

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



2024. Том 28. № 1

**НАУЧНО–ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ ФерПИ**

**SCIENTIFIC –TECHNICAL
JOURNAL of FerPI**

ФАРҒОНА – 2024

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 рўйхатида киритилган

Бош муҳаррир

Ў.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. Валиев Г.Н., т.ф.д., проф. – Фар ПИ

Қурилиш:

1. Аббасов Ё.С., т.ф.д. – Фар ПИ
2. Ақромов Х.А., т.ф.д., проф. – Тош АҚИ
3. Одилхажоев 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. Қасимахунова А.М., т.ф.д., проф. – Фар ПИ
4. Расулов А.М., т.ф.д. – ТАТУ ФФ
5. Эргашев С.Ф., т.ф.д. – 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. Ертаев К.Е., и.ф.д, проф. – Тараз ДУ, Қозоғистон
2. Иқромов М.А., и.ф.д., проф. – Тош ИУ
3. Искандарова Ш.М., фил.ф.д., проф. – Фар ДУ
4. Исманов И.Н., и.ф.д., проф. – Фар ПИ
5. Қудбиев Д., и.ф.д., проф. – Фар ПИ

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. Валиев, К.Е. Ертаев, А.А. Ибрагимов, О.О. Ибрагимов, М.А. Иқромов, Ш.М. Искандарова, И.Н. Исманов, А.М. Қасимахунова, Д. Қудбиев, Р.А. Муминов, И. Нуриддинов, А.Э. Одилхажоев, 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. Тўхтақўзиёв, Ш.Н. Файзиматов, Б.Э. Хайриддинов, Ш.Ш. Хамдамова, З.А. Хамроқулов, Н.Б. Шинкова, С.Ф. Эргашев, Н.Х. Юлдашев (ответственный редактор)

SCIENTIFIC – TECHNICAL JOURNAL 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, D. Kudbiev, A.M. Mamadjanov, R.A. Muminov, I. Nuritdinov, A.O. Odilxajev, 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. Fayzimov, B.E. Hayriddinov, Sh.Sh. Xamdamova, Z.A. Xamroqulov, N.B. Shinkova, S.F. Ergashev, N.Kh.Yuldashev (Executive Editor)

ФУНДАМЕНТАЛ ФАНЛАР

Yuldashev N.Kh., Yulchiev I.I. Magnit maydonida GaAs tipidagi yarimo'tkazgichlarning sayoz aktseptor sathlar ishtirokidagi lyuminesentsiyasining ayrim xususiyatlari	9
Akbarov D.E., Umarov Sh.A. Mantiqiy jadvalli akslantirishlarida Bul funksiyalarning uzluksizligining yetarlilik sharti	19
Kamardin A.I., Igamov B.J., Bekpulatov I.R. Ion-plazma usul bilan Олий силицид марганец qo'plamalarining hozirlanishi va ularning termoelektr xususiyatlarini o'rganish	23
Расулов А.М., Иброхимов Н.И., Ходжиматов Ж.М. Металл сиртида нанокатлам ўстириш ва сиртда нанокристалл структурасининг ҳосил қилиш	29

