентной литературы по антислеживателям для сравнения с разработкой.)
- [11]. Метод Фишера для определения влажности: ISO 760:1978. Determination of water — Karl Fischer method (General method). — Geneva: International Organization for Standardization, 1978.

ALKILIMIDOZOLIN ASOSLI KORROZIYA INGIBITORI SINTEZI

Yu.Sh. Usmonova¹, Z.M. Davlyatova², magistr M.T. Alimova¹, G.A. Tadjiyeva³, X.I. Kadirov¹

¹Toshkent kimyo-texnologiya instituti,

imronbeknormurodov@gmail.com,

madinaalimova20020922@gmail.com, tkti.kodirov@mail.ru

²Farg'ona politexnika instituti,

[zulfiya197809 @ g mail. com](mailto:zulfiya197809@gmail.com)

³Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti,

TojG@yandex.com

[\(Qabul qilindi 10.02.2025 y.\)](#)

Annotatsiya. Alkilimidozolinlar sintez qilishning haroratga bog'liqligi va katalitik usuli taqqoslandi. Aniqlandi, paxta moyi tarkibiga kiruvchi yog' kislotalari va etilendiamin 1:1 nisbatlari hamda 190 va 240 °C haroratlarda ta'sirlashuvchi monoamidlar va alkilimidozolinlar hosil bo'lishi bilan amalga oshadi va faol asos miqdorining oshishi bilan korroziyadan himoyalash darajasi 99.6 % ni tashkil etadi.

Tayanch so'zlar: geterosikllar, alkilimidozolinlar, karbon kislota ammoniyli tuzlari, yog' kislotalari, etilendiamin, sinergetik faol asos, korroziyadan ingibirlash

Аннотация. Проведено сравнение температурной зависимости и каталитического метода синтеза алкилимидозолины. Установлено, что жирные кислоты и этилендиамин, входящие в состав хлопкового масла, образуются в соотношении 1:1, а моноамиды и алкилимидозолины реагируют при

температурах 190 и 240 °C и, а с увеличением количества активной основы уровень защиты от коррозии составляет 99,6%.

Ключевые слова: гетероциклы, алкилимидозолины, аммониевые соли карбоновой кислоты, жирных кислот, этилендиамин, синергетически активная основа, ингибирование коррозии

Abstract. A comparison was made of the temperature dependence and the catalytic method for the synthesis of alkylimidazole. It has been established those fatty acids and ethylenediamine, which are part of cottonseed oil, are formed in a 1:1 ratio, and monoamides and alkylimidazoles react at temperatures of 190 and 240 °C and, with an increase in the amount of active base, the level of corrosion protection is 99.6%.

Keywords. heterocycles, alkylimidazoles, ammonium salts of carboxylic acid, fatty acids, ethylenediamine, synergistically active base, corrosion inhibition.

Kirish. Bugungi kun neft-gaz va kimyo sanoatining muhim muammolaridan biri konstruksion materiallar uchun yangi korroziya ingibitorlari yaratish va ulardan foydalanish samaradorligini oshirish bilan bog'liq. Korroziya natijasida metall yo'qotishlari salmog'i yildan-yilga ortib, quvur o'tkazmalari, sanoat uskunalari va qurilmalarda avariya oqibatida sarf-xarajatlar hajmi ortib bormoqda. Agressiv muhitda qurilma materiallarning zanglashini oldini olish faolligiga ega bo'lgan polifunksional geterosiklik birikmalarni olish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Jahonda kimyo va neft-gazni qayta ishlash sanoatini jadal rivojlantirish davrida organik ingibitorlar olish usullari va tuzilishi, korroziya jarayonlarining tabiati va uglevodorodlarni ishlab chiqarish va qayta ishlash jarayonlarida konstruksion materiallarni himoya qilish bo'yicha ilmiy izlanishlar olib borilmoqda. Bu borada yangi avlod organik korroziya ingibitorlarini ishlab chiqarish yo'nalishida ma'lum natijalarga erishildi, jumladan import o'rnini bosuvchi kimyoviy mahsulotlar bilan ta'minlashga alohida e'tibor berilmoqda.

Respublikamizdagi mahalliy xomashyo va ikkilamchi moddiy resurslar asosida yuqori samarali korroziya ingibitorlarini yaratish va ishlab chiqarish sohasida chora-tadbirlar amalga oshirilib, muayyan natijalarga erishilmoqda. Bu vazifalarni amalga oshirish, jumladan, mahalliy xomashyo va ikkilamchi mahsulotlar asosida resurstejamkor texnologiyalarni ishlab chiqish, import o'rnini bosuvchi samarali korroziya ingibitorlari tarkibini yaratish muhim ahamiyatga ega hisoblanadi.

Aggressiv muhitda metall materiallarning parchalanishini oldini olishga qodir bo'lgan polifunksional geterosiklik birikmalarni ko'p tonnali olefinlar, glikollar, aminlar va boshqalardan tayyorlash bo'yicha katta tajriba to'plangan [1-5].

Ko'p komponentli korroziya ingibitorlari uchun sinergetik faol asoslar sifatida 1-arilimidazollar (imidazollar va benzimidazol) olish usullari Grimmet monografiyasi hamda «Kompleks geterosiklar kimyosi» jurnallarida [6-9], aldiminlar, imidoil-xloridlar, nitrillar, izosianatlar yoki imino efirlar asosida 4-metilfenil-sulfonil-metilizosianid ishlab chiqarish [10,11] manbalarda, 1,5-almashingan 4-xlor- va 4-bromimidazollar [12,13], 5-amino-4-sian-1-arilimidazol [14], 1-aril-5-aminoimidazol-4-karboksamid [15, 16] va aminospirtlardan [17] foydalanilgani haqida ma'lumotlar bor.

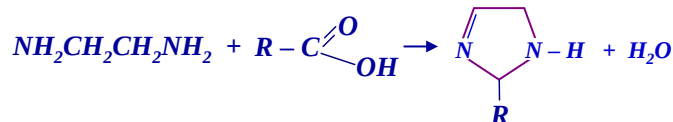
Tadqiqotning tajriba qismi. Alkilimidozolin asosli sinergetik faol asoslar olish maqsadida etilendiamin va olein kislotaning turli sharoitlarda reaksiyalari o'rganildi: mexanik aralashtirgich, tomizgich voronka, termometr va Dina-Stark nasadkalari bilan jihozlangan reaktorga avvaldan hisoblangan miqdorlarda, erituvchi (erituvchi sifatida, toza benzol va aromatik uglevodorod aralashmasi (benzol, toluol va ksilollar)dan foydalaniladi), va yog' kislotalari intensiv aralashtirib turgan holda solinadi. Reaktor harorati 60°C ko'tarilishi davomida bir turdagi massa hosil bo'ladi. Qizdirish -1 soat davom etadi. So'ngra tomizgich voronka orqali etilendiamin tezlik bilan reaktorga uzatiladi. Bunda harorat 100°C gacha ko'tarilib, aralashmaning rangi ekzotermik reaksiya amalga oshishi tufayli och sariq rangdan to'q qizil yoki qora rangga o'zgaradi.

So'ngra reaksiya aralashma 130-150°C haroratlar intervalida 3 soat davomida qizdiriladi: bunda reaktordan Dina-Stark yig'gichida suv va erituvchi aralashmasi (aromatik uglevodorodlar) yig'ilishi kuzatiladi. Yig'gichda to'plangan erituvchi reaktorga qaytarilib turiladi. Shundan so'ng

reaksion aralashmani 160-165°C haroratlar chegarasida uch soat davomida qizdirish bilan jarayon davom etiriladi. Bunda Dina-Stark yig'gichida suv to'planishi davom etadi.

Olingan aralashma 225°C haroratda bir soat davomida qizdiriladi. Bunda suv to'liq ajralishi amalga oshiriladi. Shundan so'nggina reaksiya aralashma sovilib, metallardan himoyalash darajasi aniqlanadi.

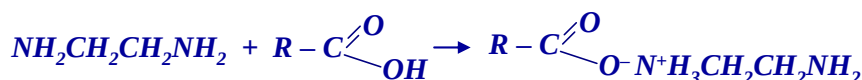
Alkilimidozolin hosilalari sintezi yog' kislotalari va etilendiaminning turli nisbatlarida amalga oshiriladi.



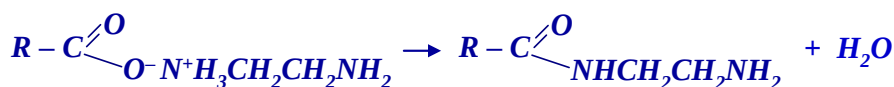
Alkilimidozolin sintezi chiziqli amidlar hosil bo'lish bosqichi orqali amalga oshishi isbotlangan. Reaksiya sharoitidan kelib chiqib, birinchi bosqichda imidozolin halqasining hosil bo'lishini ta'minlovchi yog' kislotalarining monoamid va diamidlari hosil bo'ladi.

Yuqorida aytib o'tilganidek, alkilimidozolinlar sintezi ko'p bosqichli va ko'plab oraliq mahsulotlarning hosil bo'lishi bilan amalga oshadi. Jarayon ketma-ketligini quyidagi kimyoviy reaksiya sxemalari orqali ko'rsatish mumkin:

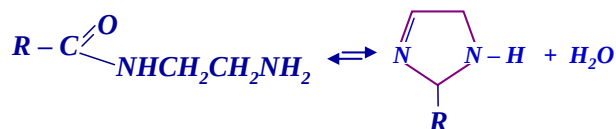
1-bosqich. Yog' kislotalarining etilendiamin bilan karbon kislota ammoniyli tuzlari hosil qilishi:



2-bosqich. Karbon kislota ammoniyli tuzlaridan suvning ajralishi va amidlar hosil bo'lishi:



3-bosqich. Karbon kislota amidlarining halqalanishi va alkilimidozolinlar hosil bo'lishi:



Ajraluvchi reaksiya suvning miqdori aniqlanib, hisoblangan miqdorlari bilan taqqoslab chiqildi (hisoblangan miqdor alkilimidozolinning to'liq konversiyasiga nisbatan olingan).

1-jadval

Alkilimidozolin sintezida ajraluvchi suv miqdori

Reaksiya sharoiti	Ajralgan reaksiya suv	Ajralishi hisoblangan suv
ikki bosqichli termik ishlov berishning birinchi bosqichidan so'ng	4.3	7.2
ikki bosqichli termik ishlov berishning ikkinchi bosqichidan so'ng	5.3	7.2
kislotali katalizator ishtirokida	6.5	7.2

Reaksiya ajraluvchi va hisoblangan suv miqdorining qiyosiy nisbatlari (1-jadval) dastlabki

reagentlarning maqsaddagi alkilimidozolin bo'yicha yuqori konversiya bilan amalga oshishini tasdiqlaydi. Termik ishlov berish 190°C haroratda olib borilganda nisbatlar katta bo'lsada, 230 °C haroratda esa konversiyaning keskin ortishi bilan alkilimidizolin hosil bo'lish unumi ortishiga olib keladi.

Hosil bo'lgan moddalarning kislota sonini aniqlash yog' kislotalari konversiya darajasini ko'rsatuvchi muhim parametrlardan bo'lgani uchun, tadqiqotlarimiz davomida ayni ko'rsatkichlarni aniqlashni maqsad deb bildik. Sintezning asosiy ta'sir etuvchi omili harorat bo'lgani sababli, kislota sonini aniqlash sintezning ixtiyoriy boqsichida amalga oshirilishi mumkin.

2- jadval

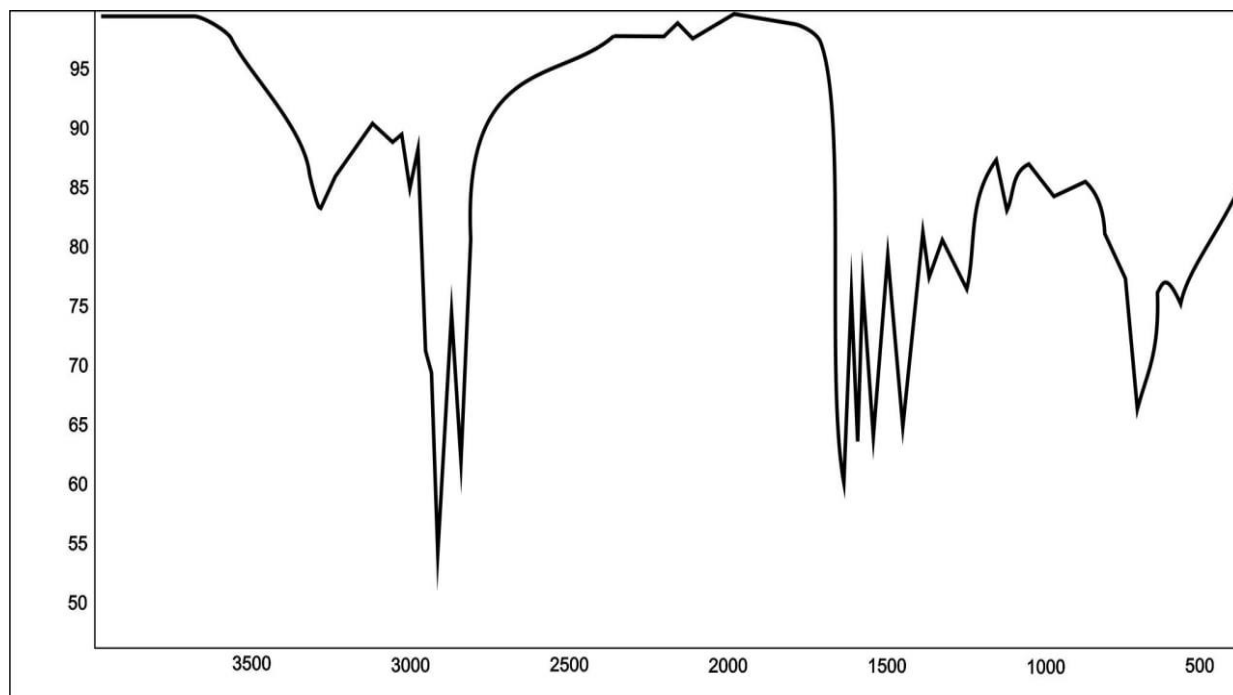
Alkilimidozolin sintezida ajraluvchi suv miqdori
Hisoblangan ajraluvchi suv miqdori 7,2 KOH/g

Reaksiya sharoiti	Kislota soni, KOH/g
ikki bosqichli termik ishlov berishning birinchi bosqichidan so'ng	4.3
ikki bosqichli termik ishlov berishning ikkinchi bosqichidan so'ng	4.5
kislotali katalizator ishtirokida	8.1

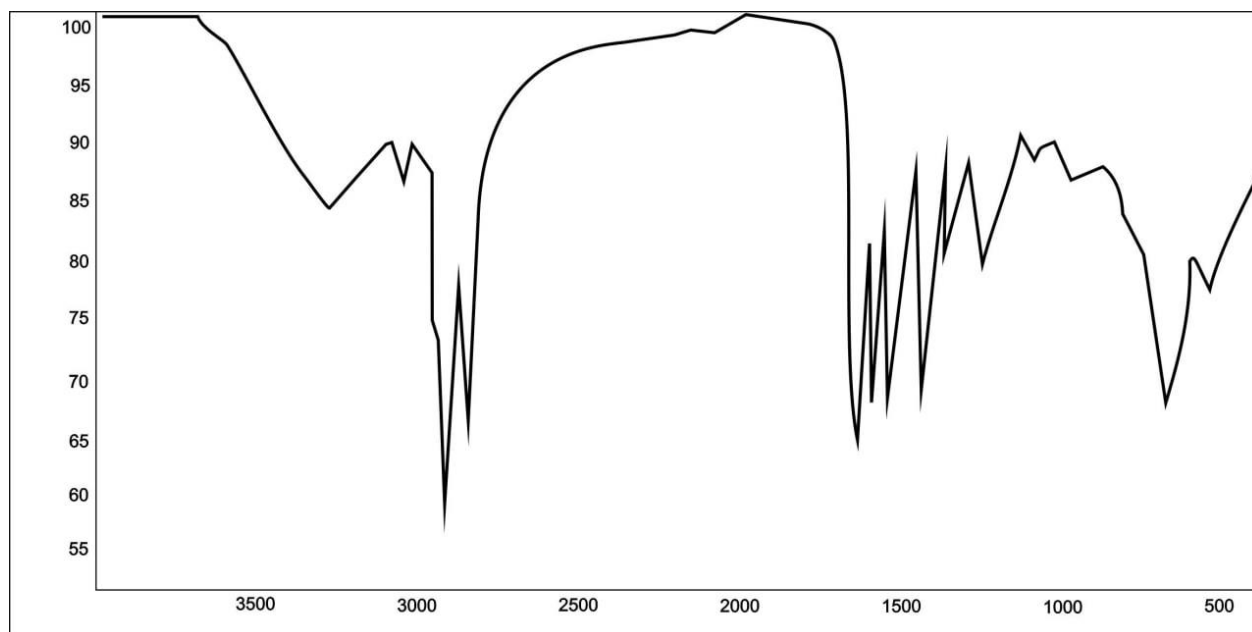
Tahlil natijalari shuni ko'rsatdiki, kislota soni 190 va 230°C da 4 – 5 mg KOH/g ni, katalizator ishtirokida olingan mahsulot uchun esa KS = 8,1 KOH/g ga teng va buni kataliz jarayonining kislotali xususiyati bilan bog'liq deb hisobladik.

Natijalar va muhokama. Reaksiya mahsulotlari tarkibini aniqlashning tahlillaridan yana biri IQ-spetrokopiyadan foydalanishdir. 1 - 3-rasmlarda paxta moyi tarkibiga kiruvchi yog' kislotalari aralashmasi va etilendiamin ta'sirlashuvidan olingan mahsulotlarning IQ-spektrlari («Agilent Technology FTIR-640» qurilmasi: qayd qilish diapazoni 4000-400 sm^{-1} , stakanlari soni - 12) keltirilgan.

Sintezning aniqlanayotgan barcha sharoitlarida ham chiziqli amidlarga tegishli bo'lgan 1605 sm^{-1} C = N-bog'ga xos yutilish chiziqlari, 1650 va 1550 sm^{-1} C = O-bog'ga xos yutilish chiziqlari kuzatildi.



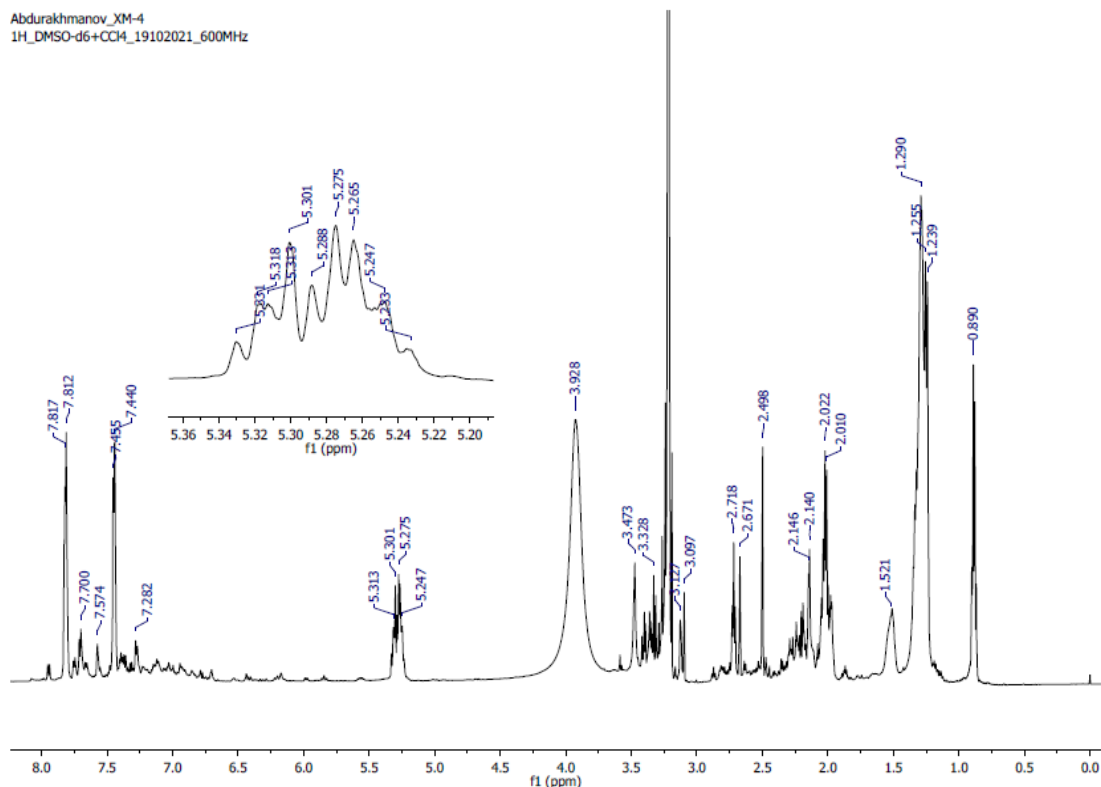
1-rasm. 190°C haroratda olingan namunaning IQ-spektri.



2-rasm. 240°C haroratda olingan namunaning IQ-spektri.

190°C haroratda olingan namunaning IQ-spektrida (1-rasm), C=N-bog' uchun xos yutilish chiziqlari 230°C haroratda olingan namunalarning IQ-spektrida (2-rasm) ham kuzatiladi. Imidozolin halqasi uchun xos C=N-bog' intensiv yutilishi kislotali kataliz orqali olingan namunada ko'proq. Bunda, C = N- va C = O-bog'lar uchun yutilish intensivligi o'zaro bog'liqligini, bir bog'ning intensivligi ortishi bilan ikkinchisining kamayishini ko'ramiz. Turli sharoitlardagi tadqiq qilinayotgan namunalarning IQ-spektrlardagi C=N- bog' intensivliklarini taqqoslash natijasida alkilimidozolinlarning mavjudligini isbotlash mumkin.

Shuningdek, yog' kislotalari aralashmasi asosida olingan alkilimidozolinlarning tuzilishi ^1H YAMR-spektroskopiya usuli yordamida ham o'rganildi (3-rasm).



3-rasm. Kislotali kataliz orqali olingan namunaning ^1H YAMR-spektri.

3-rasmdagi ^1H YAMR - spektrida karboksi guruhi bilan birikkan N-H - guruhi protonining kimyoviy siljishi 1,45-1,92 m.u. sohalarda singlet signallari ko'inishida kuzatildi. Imidozolin halqasiga xos protonlarining dublet signallari 7,09 - 7,22 m.u. sohalarda kuzatildi. Imidozolin metileniga tegishli proton signallari 4,42 - 4,47 m.u. sohasida joylashgan. Karboksi guruhiga tegishli metilen guruhi protonining signallari 2,2 - 2,4 sohalarda, karbon kislotaga tegishli metilen protonlarining kimyoviy siljishi esa triplet xolatida 5,34 m.u. sohalarda kuzatildi. Tahlilda aniqlanmagan ko'plab signallar kuzatilib, erituvchi aralashma tarkibidagi moddalarga tegishli deb belgilandi.

Shunday qilib, alkilimidozolinlar sintez qilishning haroratga bog'liqligi va katalitik usuli taqqoslandi. Aniqlandiki, paxta moy tarkibiga kiruvchi yog' kislotalari va etilendiamin nisbatlari 1:1 bo'lgan sharoitlarda, sintez monoamidlar va alkilimidozolinlar hosil bo'lishi bilan amalga oshadi. Monoamidlar va alkilimidozolinlar nisbati ko'proq haroratga bog'liq bo'ladi: alkilimidozolinlar nisbatan yuqori haroratlarda 230°C yoki erituvchi qaynash haroratlari sharoitida 130-140°C amalga oshiriluvchi kislota katalizatorligida yuqori unum bilan hosil bo'lishi isbotlandi.

Alkilimidozolinlar asosidagi ingibitorlar shartli nomlari: «IIK-DYu» - sintezning maksimal harorati 190°C bo'lgan reaksiya aralashma; «IIK-DYu» - sintezining maksimal harorati 240°C bo'lgan reaksiya aralashma va ularning korroziyadan himoyalash darajasini aniqlash St.3 markali po'lat namunalarda gravimetrik usulda amalga oshirildi. Ingibitor dozasi 20-40mg/l chegaralarida belgilandi. Tajribalar 24 soat davomida xona haroratida, gaz kondensati-tuzli sun'iy eritma hamda neft-tuzli sun'iy eritma ikki fazali sistemalarda olib borildi. Tahlil qilinayotgan muhitlar 10 daqiqa davomida vodorod sulfidi bilan boyitildi.

Minerallashgan tuzli eritma tarkibi KCl (163 g/l) + $\text{CaCl}_2 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (34 g/l) MgSO_4 (0,14 g/l) dan iborat. Alkilimidozolinlar asosidagi ingibitorlarning St.3 markali po'latni korroziyadan himoyalash darajasini aniqlash natijalari 3-jadvalga kiritilgan.