МЕХАНИКА

Djurayev A, Jo'rayev D.D. Paxta chitigining rushankasini ajratish uchun separator ishchi organi savagichining kichik tebranishlari tahlili	38
Abduvoxidov A., Mirjalolzoda B., Umarov A., Akbaraliyev A., Abduvaxidov M. Arrali jin ish unumdorligini oshirish yo'llarini tadqiq qilish	41
Диёров Х.Г. Олти бурчакли аралаштириш барабани ичидаги ўкли йўналишда тукдор чигитларнинг ҳаракати	46
Ахунбаев А.А. Минерал ўғитларни куришти тажриба саноат синовлари	50
Исомиддинов А.С., Мухаммадсодиқов К.Д., Зайлобиддинов Ф.К. Саноатдаги чиқинди газларни тозаловчи икки роторли аппарат гидродинамикасини тадқиқ қилиш	56
Jonqobilov S.U., Xo'shiyev Sh.P., Bahodirov Sh.B. Nasos agregatlarida va quvur uzunligi tarmog'ida kavitatsiya	62
Миржалолзода Б., Абдувахидов М.М., Умаров А., Акбаралиев А.А.. Аррали жин аррали цилиндри олти қиррали валининг статик ҳисоби	65
Raxmatov E.A. Metall konstruksiyalar yuzasida geterokompozit materiallardan foydalangan holda neft va gaz qazib olish uskunalarning ishlash muddatini oshirish yo'llari	70
Дускулов А.А., Махмудов Ҳ.С., Авазов И.Ж., Юлдашев О.Т. "STRIP-TILL" технологиясини амалга оширувчи комбинациялаштирилган машина	76
Базаров Б.И., Эрназаров А.А. Yo'lovchi tashishni avtomatlashtirilgan boshqarish sharoitida yo'lovchi tashishni hisobga olish	80
Абдурахмонов П.К., Мансуров Ю.Н., Намозов С.Б., Рахматов Х.А. Ўлдошов Р.М. Метро вагонларининг ишончилигини эксплуатацияда носозликлар маълумотлари бўйича таҳлил қилиш	88
Tuychiev T., Gafurov A., Axmedov M.X., Xoshimova N. Takomillashtirilgan paxta regeneratorda o'tkazilgan tadqiqotlar natijalari	96
Ахмедов Д.А., Сабиров И.Қ., Ахматов М., Ахматов Н.М., Хусанова Ш. Катталаштирилган ишчи камерали момиқ ажратиш машинасида олинган момиқ ва чигитларнинг сифат кўрсаткичларини тажрибалар асосида тадқиқ этиш	102
Jumayev A.S., Abduraxmanova M.M. Tasmali konveyer rolikli mexanizmlarini resurstejamkor konstruksiyalarini ishlab chiqish va nazariy tahlil qilish	108
Umerov F.Sh. Elektr transport vositalari va ularning akkumulyatorlarining resurs ko'rsatkichlari va xususiyatlari	113
Джамолов Р.К., Тожибоев М.М. Уруғлик чигитни туксизлантириш машинасининг самарадорлигини ошириш	121
Berdiyev D.M., Konstantinov V.M., Yusupov A.A., Umarova M.A. Fazagacha va fazali to'liq qizdirishda qayta kristallanishdagi termosiklik ishlov berish jarayonini o'rganish	125
Toirov M.Sh., Karimov K.A., Mardonov B.T., Shavkidinova N.M. HSS tezkesar polatlarini qo'llanilishi	130

ҚУРИЛИШ

Мавлонов Р.А., Раззақов С.Ж. Комбинациялашган арматурали бетон тўсинларнинг мустаҳкамлиги ва ўзига хос хусусиятлари	137
---	-----