3-jadval

Imidozolin hosilalari asosidagi ingibitorning St.3 markali po'latni korroziyadan himoyalash darajasini aniqlash natijalari*

Tajribalar muhiti	Massaning yo'qalishi, g	Korroziya tezligi $\text{g/m}^2 \cdot \text{soat}$	Himoyalash darajasi, %
«IIK-DYu»			
Nazorat	0,0255	0,0331	
H_2S tuzli eritma + 70 ml gazokondensat	0,0004	0,00519	84,3
Nazorat	0,0012	0,01557	-
H_2S tuzli eritma + 70 ml neft	0,0013	0,01428	91,6
Nazorat	0,0107	0,1388889	-
H_2S + tuzli eritma	0,00115	0,0149273	89
«IIK-DYu»			
Nazorat	0,00306	0,3952	-
1:2 = suv: H_2S li tuzli eritma	0,0053	0,00365	90,7
Nazorat	0,0051	0,196	-
H_2S tuzli eritma + 70 ml neft	0,00215	0,02791	85,8
Nazorat	0,001	0,01298	-
H_2S + tuzli eritma	0,00015	0,00128	90,1

Sinergetik samarali tarkiblar ingibitorlarining korroziyadan himoyalash darajasini aniqlash bo'yicha olib borilgan tadqiqotlar natijalari 4- va 5-jadvallarda keltirilgan.

Sinergetik samarali tarkiblarning korroziyadan himoyalash darajasi,
agressiv muhit 15 %-li H₂S, harorat 24°C

№	Ingibitor tarkibi (g)	Ingibitor dozasi (g/l)	Korroziya tezligi, (g/m ²)	Himoyalash darajasi, %
1	Faol asos - 15,0 Metanol - 15,0 Formaldegid - 15,0 MEAKQ - 10,0 Suv - qolgani	2	0.48	96.7
		4	0.47	96.8
		6	0.38	97.4
		8	0.34	97.7
		10	0.27	98.2
2	Faol asos - 15,0 Metanol - 5,0 Formaldegid - 15,0 MEAKQ – 10,0 Suv – qolgani	2	0.45	97.0
		4	0.44	97.01
		6	0.40	97.03
		8	0.36	97.6
		10	0.35	97.62
3	Faol asos – 17,0 Metanol – 15,0 Formaldegid - 5,0 MEAKQ - 10,0 Suv – qolgani	2	0.46	96.9
		4	0.44	97.01
		6	0.37	97.5
		8	0.34	97.7
		10	0.21	98.6
4	Faol asos – 17,0 Metanol – 10,0 Formaldegid - 10,0 MEAKQ – 10,0 Suv – qolgani	2	0.34	97.7
		4	0.30	97.96
		6	0.28	98.1
		8	0.24	98.4
		10	0.20	98.6
5	Faol asos – 18,0 Metanol – 5,0 Formaldegid - 5,0 MEAKQ – 5,0 Suv – qolgani	2	0.28	98.1
		4	0.27	98.2
		6	0.19	98.7
		8	0.14	99.0
		10	0.10	99.3
6	Faol asos – 18,0 Metanol – 10,0 Formaldegid - 10,0 MEAKQ – 5,0 Suv – qolgani	2	0.27	98.2
		4	0.24	98.4
		6	0.17	98.84
		8	0.13	99.1
		10	0.06	99.5
7	Faol asos – 20,0 Metanol – 15,0 Formaldegid - 15,0 MEAKQ – 10,0 Suv – qolgani	2	0.26	98.23
		4	0.24	98.4
		6	0.20	98.6
		8	0.19	98.7
		10	0.15	98.9
8	Faol asos – 20,0 Metanol – 10,0 Formaldegid - 10,0 MEAKQ – 10,0 Suv – qolgani	2	0.27	98.2
		4	0.25	98.3
		6	0.23	98.4
		8	0.21	98.6
		10	0.18	98.8

Sinergetik samarali tarkiblarning korroziyadan himoyalash darajasi,
agressiv muhit 23 %-li H₂S, harorat 24°C

№	Ingibitor tarkibi (g)	Ingibitor dozasi (g/l)	Korroziya tezligi, (g/m ²)	Himoyalash darajasi, %
1	Faol asos - 15,0	2	0.54	96.3
	Metanol - 15,0	4	0.50	96.6
	Formaldegid - 15,0	6	0.48	96.7
	MEAKQ - 10,0	8	0.44	97.01
	Suv - qolgani	10	0.40	97.03
2	Faol asos - 15,0	2	0.53	96.40
	Metanol - 5,0	4	0.50	96.60
	Formaldegid - 15,0	6	0.47	96.80
	MEAKQ - 10,0	8	0.43	97.08
	Suv - qolgani	10	0.39	97.36
3	Faol asos - 17,0	2	0.44	97.01
	Metanol - 15,0	4	0.40	97.30
	Formaldegid - 5,0	6	0.38	97.40
	MEAKQ - 10,0	8	0.34	97.70
	Suv - qolgani	10	0.27	98.20
4	Faol asos - 17,0	2	0.44	97.01
	Metanol - 10,0	4	0.38	97.4
	Formaldegid - 10,0	6	0.35	97.62
	MEAKQ - 10,0	8	0.27	98.2
	Suv - qolgani	10	0.22	98.5
5	Faol asos - 18,0	2	0.38	97.4
	Metanol - 5,0	4	0.29	98.0
	Formaldegid - 5,0	6	0.18	98.8
	MEAKQ - 5,0	8	0.14	99.0
	Suv - qolgani	10	0.10	99.3
6	Faol asos - 18,0	2	0.38	97.4
	Metanol - 10,0	4	0.28	98.1
	Formaldegid - 10,0	6	0.15	98.9
	MEAKQ - 5,0	8	0.13	99.1
	Suv - qolgani	10	0.07	99.5
7	Faol asos - 20,0	2	0.37	97.5
	Metanol - 15,0	4	0.28	98.1
	Formaldegid - 15,0	6	0.22	98.5
	MEAKQ - 10,0	8	0.20	98.6
	Suv - qolgani	10	0.14	99.0
8	Faol asos - 20,0	2	0.36	97.6
	Metanol - 10,0	4	0.24	98.4
	Formaldegid - 10,0	6	0.18	98.8
	MEAKQ - 10,0	8	0.14	99.0
	Suv - qolgani	10	0.11	99.2

4- va 5-jadvallar ma'lumotlari shuni ko'rsatadiki, faol asos miqdori oshish borishi bilan korroziyadan himoyalash darajasi ham ortib boradi, sinergetik samarali qo'shimchalardan metanol va formaldegidning miqdori 10 g gacha bo'lganda, MEAKQ ning miqdori esa 5 g bo'lganda korroziyadan himoyalash darajasi yuqori bo'lib, namunalarni xlorid kislotaning dozasi 15 va 23 %

bo‘lgan sharoitlarda saqlashdan, ingibitor konsentratsiyasi 10 g/l bo‘lganda mos ravishda 99.6 va 99.01 % ni tashkil etadi.

Tadqiqotlar davomida shuningdek olingan tarkiblar korroziyadan himoyalash darajasining haroratlarga bog‘liqliklari (20-60 °C chegarasida) ham o‘rganib chiqildi.

6- jadval

**Saralangan №6 tarkibli ingibitor himoyalash darajasining haroratga bog‘liqligi,
tajriba vaqti 24 soat**

Eritma, % mass.	Korroziya tezligi g/m ² .ch	Himoyal ash darajasi, %	Korroziya tezligi g/m ² .ch	Himoyalash darajasi, %	Korroziya tezligi g/m ² .ch	Himoyalash darajasi, %
	T=20°C		T=40°C		T=60°C	
HCl ÷ 25,0	0,042	-	0,99	-	25,80	-
HCl+№6 ÷ 25,0+0,5	0,0091	78,30	0,079	92,02	0,40	98,45
H ₂ SO ₄ ÷ 20,0	15,7	-	7,7	-	31,20	-
H ₂ SO ₄ +№6 ÷ 20,0+0,5	2,2	85,99	3,0	61,03	16,00	48,72
HCl+H ₂ S ÷ 25,0 + to‘yingan eritma	0,23	-	0,94	-	3,10	-
HCl+H ₂ S+№6 ÷25,0 to‘yingan eritma + 1,0	0,02	91,30	0,072	92,34	0,099	96,81

6-jadvalda kislotali korroziya ingibitorining №6 himoyalash darajasiga haroratning bog‘liqligi natijalari berilgan va undan ko‘rinadiki, St.3 markali po‘latni ingibitorsiz korroziyalanish tezligi 14.675 g/m² soat bo‘lganda, himoyalash darajasi 98.4–99.6 % gacha oshadi.

To‘plangan ma’lumotlar asosi qilib olinib, faol asos - 18,0, metanol - 10,0, formaldegid - 10,0, MEAKQ - 5,0 va suv 57 g dan iborat bo‘lgan tarkib samarali ekanligi isbotlanib, ishlab chiqarishga tavsiya etildi.

Xulosa. Alkilimidozolin asosli korroziya ingibitorlari olish va ularning metallarni korroziyadan himoyalash samarasini aniqlash bo‘yicha olib borilgan tadqiqotlar natijalari bo‘yicha quyidagi xulosalar qilindi:

Yog‘ kislotalari aralashmasi va etilendiamin asosida alkilimidzolinlar sintez qilishning maqbul sharoitlari aniqlanib, haroratning ta’siri 180 - 250 °C, reaksiyaning davomiyligida 3 soat qilib belgilandi: bunda aniqlandiki, reaksiya 190°C haroratda 8 soat davom etirilganda jigar rangli suyuqlik addukt hosil bo‘lib, 50 % gacha normal tuzilishli kislota amidlaridan iborat, 230°C haroratda esa jigar rangdagi gomogen suyuqlik hosil bo‘ladi.

Reakcion suvning miqdori aniqlanib, hisoblangan miqdorlari bilan taqqoslab chiqildi. Hosil bo‘lgan moddalarning kislota sonini aniqlash yog‘ kislotalari konversiya darajasini ko‘rsatuvchi muhim parametrlardan bo‘lgani uchun, kislota soni 190 va 230°C da 4 - 5 mg KOH/g ni, katalizator ishtirokida olingan mahsulot uchun esa KS = 8,1 KOH/g ga teng va buni kataliz jarayonining kislotali xususiyati bilan bog‘liq deb hisoblandi.

Olingan mahsulotlarning tarkibi va tuzilishi IQ-spetkroskopiya va ¹H YAMR-spektroskopiya usullari yordamida tasdiqlandi.

Alkilimidozolinlar sintez qilishning haroratga bog‘liqligi va katalitik usuli taqqoslandi. Aniqlandiki, paxta moyi tarkibiga kiruvchi yog‘ kislotalari va etilendiamin nisbatlari 1:1 bo‘lgan sharoitlarda, sintez monoamidlar va alkilimidozolinlar hosil bo‘lishi bilan amalga oshadi. Monoamidlar va alkilimidozolinlar nisbati ko‘proq haroratga bog‘liq bo‘ladi: alkilimidozolinlar nisbatan yuqori haroratlarda 240 °C yoki erituvchi qaynash haroratlari sharoitida 130 - 140°C amalga oshiriluvchi kislota katalizatorligida yuqori unum bilan hosil bo‘lishi isbotlandi.

Olingan alkilimidozolinlar asosida sinergetik samarali himoyalash ingibitorlari tarkibi

yaratildi. Tavsiya etilayotgan tarkib faol asosi polietilenpoliaminning yog‘ kislotalari bilan katalitik geterosikllanish mahsuloti bo‘lib, formaldegid va monoetanolaminni vakuumda haydash kub qoldig‘i (MEAKQ) qo‘shib tayyorlangan kompozitsiyalari hisoblanadi:

Olingan ngibitorlarning muhim xususiyatlaridan olingan alkilimidozolinlarni erkin holatida ajratib olinmay, aralashmada organik asos sifatida foydalanilishi bilan bog‘liq. Bu bilan mahsulot yuqori unumiga ham erishiladi va korroziyadan himoyalash darajasi ham yuqori bo‘ladi.

Faol asos miqdori oshish borishi bilan korroziyadan himoyalash darajasi ham ortib boradi, sinergetik samarali qo‘shimchalardan metanol va formaldegidning miqdori 10 g gacha bo‘lganda, MEAKQ ning miqdori esa 5 g bo‘lganda korroziyadan himoyalash darajasi yuqori bo‘lib, namunalarni xlorid kislotaning dozasi 15 va 23 % bo‘lgan sharoitlarda saqlashda, ingibitor konsentratsiyasi 10 g/l bo‘lganda mos ravishda 99.6 va 99.01 % ni tashkil etadi. To‘plangan ma’lumotlar asos qilib olinib, faol asos - 18,0, metanol - 10,0, formaldegid - 10,0, MEAKQ - 5,0 va suv 57 g dan iborat bo‘lgan tarkib samarali ekanligi isbotlanib, ishlab chiqarishga tavsiya etildi.