Норов Н.Н., Бобоқулов А.А., Худайназарова Ю.Ж., Мингяшаров А.Х., Султонов М.А. Энергиятежамкор биноларни меъёрий ҳужжатлар асосида лойиҳалашнинг ўзига хос хусусиятлари	143
Yunusaliyev E.M., Toshpulatov I.B. To'sinbop tahalliy yog'och materiallarini cho'zilishga hisobi	147
Раззаков С.Ж., Мартазаев А.Ш. Ультратўқра юқори мустаҳкам бетонлар ва уларнинг самарадорлиги	153
ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОН ҚУРИЛМАЛАР ВА АХБОРОТ ТЕХНОЛОГИЯЛАР	
Zikrillaev X.F., Sodiqov T.B. Changdan tozalash tizimiga ega bo'lmagan quyosh panelini o'rganish	159
Turayeva N.M. Aviatsiyada favqulodda vaziyatlarni aniqlash va oldini olish bo'yicha avtomatik bog'liqli gibrid nazoratning matematik modelini ishlab chiqish	163
Taslimov A.D., Raximov F.M. 20 kv taqsimlash elektr tarmoqlari neytralini rezistorli yerga ulashni asoslash	172
Хайриддинов Б.Э., Эргашев Ш.Х. Гелиоиссиқхона тупроқ ости иссиқлик аккумуляторининг иссиқлик режимини математик моделлаштириш	178
Хошимов Ф.А., Кадиров К.Ш. Электр энергетика тизимига тушадиган юкламаларни вақт бўйича табақалаштирилган тарифлар ёрдамида бартараф этиш имкониятлари	184
Сиддиқов И.Х., Умурзакова Д.М. Иссиқлик энергетикаси объектларини норавшан бошқариш тизимини тадқиқ қилиш	189
Juraeva N.A., Atadjanova M.Z. Loyihalash bosqichlarida ishlab chiqarish ishlarining dinamik xususiyatlarini tahlil qilish	196
Abbasov E.S., Umurzakova M.A. Quyosh havo isitgichidagi harorat maydonini hisoblash uchun chegara qatlami nazariyasini qo'llash	201
Salomov U.R., Urishev O.M. Janubiy Farg'ona kanalida 50 kVt quvvatga ega Mikro-GES ni o'rnatish joyini tanlash va texnik - iqtisodiy asoslash metodikasi	204
КИМЁВИЙ ТЕХНОЛОГИЯ ВА ЭКОЛОГИЯ	
Эргашев Д.А., Каримов Д.Д., Исомидинов А.С., Абидова М.А. Ҳавони пахта чангларида тозалаш жараёнини оптимал қийматларини компьютерда қайта ишлаш натижалари	212
Курбаниязов Р.К., Пирназаров Б.У., Намазов Ш.С., Бадалова О.А., Сейтназаров А.Р., Реймов А.М., Кахаров Э.М. Аммофосфат ўғитини олиш учун қорақалпоқ желвакли фосфитлари иккиламчи хомашё сифатида	219
Axmedova K.Sh., Ismoilov O.Y., Nigmatjonov S.K., Pirimov T.J., G'anijonov D.I. Zmeevikli issiqlik almashinish apparatida issiqlik almashinishni inert zarrachalar yordamida jadallashtirish	224
Xusenov A.Sh., Jonuzokov A.J., Kamalova D.S., Tilakov J.R., Raxmanberdiyev G. Turli ko'rsatkichlarga ega bo'lgan xlorinulin sintezi	230
Egamberdiyev M.S., Ikromov R.A. Kimyoviy va fosfor o'g'itlari sanoati hal etadigan masalalar	234
Нажмиддинов Р.Ю., Шамшидинов И.Т., Қодирова Г.Қ., Турсунов Л.А. Марказий Қизилқум фосфоритлари асосидаги фосфат кислотани экстракция жараёнида оҳақтош билан тозалаш ва ундан фосфорли оддий ўғит олиш	238
ҚИСҚА ХАБАРЛАР	
Axunbayev A.A., G'aniyeva G.Sh. Quritish barabanida materialning nasadkadan tushish vaqti	247
Rajabova N.R. v -simon nasadka bilan jihozlangan barabanli quritgich gidrodinamikasi	250
Неъматов И.Л., Хайриддинов Б.Э., Файзиев Т.А. Иссиқлик алмашинуви баланси муносабатлари асосида қўёш қуритгичидаги иссиқлик аккумуляторни оптималлаштириш	253
Хайриддинов Ш.Б., Холмуратов Б.Б. Суғурта ташкилотларида молиявий барқарорликни ва суғурта бозорининг Ўзбекистондаги ўрни	255
Муаллифлар диққатига !	258