Adabiyotlar

- [1]. Юсупов Д., Турсунов М.А., Хамраев Б.Н. Разработка новых реагентов для добычи нефти и газа. Химическая технология. Контроль и управление, 2007, №1. – С.38-39.
- [2]. Юсупов Д., Батиров Б.Б., Пак В.В., Керемецкая Л.В., Файзиев Ш.Р. Разработка и исследование свойств новых ингибиторов коррозии на базе вторичных материалов ОАО «Навоиазот». Химическая технология. Контроль и управление. 2007, №6. – С. 8-12.
- [3]. Юсупов Д., Батиров Б.Б., Керемецкая Л.В., Хамраев Б.Н. Новые ингибиторы коррозии для солянокислотной обработки скважин. Узб.журнал нефти и газа. 2007, №2. – С.43-44.
- [4]. Пат. № 2788 (РУз). Способ получения ингибитора коррозии. Заявл. 23.11.94. Опубл. 30.09.95. Бюл. №3.
- [5]. О.Э. Зиядуллаев, Т.С. Сирлибоев, С.Э. Нурмонов, В.Г.Калядин. Кротон альдегиди асосида янги синтезлар жараёнининг технологик параметрлари. Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув журнали. 2006, № 6, 10-13 б.
- [6]. Grimmett M.R. Imidazole and benzimidazole synthesis. San Diego: Academic Press, 1997. 256 P.
- [7]. Grimmett M.R. Imidazoles and their Benzo Derivatives. Synthesis and Applications // Compr. Heterocycl. Chem. 1984. Vol. 5. № 3. P. 457–498.
- [8]. Grimmett M.R. Imidazoles // Compr. Heterocycl. Chem. II. 1996. Vol. 3. № 3. P. 77–220.
- [9]. Xi N., Huang Q., Liu L. Imidazoles // Compr. Heterocycl. Chem. III. 2008. Vol. 4. № 2. P. 143–364.
- [10]. Tuyen T.N., Sin K.-S., Kim H.P., Park H. Synthesis and Antiinflammatory Activity of 1,5-Diarylimidazoles // Arch. Pharm. Res. 2005. Vol. 28. № 9. P. 1013-1018.
- [11]. Moskal J., Van Stralen P., Postma D., Van Leusen A.M. A new synthetic approach to the benzazole ring system. Synthesis and electrocyclic ring closure of dialkenyl and alkenyl-aryl substituted pyrroles, imidazoles and oxazoles // Tetrahedron Lett. 1986. Vol. 27. № 19. P. 2173–2176.
- [12]. Nunami K., Yamada M., Fukui T., Matsumoto K. A Novel Synthesis of Methyl 1,5-Disubstituted Imidazole-4-carboxylates Using 3-Bromo-2- isocyanoacrylates (BICA) // J. Org. Chem. 1994. Vol. 59. № 25. P. 7635–7642.
- [13]. Усмонова Ю.Ш., Давлятова З.М., Кадиров Х.И. Получение этилендиамин на основе отработанного моноэтаноламина. «Universum: технические науки» электрон. научн. журн. 2021. 9(90). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/12250> Москва- 2021.Часть 2. <https://doi.10.32743/UniTech.2021.90.9.12250> -с. 40-44
- [14]. Давлятова З.М., Усмонова Ю.Ш., Кадиров Х.И. Этилендиамин синтезлаш учун ZnO-NiO-CuO-Cr₂O₃-Al₂O₃ таркибли катализаторлар. //«UzAcademia» илмий-услубий журнали. vol 3, issue 1(21), part-1. В.74-80
- [15]. Usmonova Yu.Sh., Davlyatova Z.M., Kadirov Kh.I., Cherkasova E.I. Preparation of the initial reagent – ethylendiamines for production of corrosion inhibitors by heterocyclic fragments. //«Technical science and innovation» the science journal. Tashkent state technical university named after Islam Karimov 2021, №3(09). - p. 54-61
- [16]. Ю.И. Кузнецов, Н. П. Андреева, М. О. Агафонкина. О совместной адсорбции на пассивном железе из водных растворов 1,2,3-бензотриазола и фенилундеканоата натрия. Электрохимия. – 2010. – Т. 46. – № 5. – С. 593 - 598.
- [17]. Umrbek Kazakov, Zamira Masharipova, Khasan Kadirov. Study of the Condensation Reaction of Aldehydes with Amides and New Ways of their Application. AIP Conference Proceedings 2432, 050052 (2022); <https://doi.org/10.1063/5.0089546>

И. Тўхтаров

Фаргона давлат техника университети
(Қабул қилинди 24.04.2025 й.)

Аннотация. Мақолада бугунги кунда илм-фан ва инновацион таълимнинг ёшлар эътиқодини шакллантириши жараёнидаги роли ва аҳамияти жамиятдаги янгиланиш жараёнларининг муҳим омили сифатида очиб берилган.

Таянч сўзлар. Илм-фан, таълим, жамият, жамият тараққиёти, инновация, ёшлар, ёшлар эътиқоди, тафаккур, маргинал тафаккур, интеллектуал салоҳият, креатив фаоллик.

Аннотация. В статье раскрыта роль и значение науки и инновационного образования как важнейшего фактора процессов обновления, происходящих в социальной жизни общества

Ключевые слова. Наука, образование, общество, развитие общества, инновации, молодёжь, убеждение молодёжи, мышление, маргинальное мышление, интеллектуальная способность, креативная активность.

Abstract. This article examines the role and importance of science and innovative education as a crucial driver of the renewal processes occurring within the social life of society.

Keywords: Science, education, society, social development, innovation, youth, youth persuasion, thinking, marginal thinking, intellectual ability, creative activity.

Дунё тараққиётининг охирги ўн йилликлари мобайнидаги тараққиётга хос бўлган хусусиятлар орасида инновацион ривожланишнинг энг муҳим омилга айланаётганлиги кўзга яққол ташланмоқда. Буни илм-фан тараққиётга қўйилаётган жиддий эътибор ва талаблар мисолида кўришимиз мумкин. Шундан келиб чиқиб, кейинги йилларда илмий муомалага тезкор равишда кириб келган ва мулоқот жараёнларида тобора кенг қўлланилаётган категориялардан бири “инновация” тушунчаси бўлмоқда, десак муболаға бўлмайди. “Инновация” термини луғавий маънода инглиз тилидаги “innovasia” сўзидан олинган бўлиб, янгиликни жорий этиш, янгиликни олиб кириш маъноларини англатади.

Бироқ илм-фан тараққиётга хос умумий хусусиятларни яқиндан ўрганиш ва таҳлил этиш “инновация” категориясини билиш жараёнидаги янги ғносеологик тушунча дейиш имконини бермайди. Чунки барчамизга маълумки, фаннинг асосий мақсади ҳам, вазифаси ҳам янгиликларни аниқлаш ва амалиётга жорий этишдан иборатдир. Шундай экан, бугунги кунга келиб рўй бераётган инновацион жараёнлар жамият тараққиётини тезлаштириш, хусусан, мустақил Ўзбекистонни глобал ривожланиш авж олаётган жаҳон интеграцион жараёнларига уйғунлашиш эҳтиёжлари билан бевосита боғлиқ эканлигини эътиборга олишни тақозо этади. Шу маънода проф. Қ.Назаровнинг “Инновациялар ижтимоий-иқтисодий, ташқилий-бошқарув, техник-технологик, маданий-маърифий соҳаларда амалга оширилади. Инновациянинг асосий мақсади ижтимоий амалиётда катта ўзгаришларни амалга оширувчи турли хилдаги янгиликларни яратиш ва уларни амалиётга жорий этишдан иборат” [3;486] эканлиги тўғрисидаги фикри эътиборга молик ҳисобланади.

Таъкидлаш лозимки, мустақилликка эришишимиз натижасида юртимиз тараққиётида тобора авж олдирилаётган бозор иқтисодиёти шароитида кескин инновацион рақобатнинг ўзи дунё халқлари ва давлатларини ўта динамик тарздаги янгиланишларнинг фаол иштирокчисига айлантормоқда. Замонавий дунё тараққиёти шундан ҳам далолат бермоқдаки, ҳаттоки, юзаки қараганда модернизацияларга муҳтож бўлмаган айрим “турғун” соҳалар ҳам инновацион ривожланиш таъсирида мазкур жараёнлар билан ҳамоҳанг равишда қадам ташлашга мажбур бўлишмоқда. Айтайлик, мисол тариқасида диний ҳаёт соҳасини келтиришимиз мумкин.

Ҳар бир дин, жумладан, ислом динини модернизациялаш тарафдорлари ҳам бугунги кунда жуда кўпчилик бўлиб, турли йўналишларда ўз мавқеларини кучайтириш, миссионерликни авж олдириш, исломни илк ҳолатига қайтариш фикрлари (вахҳобийлик)га қарши курашиш, дин билан фанни муроасага келтириш, диний эътиқодни дунёвий эътиқод

билан уйғунлаштириш каби инновацион муаммолар тўғрисида бош қотирмоқдалар. Яқинда қабул қилинган Ўзбекистон Республикасининг “Ўзбекистон Республикасида фуқароларнинг виждон эркинлигини таъминлаш ва диний соҳадаги давлат сиёсати КОНЦЕПЦИЯСИ” тўғрисидаги 2025 йилнинг 25 февраль кунги 1037-сонли Қонуни бу тўғрида алоҳида таъкидланганидек, жамиятдаги қонунлар билан тартибга солинадиган муносабатларга бирон бир динга хос бўлган қоидаларни жорий этиш мақсадидаги уринишлар, инсоний ҳуқуқ ва манфаатларнинг тенглигини инкор этиш, ижтимоий ахлоқ нормаларига риоя этишдан бош тортиш, фуқароларнинг илм-фан ва маданият ютуқларидан фойдаланиш ҳуқуқларини чеклаш, дунёвий давлатчилик муносабатларининг моҳиятини эътироф этиш ўрнига жамият тараққиёти ва бирдамлигига путур етказиш мақсадидаги ғоя ва қарашларни тарғиб қилиш каби “...ҳолатлар ягона Ўзбекистон халқининг, жамият ва давлатнинг ҳамжиҳатлигига хатар бўлиб, қонун ҳужжатларига риоя этилмаслигига, бошқа шахсларнинг ҳуқуқлари бузилишига, ватанпарварлик туйғулари емирилишига, оилавий низоларга олиб келиши мумкин” [2;].

Маълумки, инновациялар сунъий равишда ўйлаб топиладиган ёки шунчаки амалга ошириладиган жараёнлар эмас, балки муайян ҳаётий эҳтиёжга айланиб бораётган янгиликларни амалиётга олиб кириш ва тадбиқ этиш орқали ижтимоий тараққиётни таъминлаш ва тезлаштиришга қўмаклашишдан иборат. Бу эса, энг аввало, инсон эътиқодида ўзгаришлар қилишни тақозо қилади. Бундаги таъсир ўтказиш жараёни осонгина рўй бермаслиги, балки муайян бир давр ёки босқичларни талаб этиши ҳам мумкинлиги ҳам муҳимдир. Эътиқоддаги бундай ҳолатни таниқли файласуф олим А.Эркаев “маргинал тафаккур” деб атайди. Унинг таъкидлашича, мустақилликка эришгач, бозор иқтисодиёти муносабатларига ўтиш даврида жамият аъзоларининг катта ёшдагилари совет давридаги кадриятлардан воз кечиб, янги даврга хос бўлган янгича муносабатларнинг кадрли жиҳатларига нисбатан эътиқод ҳосил қилишлари жуда қийин бўлган эди. Бу эса маълум бир муддат янгиланиш жараёнларида шундай кишилар онгида демократлаштириш ҳамда фуқаролик жамияти асосларини қарор топтиришдан иборат эътиқодни шакллантиришга салбий таъсир кўрсатган эди. Шу маънода, олимнинг уқтиришига кўра, тараққиётнинг ўзбек модели эътиқоддаги бундай маргинал ҳолатни енгиб ўтиш вазифасини ҳал этиши лозим эди [4;5-6].

Бозор иқтисодиёти муносабатлари туфайли ички ва ташқи рақобат муҳити тобора кескинлашаётган ҳозирги янгиланишлар даврида инновацион фаолият турларини янада кенгайтириш, бунинг учун салоҳиятли мутахассис кадрлар тайёрлашга эътиборни кучайтириш, ишлаб чиқариш жараёнларини илм-фан ютуқлари негизида йўлга қўйиш каби масалалар борган сари долзарб аҳамият касб этмоқда. Шундай экан, мазкур шароитда жамият тараққиётида инновацион омиллар устиворлигини таъминлашдаги асосий вазифа асосан таълим тизими зиммасига юкланишини алоҳида таъкидлаш ўринлидир.

Бундай таъкиднинг асоси, бизнингча, ҳар қандай инновацияни амалга ошириш, аввало, янгича фикрлашни талаб қилиши билан изоҳланади. Янгича фикрлаш эса таълим жараёни билан узвий боғлиқ бўлиб, усиз шаклланиши мумкин эмас. Шундай экан, таъкидлаш мумкинки, ҳар қандай инновацион тараққиётнинг муҳим детерминантларидан бири таълим тизими ҳисобланади. Бинобарин, ёшлар унинг ҳал қилувчи субъекти ва ташаббускори, дейиш ҳам мумкин.

Зеро, айнан ёшларнинг аҳолининг энг янгиликка ўч, янгича ғоя ва ёндашувларни хуш кўрадиган қатлами бўлиши барчамизга аён. Аҳолининг ана шу қатламига хос бўлган темперамент, жўшқинлик, куч-ғайрат, келажакка ишонч ва оптимизм уларнинг эътиқодида ҳар бир даврнинг барча қийинчиликлари ва тўсиқларидан ишонч билан ўта олиш туйғусини шакллантиради. Ваҳоланки, айнан эътиқоддаги орзу ва умидлар рўёбига нисбатан қатъий ишончгина инсонни журъдатли қилади, мураккаб вазифаларни адо этиш сари кўркмасдан интилишида қатъий ишонч уйғотади. Худди шу боис инсон ақлу-идрокининг имкониятларини ўрганишда мутахассислар, одатда, ёшлар эътиқодига хос инновацион интеллектуал салоҳият ва креатив фаолликни мезон сифатида таъкидлашади.

Бинобарин, таълим тизими илм-фанга асосланган ҳолда ностандарт фикрловчи, дунёқараши кенг, жамият ривож ва тараққиёти учун ўзининг билим ва малакаларини сарфлашга тайёр бўлган эътиқодли, илмий плюрализм эътиқодининг устивор тамойилига айланган ёшларни келажак учун тайёрлай олган шароитдагина жамиятнинг инновацион ривожланиши таъминланади. Модомики, ҳар қандай таълим тизими ёшларда янгича билим, тафаккур ва эътиқодни шакллантиришга қаратилган экан, Биринчи Президентимиз таъбири билан айтганда, “-келажакимиз пойдевори билим даргоҳларида яратилади, бошқача айтганда, халқимизнинг эртанги куни қандай бўлиши фарзандларимизнинг бугун қандай таълим ва тарбия олишига боғлиқ” [1;10]эканлигини унутмаслигимиз лозим. Чунки фақат таълим ва тарбия воситаси ёрдамидагина ёшларда пухта билим олиш, теран тафаккурни шакллантириш, кенг дунёқарашни қарор топтириш билан бирга қатъий ишонч негизидаги мустаҳкам эътиқодни юзага келтириш мумкин бўлади.

Бунга мамлакатимизда олий таълим тизимининг ривожланишига оид бўлган барча статистик маълумотлар ҳам яққол гувоҳлик беради. Фақат бунда мустақиллик йилларига қадар олий таълим тизимининг ўсиш суръатлари ҳақидаги маълумотлар янгиланиш ва янгилик жараёнлари анча сусткашлик билан кечганлигидан дарак беришини кўздан кочирмаслик лозим бўлади.

Маълумотларга кўра, мустақиллик арафасида Ўзбекистонда жами 41 та олий ўқув юртлари мавжуд бўлиб, улардан 3 таси университет мақомига эга бўлган бўлса, педагогика институтлари 15 тани, техника институтлари 7 тани, иқтисодиёт институтлари 3 тани, тиббиёт институтлари 5 тани, қишлоқ хўжалиги институтлари 4 тани, санъат институтлари 3 тани, жисмоний тарбия ва спорт институти эса 1 тани ташкил этган.

Мамлакатимиз мустақилликка эришиши билан юртимизда олий таълимни тубдан ислох қилиш ва ривожлантиришга жиддий эътибор қаратила бошланди. Мустақиллигимизнинг дастлабки иккинчи йилидаёқ университетлар сони 12 тага етгани, 2000-йилларга келиб эса Республикаimizдаги ОТМ лар 61 тагача кўпайиб, уларда таълим олаётган талабалар миқдори 207, 2 мингтани ташкил этганлиги ёки мустақилликнинг дастлабки 10 йилида мамлакатимиздаги ОТМлар сони икки бараварга, уларда таҳсил олаётганлар сони эса 10 бараварга ошганлиги тўғрисидаги маълумотлар худди ана шундан далолат беради. Табиийки, ушбу маълумотлар таълим тизимидаги инновацион ўзгаришлар ва ёндашувларни ҳам акс эттиради.

Муҳими шундаки, Президентимиз Ш.М.Мирзиёев раҳбарлиги даврига келиб илм-фан ва инновацион таълимни ривожлантириш Ёшларга оид давлат сиёсатида ёшлар эътиқодидаги ўзгаришларнинг асосий омили деб қаралганлиги боис бу кўрсаткичлар янада кескинроқ равишда ўзгарди. Чунки бу даврга келиб фан ва илмий тадқиқот ишларини янада ривожлантириш билан бирга олий таълимни тараққий эттириш билан бевосита боғлиқ бўлган алоҳида дастурлар ва меъёрий ҳужжатлар қабул қилиниб, амалиётга жорий этила бошланди. Умумтаълим ўрта мактаблари битирувчиларини олий таълим муассасаларига қабул квоталари оширилди, 2030 йилга бориб ўрта мактаблар битирувчиларининг 50 %ини, ёки ҳар иккитадан биттасини олий таълимга қамраб олиш лозимлиги режалаштирилди.

Табиийки, ёшлар манфаатларини кўзлаб режалаштирилган бу саъй-ҳаракатларнинг ижросини таъминлаш уларнинг онги ва тушунчаларида ўз куч ва имкониятларига ишонч туйғусини янада мустаҳкамлайди, эътиқодида эртанги кунга нисбатан умидворлик муддаоларини, шубҳасиз, авж олдиради.

Ўзбекистон Миллий ахборот агентлиги маълумотларига кўра, 2023 йилда республикаimizда яна 7 та янги олий таълим муассасаси фаолияти йўлга қўйилган ва натижада уларнинг умумий сони 213 тага етказилган. Шундан 116 таси давлат, 67 таси нодавлат, 30 таси эса хорижий олий таълим муассасаларидир [5;].

Олий таълим, фан ва инновациялар вазирлигининг маълумотларига кўра, ҳозирда мамлакатимиз ёшларининг 1,5 миллиондан ортиғи [6;] олий таълим муассасаларида таҳсил олишмоқда. Бу эса бугунги кунга келиб мамлакатимизда ўрта мактабларни битираётганларнинг олий таълим билан қамраб олиш кўрсаткичи 42% га етганлигини кўрсатади [7;].

Булардан кўзланган асосий мақсад, албатта, илғор хорижий мамлакатлар тажрибасига таянган ҳолда мамлакатимиз ёшларини ҳам олий таълим олиш истаги ва интилишларини кучлироқ рағбатлантириш, уларни илмий тадқиқот ишларига кенгроқ жалб этиш, юртимиз ижтимоий-иқтисодий тараққиётини инновацион тараққиёт тамойилларига таянган ҳолда жадаллаштириш кабилардан иборатдир. Табиийки, ушбу ҳаракатлар ислохотларнинг асосий субъектлари бўлган ёшларимизнинг тафаккури ва онгида янгича тушунчаларни қарор топтириш негизида уларнинг эътиқодларида ҳам прагматик ўзгаришларни қарор топтириш томон йўналтирилганлигини англатади.

Бугунги кунда жамиятимизнинг янгиланиши учун радикал инновацион изланишларни амалга оширишнинг меъёрий талаблари зарурлиги Республикамиз Президенти Ш.М.Мирзиёев томонидан қабул қилинган 2017 йил 5 июль кунги “Ёшларга оид давлат сиёсати самарадорлигини ошириш ва Ўзбекистон ёшлар иттифоқи фаолиятини қўллаб-қувватлаш тўғрисида”ги ПФ-5106-сонли Фармони, 2017 йил 30 ноябрь кунги “Ўзбекистон Республикаси Инновацион ривожланиш вазирлиги фаолиятини ташкил этиш тўғрисида”ги ПҚ–3416-сонли, 2019 йил 30 август кунги “Ёшларни илм-фан соҳасига жалб этиш ва уларнинг ташаббусларини қўллаб-қувватлаш тизимини такомиллаштириш чора-тадбирлари тўғрисида”ги Қарорларида ўз ифодасини топган.

Аммо кўпгина ёшларимизнинг ижтимоий онгида олий таълим босқичи талабаси бўлиш ҳаётда эришиладиган энг юқори натижа ва муваффақият сифатида тушуниш фикри устивор қараш бўлиб намоён бўлаётганлигини умуман оқлаб ҳам, ёқлаб ҳам бўлмайди. Бунинг ўрнига, бизнингча, ёшларимиз эътиқодида ОТМ талабаси бўлиш ҳар бир инсон ҳаётда эришадиган оддий ва навбатдаги ютуқ эканлиги, инсон ҳаёти эса доимо юксак орзуларга эришиш истаги ва умидлари билан йўғрилгани каби, ёшларимиз эътиқодида ҳам тинмай уларга эришиш истагидан ҳеч қачон тўхтамаслик зарурлиги, бу дунёда инсон бунёдкорликлари ва яратувчилик қобилиятлари томон интилишнинг чексизлиги ҳақидаги қатъиятни ҳам тарбиялаш мақсадга мувофиқ. Аслида бу ҳаётнинг оддийгина қонунидир. Афсуски, кўпгина ёшларимиз ҳаёт йўллари шакллантиришда ўзларини турмуш синовлари гирдобига уриш заминидagina улкан муваффақиятларга эришиш мумкинлигини тан олиш ва унга риоя қилиш ўрнига кўп ҳолларда осонроқ йўللари танлашни маъқул кўрадилар. Ёшларимиз эътиқодига хос бўлган бундай заиф хусусиятлар пировард оқибатда бутун жамиятнинг умумий тараққиёт даражасига салбий таъсир этувчи омил бўлиб намоён бўлади. Назаримизда, худди шу нуқтада Ўзбекистон Ёшлар иттифоқи фаолиятини янада жадаллаштириш ва самарадорлигини ошириш билан бевосита боғлиқ бўлган жуда муҳим бўлган бир қатор вазифалар борлиги кўзга ташланади.

Унутмаслик керакки, ёшлар эътиқодидаги ҳар қандай ўзгаришлар юрт фаровонлиги, Ватан равнақи, халқимиз ҳаёти ва турмуши даражасини кўтариш ва яхшилаш сингари ижтимоий ҳаёт эҳтиёжлари билан узвий боғлиқдир. Бошқачароқ қилиб айтганда, бундай эътиқодли ёшларни тарбиялаш ва вояга етказишда боғчаларга немислардек “тафаккур устахонаси” деб қараш, таълим даргоҳларига мустақил фикр ва кенг дунёқарашни шакллантирадиган масканлардек муносабатда бўлиш лозим [8;9-10]. Ваҳоланки, мамлакатимизда Учинчи Ренессанс пойдеворини яратиш борасидаги ғоя ва қарашларнинг рўёби ҳам, энг аввало, илм-фан ва инновацион таълимни ривожлантириш ёшлар эътиқодидаги ўзгаришларнинг асосий омили эканлиги тамойилига таянишни тақозо этади.

Адабиётлар

- [1]. Каримов И.А. Юксак маънавият – енгилмас куч. Т.: Маънавият, 2009.
- [2]. “Ўзбекистон Республикасида фуқароларнинг виждон эркинлигини таъминлаш ва диний соҳадаги давлат сиёсати КОНЦЕПЦИЯСИ” // <https://www.lex.uz/docs/7438958>
- [3]. Назаров Қ. Жаҳон фалсафаси қомуси. Тошкент, “Маънавият” нашриёти. 2023.
- [4]. Эркаев А. Маънавият ва тараққиёт модели. – Тошкент: Маънавият, 2005.
- [5]. Manba: O'zbekison Milliy axborot agentligi rasmiy sayti. <https://uza.oz/>
- [6]. Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi rasmiy sayti. <https://edu.uz/uz#gsc.tab=0>
- [7]. Manba: O'zbekison Milliy axborot agentligi rasmiy sayti. <https://uza.oz/>
- [8]. Кийосаки Р. Энг сара асарлари. – Тошкент: Адабиёт учкунлари, 2018.

ЗАНГЛАГАН КОНСТРУКТИВ УСКУНАЛАРНИ ТОЗАЛОВЧИ ВА КЕЙИНГИ
ЗАНГЛАШДАН ҲИМОЯЛОВЧИ ТАРКИБЛАР ОЛИШ ИМКОНияТЛАРИ

М.Ж. Жуманиязов, С.Г. Сапаева

Урганч давлат университети, e.mail: ximtex@ramber.ru

(Қабул қилинди 10. 02. 2025 й.)

Мақолада маҳаллий хомашёлар асосида зангни тозаловчи воситаларнинг янги авлодини олиш бўйича илмий тадқиқот натижалари келтирилган. Изланишларга кўра энг яхши натижага фосфат лимон ва аскорбин кислоталаридан иборат композицияга $K_2Cr_2O_7$ ҳамда $ZnSO_4$ ларни қиритиш орқали эришилди. Яратилган оптимал воситанинг зангни тозалаш самарадорлиги юқорилиги (97,7%), зангни тозалашдан кейинги ҳимоялаш даражаси (95,5%) ошганлиги илмий асосланди.