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ НАУКИ

Юлдашев Н.Х., Юлчиев И.И. Некоторые особенности люминесценции полупроводников типа GaAs с участием мелких акцепторных уровней в магнитном поле	9
Акбаров Д.Е. Умаров Ш.А. Достаточное условие нелинейности, булевы функции логических табличных преобразований	19
Камардин А.И., Игамов Б.Д., Бекпулатов И.Р. Получение высокосилицидных марганцевых покрытий ионно-плазменным методом и исследование их термоэлектрических свойств	23
Расулов А.М., Иброхимов Н.И., Ходжиматов Ж.М. Структурные превращения и рост нанокристаллических пленок на поверхности металлов	29

МЕХАНИКА

Джураев А, Жураев Д.Д. Анализ малых вибраций рабочего органа сепаратора для сепарации семян хлопчатника	38
Абдувохидов А., Миржалолзода Б., Умаров А., Акбаралиев А., Абдувахидов М. Исследование путей повышения производительности пильного джина	41
Диёров Х.Г. Движение опушенных семян в осевом направлении внутри шестигранного смесительного барабана	46
Ахунбаев А.А. Опытнo - промышленные испытания сушки минеральных удобрений ..	50
Исомиддинов А.С., Мухамадсадилов К.Д., Зайлобиддинов Ф.К. Исследование гидродинамики двухроторного аппарата очистки промышленных газов	56
Жонкобилов С.У., Хушиев Ш.П., Бахадиров Ш.Б. Кавитация в насосных агрегатах и магистральных трубопроводах	62
Миржалолзода Б., Абдувахидов М.М., Умаров А., Акбаралиев А.А. Статический расчет шестигранного вала пильного цилиндра пильного джина	65
Рахматов Э.А. Способы увеличения срока службы нефтегазодобывающего оборудования за счет использования гетерокомпозитных материалов на поверхности металлоконструкций	70
Дускулов А.А., Махмудов Х.С., Авазов И.Ж., Юлдашев О.Т. Комбинированная машина по технологии STRIP-TILL	76
Базаров Б.И., Эрназаров А.А. Учет пассажирских перевозок в условиях автоматизированного управления пассажиропотоком	80
Абдурахмонов П.К., Мансуров Ю.Н., Намозов С.Б., Рахматов Х.А., Йулдошов Р.М. Анализ надежности вагонов метрополитена по данным эксплуатационных отказов	88
Туйчиев Т., Гафуров А., Ахмедов М.Х., Хошимова Н. Результаты исследований на усовершенствованном хлопковом регенераторе	96
Ахмедов Д.А., Сабиров И.К., Ахматов М., Ахматов Н.М., Хусанова Ш. Экспериментальное исследование показателей качества удаляемого пуха и семян в машине для отделения пуха с увеличенной рабочей камерой	102
Жумаев А.С., Абдурахманова М.М. Разработка и теоретический анализ ресурсоэффективных конструкций роликовых механизмов ленточных конвейеров	108
Умеров Ф.Ш. Показатели ресурса и характеристики электромобилей и их аккумуляторов	113
Джамолов Р.К., Тожибоев М.М. Повышение эффективности работы семядепилятора	121
Бердиев Д.М., Константинов В.М., Юсупов А.А., Умарова М.А. Изучение процесса термоциклической обработки при нагреве без фазовой и с полной фазовой перекристаллизацией	125
Тоиров М.Ш., Каримов К.А., Мардонов Б.Т., Шавкидинова Н.М. Применение быстрорежущей стали HSS	130

СТРОИТЕЛЬСТВО

Мавлонов Р.А., Раззаков С.Ж. Прочность и особенности комбинированно-армированных бетонных балок	137
---	-----