Калим сўзлар: зангдан тозалаш, калий бихромат, рух сульфат, ҳимоя самарадорлиги.

В статье представлены результаты научных исследований по получению средств для удаления ржавчины нового поколения на основе местного сырья. Согласно исследованиям, наилучший результат был достигнут при добавлении в состав лимонной кислоты и аскорбиновой кислоты $K_2Cr_2O_7$ ҳамда $ZnSO_4$. Научно доказано, что созданный оптимальный состав обладает высокой эффективностью удаления ржавчины (97,7%), повышенным уровнем защиты после удаления ржавчины (95,5%).

Ключевые слова: очистка ржавчины, бихромат калия, сульфат цинка, эффективность защиты.

The article presents the results of scientific research on obtaining a new generation of rust removers based on local raw materials. According to research, the best result was achieved by adding $K_2Cr_2O_7$ and $ZnSO_4$ to the composition of citric acid and ascorbic acid. It was scientifically proven that the created optimal tool has a high rust removal efficiency (97.7%), increased protection level after rust removal (95.5%).

Key words: rust cleaning, potassium bichromate, zinc sulfate, protection efficiency.

Кириш. Металлургия тизимларидаги барча иншоотларнинг ишончли ва узок муддатда хизмат қилиш самарадорлигини ошириш, агрессив муҳитларга чидамлилигини кучайтириш масалалари доимо муҳим вазифа бўлиб қолмоқда. Дунё амалиётидан маълумки, металллар кўпинча лойиҳада белгиланган хизмат муддатидан анча олдин яроқсиз ҳолатга келади. Айни пайтда, бу тузилмаларнинг ишончилиги ва чидамлилиги фақат ишлатиладиган ҳимоя воситаларининг самарадорлиги билан белгиланади.

Ҳозирги кунда саноати жадал ривожланиб бораётган мамлакатлар иқтисодиётининг турли тармоқларида металллар коррозиясининг олдини олиш борасида кўплаб илмий тадқиқотлар олиб борилаётган бўлишига қарамасдан бу масала бугунгача тўлалича ҳал қилинмаган муаммолардан биридир.

Пўлат намуналарни юзасидаги ҳосил бўлган коррозия қодиқларидан тозаловчи таркиблар яратиш борасида кўплаб илмий тадқиқотлар олиб борилган. Уларнинг аксарияти фосфат кислотаси фурфурол спирти, гидролиз лигнин ва уротропин асосида синтез қилинган [1-2]. Фосфат қобиқлар ҳосил бўлиши учун эритмада фосфат кислота концентрацияси оптимал бўлиши зарур. Фосфат кислота концентрацияси юқори бўлган ҳолларда зангни тозалаш билан бир қаторда метал металлнинг ҳам эриши кузатилади [3].

Тадқиқот методикаси. Хом ашё ва тайёр маҳсулотларнинг анализларини қилишда замонавий физик-кимёвий усулларида фойдаланилди. Тайёр маҳсулотларнинг синовлари давлатлараро стандарт ГОСТ 9.905-82 олиб борилди [4]. Яратилган композицияларнинг зангларни тозалаш даражалари ГОСТ 9.402-2004га мувофиқ синаш синалди [4].

Тадқиқот натижалари. Ҳавола қилинаётган ушбу мақолада турли агрессив муҳитларда занглаган юзани тезкор тозаловчи ҳамда юқорида қайд қилинган камчиликлардан холи бўлган воситаларнинг янги авлодини яратиш борасидаги тадқиқотлар натижалари келтирилган. Ушбу илмий ишда дастлабки хом ашёлар сифатида H_3PO_4 , $C_6H_8O_7$, $K_2Cr_2O_7$ ва $ZnSO_4$ лар ишлатилди. Дастлаб, концентрацияси 22% бўлган H_3PO_4

эритмаси таркибига умумий массага нисбатан лимон кислотаси 2,0%, $K_2Cr_2O_7$ 1-5 % ва $ZnSO_4$ 1-5 % микдорлари киритилиб, тайёрланган композициянинг зангни тозалаш самараси ўрганилди. Синовлар ISO 8501-1:2007 талабларига мос равишда олиб борилди [6], яъни А, В, С ва D даражада занглаган Ст 3 маркали пўлатлар танланиб, композициянинг зангни ювиши ГОСТ 9.402-2004 талаблари бўйича «сирт тозалиги шаблони» (ГОСТ 9.402-2004га мувофиқ) ёрдамида аниқланди. Тайёрланган таркиб синовларнинг 10 минут давомийлигида А даражада занглаган метал юзаларни -99% (ASa3), В даражадаги занглаган юзаларни - 98% (BSa2,5), С даражадаги занглаган юзаларни -96% (CSa2,5) ва D даражадаги занглаган юзаларни - 82% (DSa2) даражагача тозалашга эришди.

Кейинги тадқиқодларда олинган таркибнинг зангни ювиш хоссалари билан бир вақтда тозаланган юзада зангга қарши қопламалар ҳосил бўлишига калий бихромат ва рух сульфатларнинг таъсирини ўргандик. Таркибга умумий массага нисбатан бирин-кетин 1-5% микдорида калий бихромат ва шунча микдорда рух сульфатларни киритиб синовлар ўтказдик. Синовлар хона ҳароратида (25 °С) 24 соат давомида 3% ли NaCl эритмасида олиб борилди. Натижалари қуйидаги жадвалда келтирилди.

Жадвал

**Олинган композициянинг зангдан ҳимоялаш самарадорлигини аниқлаш
натижалари**

№	H_3PO_4 , %	$C_6H_8O_7$, %	$K_2Cr_2O_7$, %	$ZnSO_4$, %	Зангли металл массаси (M_0), г	Ишловдан кейинги массаси (M_1), г	Масса йўқотиш (Δm),г	Коррозия тезлиги, (V), г/см ²	Ҳимоя самараси, %
1	22	2	1,0	-	3,14	2,826	0,305	0,00942	90,3
			2,0	-	3,21	2,889	0,294	0,00963	90,8
			3,0	-	3,45	3,105	0,289	0,01035	91,6
			4,0	-	3,52	3,168	0,268	0,01056	92,4
			5,0	-	4,19	3,771	0,293	0,01257	93,0
2	22	2	-	1,0	3,25	2,955	0,295	0,00985	90,9
			-	2,0	3,44	3,155	0,285	0,01052	91,7
			-	3,0	3,28	3,034	0,246	0,01011	92,5
			-	4,0	3,67	3,424	0,264	0,01141	93,2
			-	5,0	2,30	2,157	0,143	0,00719	93,8
3	22	2	1,0	1,0	2,23	2,103	0,127	0,00701	94,3
			2,0	2,0	2,42	2,297	0,123	0,00766	94,9
			3,0	3,0	2,81	2,678	0,132	0,00891	95,3
			4,0	4,0	2,34	2,235	0,105	0,00745	95,5
			5,0	5,0	2,20	2,108	0,092	0,00703	95,8

Юқоридаги жадвал натижаларига кўра, 22,0 % ли фосфат кислотага, 2,0 % ли лимон кислота, 5,0 % ли калий бихромат қўшилгандаги таркибнинг максимал занглашдан ҳимоя кўрсаткичига 93%, 5,0 % ли рух сульфат қўшилганда 93,8%лик ҳимоя кўрсаткичига эришилган. Таркибга ҳар иккиласидан 5%дан киритилганда коррозиядан ҳимоялаш самараси 95,8%га кўтарилган.

Тадқиқодлар натижаларидан кўриниб турибдики, таркибга киритилган калий бихромат ва рух сульфатларнинг занги ювилган юзаларнинг қайта коррозияланишга қарши

самарасини оширади. Алоҳида тақидлаш лозимки, ҳар бирини алоҳида ишлатилганга нисбатан бу кўрсаткич юқори эканлигини, синергизм ҳодиса содир бўлганлиги кузатилади.

Яратилган зангни тез ювувчи воситалар турли коррозия маҳсулотлари ва коррозияланган металлларнинг сиртларидаги коррозия қолдиқларини кимёвий тозалаш ва ҳимоялашга мўлжалланган. Ушбу восита таъсирида металл сиртида водород сульфидли, кислотали, ишқорли, сувли-тузли ва бошқа агрессив муҳитларнинг узок муддатли таъсирига бардошли коррозияга қарши қоплама ҳосил бўлади.

Юқоридагилардан келиб чиқиб, фосфат ва лимон кислотаси асосида яратилган янги турдаги воситанинг металл зангини тозалаш самарадорлиги А типдаги зангланган юзаларда тозалаш самараси 99%ни, В типдагиларда 96%, С типдагиларда 92%ни ва D типдагиларда эса 88%ни ташкил қилгани илмий асосланди. Тадқиқотлардан маълум бўлдики, таркибга калий бихромат ва рух сульфатлар киритилиши натижасида зангдан тозаланган юзаларнинг коррозияга қаршилиги кучаяди ва ҳимоя даражаси 95,8%гача ошади.

Адабиётлар

- [1]. Курамбаев Ш.Р., Жуманиязов М.Ж. Коррозияланган юзалар учун модификаторлар олиш имкониятлари // Журн. Композицион материаллар» №2. Ўзбекистон. 2019 . Б.119-122 (02.00.00 № 4)
- [2]. Курамбаев Ш.Р., Жуманиязов М.Ж., Ибрагимова Н.М. Новый антикоррозионный состав для ускоренного фосфатирования // Журнал Химическая промышленность. - Санкт Петербург, 2017. -№5. - С80-83. (02.00.00 № 21)
- [3]. Фузайлова Ф. Н., Гуро В.П., Дадаходжаев А.Т,М.А. Ибрагимова Импорт аналоглариганисбатан юқори самарадорли углеродли пўлатни кимёвий фосфатли эритмаларни ишлаб чиқиш – Ўзбекистон кимё журналы – 2020 №6 Б.20-25.
- [4]. ГОСТ 9.905-82. Единая система защиты от коррозии и старения. Методы коррозионных испытаний. – М.: ИПК Издательство стандартов, 1999.4с.
- [5]. ГОСТ 9.402-2004. Покрытия лакокрасочные. Подготовка металлических поверхностей к окрашиванию. М.: ИПК Издательство стандартов, 2006. 24 с.
- [6]. ISO 8501-1:2007. Стандарты удаления ржавчины и очистки металлоконструкций. Степень очистки. Стандарты ISO. Международный стандарт, 2007, 5 с.

UDK: 691.327.32

IKKILMCHI TO'LDIRUVCHILAR ASOSIDAGI KAM SHAG'ALLI BETONNING EGILISHDAGI CHUZILISH MUSTAHKAMLIK XUSUSIYATLARI

X.A. Mamatov¹, Z.J. Pasieva²

¹Fargona politexnika instituti xamidullamamatov0729@gmail.com 93 373 07 29

²Berdaq nomidgi Qoraqalpog Davlat universiteti pasiyevaz@mail.ru 93 207 76 02
(Qabul qilindi 10.03.2025 y.)

Annotatsiya. Maqolada kam shag'alli betnlarning fizik-mexanik va reologik xsusiyatlarni o'rganishdan iborat bulib, unda qurilish chiqindilari asosida ikkilamchi to'ldiruvchilarni beton materiallarida samarli ishlatishda, tajribali namunalar ustida sinov tadkikot ishlari olib borish zarurligi va uziga xos muammodir.

Tayanch so'zlar: Fizik-mexanik xossalr, egilishdagi chuzilish mustahkamligi, tajribali namunalar, sinash uslublari.

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы изучения физико-механических и реологических свойств малоцементного бетона, а также необходимость и неотъемлемая проблема проведения экспериментальных исследований на опытных образцах для эффективного использования вторичных заполнителей на основе строительных отходов в бетонных материалах.

Ключевые слова. Физико-механические свойства, предел прочности при изгибе, экспериментальные образцы, методы испытаний.

Annotations. The article discusses the issues of studying the physical, mechanical and rheological properties of low-gravel concrete, as well as the need and inherent problem of conducting experimental

studies on prototypes for the effective use of secondary aggregates based on construction waste in concrete materials.

Key words: Physical and mechanical properties, bending strength, experimental samples, testing methods.

Kirish. Temirbeton mahsulotlarini sifati uchun muhim bo'lgan boshqa texnologik bosqichlarda, mo'ljallangan beton qorishmasiga moslashuvchi moddalarning to'g'ri tanlanishi talab etiladi va bu, betonning fizik-mexanik xususiyatlarini, xususan, suvuqqa chidamlilik va har taraplama mustahkamliklari juda muhimdir[1,2]. Tajriba tadqiqotlarni o'tkazish uchun GOST 10180-2012 talabi bo'yicha nazorat namunalarining qarshiligi quyidagi kursatkichlar hal qilinadi va tajriba namunalarini sinovdan o'tkazish uchun beton namunalarning egilishdagi chuzilish mustahkamligini aniqlash zarur GOST 24452-80[3,4].