Норов Н.Н., Бобокулов А.А., Худайназарова Ю.Дж., Мингяшаров А.Х., Султанов М.А. Особенности проектирования энергоэффективных зданий на основе нормативных документов	143
Юнусалиев Э.М., Ташпулатов И.Б. Расчет балок на растяжение местных лесоматериалов .	147
Раззаков С.Ж., Мартазаев А.Ш. Сверхвысокопрочные бетоны и их эффективность	153
ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ	
Зикриллаев Х.Ф., Содиков Т.Б. Исследование солнечной панели без системой очистки от пыли	159
Тураева Н.М. Разработка математической модели автоматического зависимого гибридного наблюдения для обнаружения и предотвращения аварийных ситуаций в авиации	163
Таслимов А.Д., Рахимов Ф.М. Обоснование резистивного заземления нейтрали распределительной сети 20 кВ	172
Хайриддинов Б.Э., Эргашев Ш.Х. Математическое моделирование теплового режима подземного аккумулятора тепла	178
Хошимов Ф.А., Кадиров К.Ш. Возможности дифференцированных по временно тарифов при регулировании нагрузок электроэнергетических систем	184
Сиддилов И.Х., Умурзакова Д.М. Исследование нечеткой системы управления теплоэнергетическими объектами	189
Жураева Н.А., Атаджанова М.З. Анализ динамических свойств промышленного робота на стадии проектирования	196
Аббасов Е.С., Умурзакова М.А. Применение теории пограничного слоя для расчета поля температур в солнечном воздухонагревателе	201
Саломов У.Р., Уришев О.М. Методика выбора места установки Микро-ГЭС мощностью 50 кВт на Южном Ферганском канале и технико-экономическое обоснование	204
ХИМИЧЕСКАЯ ТЕХНОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ	
Эргашев Д.А., Каримов Д.Д., Исомидинов А.С., Абидова М.А. Результаты компьютерной обработки оптимальных значений очистки воздуха от хлопковой пыли	212
Курбаниязов Р.К., Пирназаров Б.У., Намазов Ш.С., Бадалова О.А., Сейтназаров А.Р., Реймов А.М., Кахаров Э.М. Желваковые фосфориты каракалпакии в качестве вторичного сырья для получения аммофосфатного удобрения	219
Ахмедова К.Ш., Исмаилов О.Ю., Нигмаджонов С.К., Пиримов Т.Ж., Ганижонов Д.И. Интенсификация теплообмена в змеевиковом теплообменнике с использованием инертных частиц	224
Хусенов А.Ш., Жонузоков А.Ж., Камалова Д.С., Тилаков Ж.Р., Рахманбердиев Г. Синтез хлоринулина с различными характеристиками	230
Эгамбердиев М.С., Икромов Р.А. Вопросы, которые предстоит решить химической промышленности и промышленности фосфорных удобрений	234
Наджмиддинов Р.Ю., Шамшидинов И.Т., Кадинова Г.К., Турсунов Л.А. Очистка фосфорной кислоты на основе фосфоритов центральных Кызылкумов в процессе экстракции известняком и получения из него одинарного фосфорного удобрения	238
КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ	
Ахунбаев А.А., Ганиева Г.Ш. Время падения материала в сушильном барабане	247
Ражабова Н.Р. Гидродинамика барабанной сушилки с v -образной насадкой	250
Неъматов И.Л., Хайриддинов Б.Е., Файзиев Т.А. Оптимизация теплоаккумулятора коксосушителя на основе соотношений баланса теплообмена	253
Хайриддинов Ш.Б., Холмуратов Б.Б. Финансовая устойчивость страховых организаций и роль страхового рынка Узбекистана	255
К сведению авторов !	259

CONTENTS

FUNDAMENTAL SCIENCES

Yuldashev N.Kh., Yulchiev I.I. Some features of the luminescence of GaAs-type semiconductors with the participation of shallow acceptor levels in a magnetic field	9
Akbarov D.E. Umarov Sh.A. Sufficient condition for nonlinearity of Boolean functions of logical table transformations	19
Kamardin A.I., Igamov B.J., Bekpulatov I.R. Preparation of high-silicide manganese coatings by ion-plasma method and study of their thermoelectric properties	23
Rasulov A.M., Ibrokhimov N.I., Khodjimatomov J.M. Structural transformations and growth of nanocrystalline films on metal surfaces	29