Tajriba tadqiqotlarni o'tkazish jarayonida 100x100x400mm o'lchamdagi beton prizmalarning 6 ta namunasi belgilangan tarkibdan yuqori bo'lib, barcha fizik-mexanik tavsiflari 1-jadvalda keltirilgan.

Asosiy qisim. Betonning egilishdagi kuchlanish qarshiligi, R_{tb} MPa, formulalar yordamida 0,01 MPa aniqlik bilan hisoblanadi:

$$R_{tb} = \delta \frac{3FI}{2ab^2} K_w;$$

bu yerda: F - buzuvchi yuk; I - namunaning ishchi tasavvurlar maydoni, mm² a, b, - valentlik egilishi uchun namunalarni sinovdan o'tkazishda mos ravishda prizma kesimining kengligi, balandligi va tayanchlar orasidagi masofa, mm; a, b, g, d - asosiy o'lcham va shakldagi namunalarda betonning mustahkamligini kamaytirish uchun masshtab omillari; K_w - sinov vaqtida namunalarning namligini hisobga olgan holda beton uchun tuzatish koeffitsienti.

1-jadval

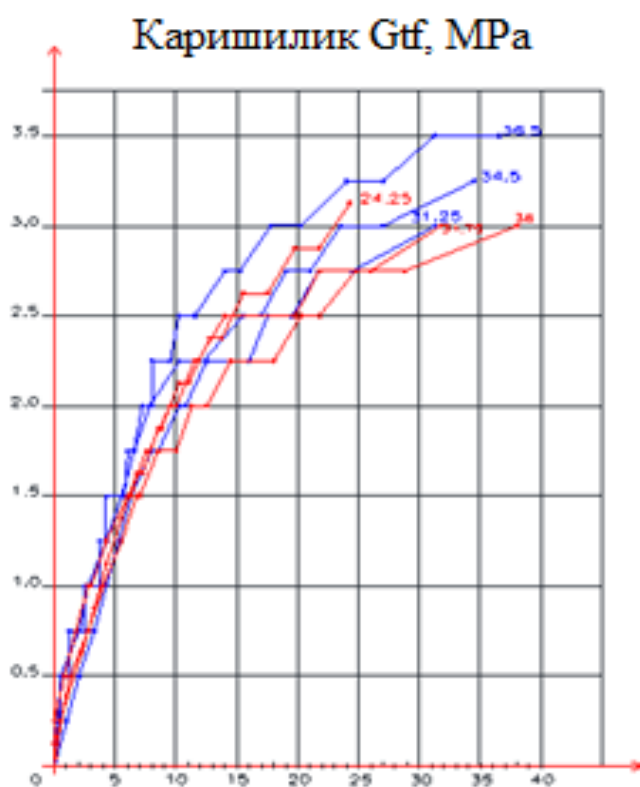
Namunalarning egilishdagi fizik va mexanik xususiyatlari [5].

Seriya	Namuna	Og'irligi kg	Sinov yoshi Kun 28	Mustahkamlik chegarasi yegilayotganda N_{sy} , kN	Deformatsiyalar $\epsilon_{tb,u}$ buzilishda (10^{-5})	Bosim kuchi qarshiligi beton yegilayotganda σ_{tb} , MPa	Bosim kuchlanishi yegilayotganda R_{tb} , MPa	O'rtacha mustahkamlik yegilishda R_{tb} , MPa
1	Hisobda 1-qism Mayda donador betonda 0,46% S-3	9199	28	15	3.65	0,92	1.38	1.20
		9318	28	12	3.45	0,74	1.11	
		9294	28	12	3.125	0,74	1.11	
2	2-qism Kam chagalli betonda 0,25% ALZ	9160	28	13	3.8	0,80	1.20	1.14
		9231	28	12	3.125	0,74	1.11	
		9345	28	12	2.425	0,74	1.11	

Eslatma: Prizma namunasining birinchi seriyasi mayda donador qumida S-3 plastifikatorli nazorat namunalari. Ikkinchi seriya, ALZ - akrilsimon lignosulfonat yopuvchi qo'shimchasi, qayta ishlangan ikkilamchi to'ldirgichlar asosidagi kam shag'alli beton. Namunalarning joylashuvi 1 va 2-rasmda ko'rsatilgan



1-rasm. Tajribali yulka plitasini ko‘rinishi 1-MDB, 2-KShB da.



2-rasm. Namunalarning egilishdagi bosim ostidagi qarshilik diagrammasi $\delta - \epsilon$.

Bir qator tajribali beton namunalarning fizik-mexanik xususiyatlarini o‘rganish tajribasi shuni ko‘rsatadiki, vaqt o‘tishi bilan yuzaga keladigan ichki kuchlanishlar betonning egilishdagi kuchlanish mustahkamligini aniqlashda aniqroq namoyon bo‘ladi[6,7]. Betonning egilishdagi kuchlanish qarshiligi 3-rasmda keltirilgan. Deformatsiyaning chegaraviy diagrammasi $\sigma - \epsilon$ cheksiz va egilish vaqtida kuchlanishni nazorat qiluvchi namunalar uchun kuchlanishlardan deformatsiyalarni qayd qilish uchun, tajriba namunalari seriyasi orasidagi qiyosiy xususiyatlardir, mayda donador beton namuna bo‘yicha S-3 qushimchali seriyaning, beton deformatsiyasi $\epsilon_{tb,u}$ o‘rtacha $3,4 \cdot 10^{-5}$ ga to‘g‘ri keldi; qayta ishlangan ikkilamchi to‘ldirgichlar asosidagi kam shag‘alli beton ALZ qushimchasi asosidagi seriya namunaning egilish paytida plastiklik deformatsiyasi $\epsilon_{tb,u}$ o‘rtacha $3,1 \cdot 10^{-5}$ ni tashkil etdi. Barcha namunalar natijalari 3-rasmda ko‘rsatilgan.

Namunalarning bog‘liqlik grafiği $\delta - \epsilon$

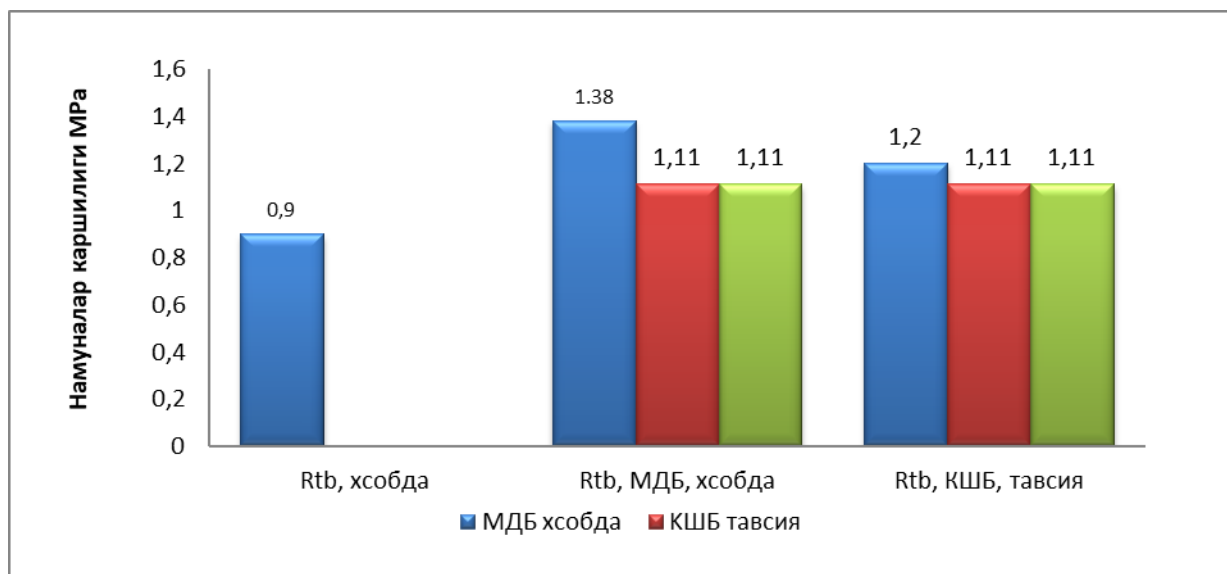
Namunalarni sinovdan o‘tkazish natijalariga muvofiq, chiziqli egilishga ko‘ra[8], seriyali betonlarning o‘rtacha mustahkamligi aniqlandi, barcha kursatkichlar diagrammasidagi barcha namunalar seriyasining qiyosiy natijalari 4-rasmda kursatilgan.

Keyin $\Delta\%$

$$\Delta = \frac{R_{tb, \text{пред.}} - R_{tb, \text{контр.}}}{R_{tb, \text{пред.}}} * 100 \%$$

$$\Delta = \frac{1,14 - 1,20}{1,14} * 100 = 5,2 \%$$

Namunalarning egilishda kuchlanish qarshiligining tajribali qiymatlarini taqqoslash diagrammasi



3-rasm. Namunalarning egilishdagi umumiy taqqoslash diagrammasi.

Xulosalar: Tadqiqot natijalari shuni ko'rsatdiki, natijada mayda donador beton asosidagi nazorat beton namunalari egilishdagi cho'zilish qarshiligini taqqoslash shuni ko'rsatadi, ularning buzilish bosim yuki o'rtacha 13 kN ga etdi. Taqqoslash uchun beton namunalari o'rtacha egilishdagi mustaxkamligi 1,20 MPa ni tashkil etdi. Qayta ishlangan ikkilamchi to'ldirgichlar asosidagi kam shag'alli beton namunalari bo'yicha tavsiya etilgan namunalarning ikkinchi seriyasi o'rtacha buzilish 12,35 kN yukini ko'rsatdi. Taklif etilgan beton namunalari o'rtacha egilishdagi mustaxkamligi 1,14 MPa ni tashkil etdi. Natijalarni qiyosiy taqqoslash shuni ko'rsatdiki, egilish paytida sinov namunalari kuchlanishdagi mustaxkamligi seriyalar aro 5,2% ni farq qildi.

Adabiyotlar

- [1]. Пасиева З.Ж., Ешниязов Р.Н. А.А. Пахратдинов. Вирішення проблем переробки та повторного використання будівельних відходів з бетонного брухту I Міжнародної науково-практичної конференції «ВИЩА ТЕХНІЧНА ОСВІТА XXI СТОЛІТТЯ: ВИКЛИКИ, ПРОБЛЕМИ, ПЕРСПЕКТИВИ» 2022; ISBN 978-617-599-054-4.
- [2]. A.A. Pakhrtdinov., Z.Pasieva, M.Kamalov, K.Bektursinova, M.Zhubanysheva, S.Karimbergenov. Development of compositions and properties modified slag alkali concrete based on liquid geopolymer Journal of Engineering and Technology (JET) ISSN (P): 2250-2394; ISSN (E): Applied Vol. 14, Issue 2, Dec 2024, 31-35 ©TJPRC Pvt. Ltd.
- [3]. A.A. Пахратдинов Ильясов А.Т. Пасиева З.Ж. Технология производства бетонных изделий с использованием строительных отходов из бетонного лома Баспа International Journal for Innovative Engineering and Management Research (ISSN 2456-5083) DOI:10.48047/IJEMR/V10/102/02 Vol. 10, Issue 02, Pages: 6-8. (23) Scientific Journal Impact Factor (SJIF) 2020. IF=5,019.
- [4]. A.A. Пхратдинов., Ильясов А.Т. Пасиева З.Ж. Разработка составов бетона на заполнителе щебнем из дробленого бетона путем комплексного применение строительных материалов Баспа Архитектура курилиш ва дизайн илмий-амалий журнали Ташкент №2, 2021 Vol. 16, Issue 2, June 2021 (127-131).
- [5]. A.A. Pakhrtdinov. Z. Pasieva Sunn'iy dekorativ aglomerat toshini ishlab chiqish asoslari баспа «Aral boyi regionida arxitekta hám qala qurilisiniń turaqlı rawajlanıwı máseleleri» Xalıq aralıq ilimiy-texnikalıq konferenciya materiýalları toplamı – Nókis, QMU, 2024 – 394b.
- [6]. A.A. Pakhrtdinov, O.D. Aйтжанов, Пасиева З.Ж. Disposal of concrete scrap waste for obtaining large aggregate in the production of reinforced concrete products and structures Баспа Harvard educational and scientific review Har. Edu.a.sci.rev. 0362-8027 Vol.1.Issue 1 Pages 73-82 №4 2021 10.5281/zenodo.5593409. (1) Web of Science. IF=1.818.
- [7]. A.A. Пхратдинов. Утилизация отходов бетонного лома для получения на его основе экологически безопасных строительных материалов Сборник научных трудов, «Инновации и моделирование в строительном материаловедении», (№26, 2016, УДК 691.32, 159 бет.) г. Тверь, наб. А. Никитина, 22
- [8]. A.A. Пхратдинов., Ткач Е.В., Орешкин Д.В. Экологическое и геоэкологическое обоснование утилизации бетонного лома в качестве щебня при производстве железобетонных изделий. Научно-технический

ИССИҚ ҲОЛДА ДЕФОРМАЦИЯЛАШДА ИШЛАТИЛАДИГАН ШТАМП УСКУНАЛАРИ УЧУН ҚЎЛЛАНИЛАДИГАН ПЎЛАТЛАР

Ш.Ш. Ахмадалиев

Тошкент давлат техника университети,

19shaxrux91@mail.ru

(Қабул қилинди 10.03.2025 й.)