MECHANICS

Juraev A, Juraev D.D. Analysis of small vibrations of the working body of the separator for the separation of cotton seeds	38
Abdovokhidov A., Mirjalolzoda B., Umarov A., Akbaraliev A., Abdovakhidov M. Research on ways to improve saw gin performance	41
Diyorov Kh.G. Movement of the hairy seeds in the axial direction inside the hexagonal mixing drum	46
Akhunbayev A.A. Pilot and industrial tests of drying mineral fertilizers	50
Isomiddinov A.S., Mukhamadsadikov K.D., Zaylobiddinov F.K. Study of the hydrodynamics of a two-rotor industrial gas purification apparatus	56
Jonqobilov S.U., Khoshiyev Sh.P., Bahadirov Sh.B. Cavitation in pumping units and main pipelines	62
Mirjalolzoda B., Abdovakhidov M.M., Umarov A., Akbaraliev A.A.. Static calculation of the hexagonal shaft of the saw cylinder of the saw gin	65
Rakhmatov E.A. Ways to increase the service life of oil and gas production equipment through the use of heterocomposite materials on the surface of metal structures	70
Duskulov A.A., Makhmudov H.S., Avazov I.Zh., Yuldashev O.T. Combined machine using STRIP-TILL technology	76
Bazarov B.I., Ernazarov A.A. Accounting of passenger traffic in the conditions of automated passenger traffic management	80
Abdurakhmonov P.Q., Mansurov Yu.N., Namozov S.B., Raxmatov X.A. Yo'ldoshov R.M. Analysis of the reliability of subway cars based on data from operational failures	88
Tuychiev T., Gafurov A., Axmedov M.X., Xoshimova N. Results of studies on an improved cotton regenerator	96
Axmedov D.A., Sabirov I.Q., Axmatov M., Axmatov N.M., Xusanova Sh. Experimental research of the quality indicators of removable fluff and seeds in the enlarged working chamber fluff separation machine	102
Jumaev A.S., Abduraxmanova M.M. Development and theoretical analysis of resource-efficient designs of roller mechanisms of belt conveyors	108
Umerov F.Sh. Resource indicators and characteristics of electric vehicles and their batteries	113
Djamolov R.K., Tozhiboev M.M. Improving the efficiency of the seed depilation machine ...	121
Berdiev D.M., Konstantinov V.M., Yusupov A.A., Umarova M.A. Study of the process of thermal cycling during heating without phase and with complete phase recrystallization	125
Toirov M.Sh., Karimov K.A., Mardonov B.T., Shavkidinova N.M. Application of High Speed Steel HSS	130

BUILDING

Mavlonov R.A., Razzakov S.J. Strength and features of combined reinforced concrete beams	137
--	-----