Аннотация: Мақолада ҳажмий штамплашда штампларнинг асосий турлари, уларни ишлаб чиқаришда қўлланиладиган пўлатларнинг турлари келтирилган. Болғалаш ва пресслаш жиҳозларида қўлланиладиган штампларни ишлаб чиқаришда қўлланиладиган пўлат маркалари, бу штампларнинг бир-биридан фарқли томонлари, устунликлари ва камчиликлари келтирилган.

Таянч сўзлар: штамп, болғалаш, пресслаш, пўлат, қотишма.

Аннотация: В статье представлены основные виды штампов объемной штамповки, виды стали, используемые при их производстве. Марки сталей, применяемые при изготовлении пуансонов, применяемых в кузнечном и прессовом оборудовании, перечислены их отличия, преимущества и недостатки.

Ключевые слова: штамп, ковка, прессование, сталь, сплав.

Annotation: The article presents the main types of die forging dies and the types of steel used in their production. Steel grades used in the manufacture of punches used in forging and pressing equipment, their differences, advantages and disadvantages are listed.

Key words: die, forging, pressing, steel, alloy.

Кириш

Замонавий машинасозлик соҳасига хос бўлган деформация жараёнларини жадаллаштириш, механизациялаш ва автоматлаштиришга эришишни амалга оширишда штамп материалларига катта талаб қўйилмоқда. Уларнинг сифатлари ва механик хоссалари биринчи ўринда штамплаш ускунасининг чидамлигини аниқлаштириб беради. Шу билан бирга ривожланишнинг иқтисодий кўрсаткичлари ва штамплаш жараёнларини жадаллаштиришга туртки бўладиган янги штамплаш технологик операция турларини жорий этиш имкониятини беради. Хозирда штамплаш ускуналарини ишлаб чиқаришда қўлланилаёткан материалларга ишлов беришнинг янги усуллари ишлаб чиқилмоқда ҳамда механик ва технологик хоссалари мавжуд бўлган материалларнинг механик ва технологик хоссаларидан юқорироқ бўлган штамп ускуналарида қўлланиладиган материалларни ишлаб чиқиш бўйича ишлар олиб борилмоқда.

Хозирда МДХ давлатларида қуйидаги турдаги иссиқ ҳолда деформациялашда ишлатиладиган пўлатлар қўлланилади:

болғалаш штамплари учун – 5ХНВ, 5ХНТ, 5ХНМ

пресслаш штамплари учун – 3Х2В8, 7Х3, 8Х3, 5ХВ2С, 6ХВ2С.

Охирги йилларда қуйидаги маркалардаги штамп пўлатлари қўлланилмоқда: 5ХГСВ(Ю), 45ХЗСМ(В) ва 4ХЗВМВ – болғалаш штамплари учун ва 4Х5В2ФС, 4Х2В5ФМ, 4Х5В4ФМ ва 4ХЗВ2М2Ф – пресслаш штамплари учун. Бироқ янги пўлатлар учун тавсия этилган термик ишлов бериш режимлари доимо ҳам штампларнинг турғунлигига ижобий таъсир кўрсатмайди. Натижада бундай штампларнинг қўлланилиши сўроқ остида қолмоқда. [1]

Болғалаш ва пресслаш ускуналари пўлатлари учун ишчи ҳарорат интервалларининг механик хоссалари 1–жадвалда келтирилган.

Пўлат маркаси	Ҳарорат, С°			Механик хоссалари					
	Тоблаш	Бўшаги ш	Таҳриба лар	$\sigma_{0.2}$ кГ/мм ²	σ_b кГ/мм ²	$\delta, \%$	$\psi, \%$	a_K кГ/мм ²	HRC
Болғалаш штамплари учун									
5XНМ	880	500	20	130	146	11	42	5	44
			400	100	125	13.5	48	6.5	38
			500	74	96	18	55	4.3	30
			600	75	56	28	70	13.0	18
	850	550	20	-	126	13.8	44.5	5.5	39
			400	-	117	-	35	4.6	35
			500	-	91	-	64	3.9	30
			500	-	36	-	66	7.9	-
5XНВ	880	500	20	130	145	10	42	4.8	42
			400	100	127	15	48	5.5	37
			500	70	90	18	58	4.3	29
			600	34	52	26	72	10.5	16
	850	500	20	-	149	8	31	10.1	42
			400	-	135	12	53	6.3	-
		600	500	-	96	13	66	6.1	-
			600	-	52	23	89	-	-
5XНТ	880	500	20	126.6	142	11.5	45	5	41
			400	94	120	18.0	50	6	35
			500	70	90	22	60	4.5	28
			600	35	55	30	75	12.5	-
	850	500	20	-	130	12	47	4.9	40
			400	-	116	-	43	5.5	35
			500	-	77.5	-	78	4.2	22
			600	-	26.5	-	90.5	7.7	-
5XГСВФ	850	530	20	127.2	139.7	11.8	41.2	5.6	40
			400	99	117	16	56.6	10.5	-
			500	87	91.8	18	69.9	9.3	-
			600	37	43	30	92.5	7.7	-
4X3ВМФ	950	550	20	152	-	10	-	-	40
			400	145	-	-	-	-	-
			500	140	-	-	-	-	-
			600	135	-	12	-	-	-
45X3СМ	900	600	20	146	170	-	-	7.0	47
			600	60	-	25	80	-	-
Пресслаш штамплари учун									
3X2В8	1150	670	170	170	184	3.7	28	11*	46
			128	128	144	5.3	17.4	19.4	-
			-	-	113	2.3	10.1	25.2	-
			-	-	66.4	1.6	7	31.3	-
	1100	650	163	163	176	8.1	33	13.3*	45
			127	127	137	6.8	26.4	28.1	-
			103	103	110	2.8	4.5	32.4	-
			80	80	83	2.1	4	35.0	-

4X5B4ФМ	1075	650	20	143	156	5.6	43	40.8*	44
			500	105.1	113	9.6	56	-	-
			600	81	85.7	9.3	52.8	50	-
			650	65.6	67.9	6.2	47.3	50	-
	1075	Икки мартта 590+550	20	-	209	-	-	-	52
			500	134	155	12.5	52	-	52
			600	109	122	12	42	-	41
			650	68	68	20	80	-	-
7X3	850	500	20	-	154	8.5	25	9.1	43
			400	-	146	7.8	31	7.1	-
			500	-	100	14.5	54	11.8	-
			600	-	30	36.0	80	-	-
			650	-	22	44.3	89	-	-

Сўнгги йилларда ўтказилган тадқиқотлар шуни кўрсатмоқдаки, термик ишлов беришнинг рационал режимини танлаш штамп пўлатларининг технологик ва механик хоссаларини яхшилашга ва шу билан бирга штамп ускунасининг турғунлигини оширишга ҳам имкон бермоқда. 3X2B3 маркадаги пўлат учун тоблаш ҳарорати бир мунча юқорироқ роиш тавсия этилган (одатдаги 1050-1100 ҳарорат ўрнига 1120-1150). Натижада иссиқликка бардошлилиги ва мустаҳкамлиги анча ортди.[2]

Пресс ва горизонтал болғалаш машиналарнинг штамплари учун юқори мустаҳкамликка эга бўлган пўлатларнинг яққол камчилиги бўлиб иссиқ ҳолатда мўртликка берилиши хисобланади. Буни бартараф этиш учун рационал термик ишлов бериш режими танланиши лоҳим ёки иссиқ ҳолатда мўрт бўлиб қолмайдиган янги турдаги пўлат ишлаб чиқирилиши лозим.

Сўнгги йилларда олимлар томонидан таркибида никел моддаси мавжуд бўлмаган ва болғалаш штампларида қўлланилиши мумкин бўлган пўлатларни тадқиқот қилиш бўйича ишлар олиб борилмоқда. Бунинг асосий сабабларидан бири никел моддасининг таннархи қимматлигидир. Челябинск Илмий-тадқиқот институти томонидан 45X3СМ(В) пўлати такли этилган. Бу пўлат болғалаш ва пресслаш штампларида қўлланилиши мумкин бўлиб, у 5XНМ гуруҳ пўлатларига қараганда анча иссиқликка чидамлироқ, бироқ шу гуруҳ пўлатларидан зарбий қовушқоқлик кўрсаткичлари бўйича кўрсаткичлари пастроқ. Бу пўлатнинг яна бир камчилиги – бу тоблаш ҳароратидир, яъни 900-1000°. Шундай қилиб бу пўлат таркибида никел мавжуд бўлган 5XНМ гуруҳ пўлатларини ўрнини боса олмайди.

5XГСВФ пўлатининг чидамлилиги 5XНМ гуруҳ пўлатлари чидамлилигидан 10-15% юқорироқ. Унинг механик хоссалари эса 5XНМ гуруҳ пўлатларининг хоссаларидек, айрим ҳолларда эса юқорироқ. Бу пўлатда иссиқликка бардошлилик ва зарбий қовушқоқлик хоссалари жуда яхши мужассамлашган. Технологик хоссалари ҳам қониқарли.

Ҳозирда металлларга босим билан ишлов бериш соҳасида қўлланиладиган штамплар материалларининг хоссаларини ошириш бўйича кўп тадқиқотлар ўтказилмоқда. Асосий ишлар пўлатларнинг оптимал кимёвий таркибини аниқлаш ва оптимал термик ишлов бериш режимини аниқлаш бўйича олиб борилмоқда.

Хулоса қилиб шуни айтиш лозимки, деформациялаш жиҳозидан келиб чиққан ҳолда пўлат маркаларини танлаш лозим. Натижада штампнинг ишлаш муддати ортишига, олинадиган маҳсулот сифатига ва корхонани иқтисодини ўсишига ижобий таъсир кўрсатади.

Адабиётлар

- [1]. Кузнечно-штамповочное производство: учеб. / И. Л. Константинов, С. Б. Сидельников. – Красноярск: Сиб. федер. ун-т, 2013. – 468 с. ISBN 978-5-7638-2791-0
- [2]. Справочник металлиста. Т.4. Под. ред. М.П. Новикова, П.Н. Орлова. М.: Машиностроение, 1997. – 720 с.

1. “Фарғона политехника институти Илмий – техника журнали” (“Научно – технический журнал ФерПИ”, “Scientific – Technical Journal FerPI”) 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 **ташкilot йўлланмаси**; ўзбекча, русча ва инглизча **аннотациялар** (бир хил мазмунда ва 5-6 қатордан ошмаслиги зарур), **таянч сўзлар, мақола номлари; эксперт хулосаси; муаллифлар тўғрисида маълумот** (иш жойи, лавозими, телефони, e-mail). Муаллифлар орасида фан доктори бўлмаган тақдирда, шу соҳа ихтисослиги бўйича **фан докторининг тавсияси** тақдим этилади.

4. Формулалар компьютерда Word формулалар муҳаррирининг Math Type версиясида ёзилади. Чизмалар ва диаграммалар стандарт қоидаларга риоя қилинган ҳолда 10×10 см дан катта бўлмаган ўлчамда тайёрланиши, ёзувлар имкони борида сонлар ёки ҳарфлар кўринишида берилиши ва улар мақола саҳифасида ёки чизмага иловада тушунтирилиши лозим. Мақолада чизмалар сони **4 тагача**, қисқа хабарларда эса **2 тагача** рухсат этилади.

5. 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 катъий 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 ФерПИ веб-сайти <http://www.ferpi.uz> (faoliyat→ilmiy faoliyat→ilmiy jurnal) дан топиш мумкин.**

Кўрсатилган қоидалар асосида тайёрланмаган мақолалар таҳририят томонидан қабул қилинмайди.

1. На страницах «Научно-технического журнала ФерПИ» 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 ФерПИ <http://www.ferpi.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 Fer.PI” 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 FarPI website, <http://www.ferpi.uz> (faoliyat→ilmiy faoliyat→ilmiy jurnal).

ФарПИ ИЛМИЙ-ТЕХНИКА ЖУРНАЛИ
ТАҲРИРИЯТИ:

Масъул муҳаррир
Мусахҳиҳ
Мусахҳиҳ
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.ferpi.uz>
E-mail: jurnalferpi@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: 22.04 0.2025 й.
Бичими: А4. Гарнитура Times New Roman.
Босма табоғи: 15,25. Адади 10 нусха. Буюртма № 3.
Баҳоси шартнома асосида.
УП «FARPI ALPHA PRINT» босмахонасида чоп этилди.
Фарғона шаҳар, Фарғона кўчаси 86 -уй.