Norov N.N., Bobokulov A.A., Khudaynazarova Yu.J., Mingyasharov A.Kh., Sultanov M.A. Features of designing energy-efficient buildings based on regulatory documents	143
Yunusaliyev E.M., Toshpulatov I.B. Accounting for the stretch of local wooden materials from the fence	147
Razzakov S.J., Martazaev A.Sh. Ultra-high-strength concretes and their effectiveness	153
ENERGETICS, THE ELECTRICAL ENGINEERING, ELECTRONIC DEVICES AND INFORMATION TECHNOLOGIES	
Zikrillayev Kh.F., Sodiqov T.B. Research of a solar panel without cleaning system from dust	159
Turaeva N.M. Development of a mathematical model of automatic dependent hybrid supervision for detection and prevention of emergencies in aviation	163
Taslimov A.D., Rakhimov F.M. Justification for resistive grounding of the neutral of the 20 kV distribution network	172
Khayriddinov B.E., Ergashev Sh.H. Mathematical modeling of the thermal regime of an underground heat accumulator	178
Hoshimov F.A., Kadyrov K.Sh. Possibilities of time-differentiated tariffs when regulating the loads of electric power systems.....	184
Siddikov I.X., Umurzakova D.M. Investigation of fuzzy control system of thermal power objects	189
Juraeva N.A., Atadjanova M.Z. Analysis of dynamic properties of manufacturing in the designing stages	196
Abbasov E.S., Umurzakova M.A. Application of boundary layer theory to calculate the temperature field in a solar air heater	201
Salomov U.R., Urishev O.M. Methodology for choosing the place of installation of Micro-HPP with a capacity of 50 kW in the Southern Fergana Canal and technical-economic justification	204
CHEMICAL TECHNOLOGY AND ECOLOGY	
Ergashev D.A., Karimov D.D., Isomidinov A.S., Abidova M.A. The results of computer processing of the optimal values of air purification from cotton dust	212
Kurbaniyazov R.K., Pirnazarov B.U., Namazov Sh.S., Badalova O.A., Syeytnazarov A.R., Ryeymov A.M., Kaxarov E.M. Nodular phosphorites of Karakalpakia as a secondary raw material for the production of ammophosphate fertilizer	219
Axmedova K.Sh., Ismoilov O.Y., Nigmatjonov S.K., Pirimov T.J., Ganijonov D.I. Acceleration of heat exchange in a coil heat exchanger using inert particles	224
Khusenov A.Sh., Jonuzokov A.J., Kamalova D.S., Tilakov J.R., Raxmanberdiyev G. Synthesis of chlorinulin with different characteristics	230
Egamberdiyev M.S., Ikromov R.A. Issues facing the chemical and phosphate fertilizer industries	234
Nadjmiddinov R.Yu., Shamshidinov I.T., Kadirova G.K., Tursunov L.A. Purification of phosphoric acid based on phosphorites of central Kyzyl kum in the process of extraction with limestone and obtaining from single phosphorus fertilizer	238
SHORT MESSAGES	
Akhunbaev A.A., Ganieva G.Sh. Time of falling of material in the drying drum	247
Rajabova N.R. Hydrodynamics of a drum dryer equipped with a v-shaped nozzle	250
Nematov I.L., Khairiddinov B.E., Fayziev T.A. Optimization of the heat accumulator of the coke dryer based on the heat transfer balance ratios	253
Khairiddinov Sh.B., Xolmuratov B.B. Financial stability of insurance organizations and the role of the insurance market in Uzbekistan	255
Information to the authors !	260

НЕКОТОРЫЕ ОСОБЕННОСТИ ЛЮМИНЕСЦЕНЦИИ ПОЛУПРОВОДНИКОВ ТИПА GaAs С УЧАСТИЕМ МЕЛКИХ АКЦЕПТОРНЫХ УРОВНЕЙ В МАГНИТНОМ ПОЛЕ

Н.Х. Юлдашев, И.И. Юлчиев

Ферганский политехнический институт, 150107, Фергана, uzferfizika@mail.ru
(Получена 21.02.2024 г.)

Annotatsiya. *Pikus va Bir invariantlari usulidan foydalanib, bo'ylama magnit maydonda GaAs tipidagi yarimo'tkazgichlarning sayoz akseptor markazlari ishtirokidagi lyuminesstensiya'sining to'liq intensivligi I va tsirkulyar qutblanish darajasi $P_{\text{цпрк}}$ uchun umumiy ifodalar olingan. Magnit maydon kuchlanganligining qiymati va yo'nalishiga, shuningdek, akseptorning g -faktor doimiyligi g_1, g_2 va o'tkazuvchanlik zonasi elektronining g_e -faktoriga qarab maxsus holatlar tahlil qilingan. Kuchli magnit maydon $\vec{H} // [100], [111], [110]$ holatida I va $P_{\text{цпрк}}$ kattaliklarning burchakka bog'liqligini g_2/g_1 ning ba'zi bir kritik qiymatlari uchun raqamli hisoblash amalga oshirilgan. Bunda $P_{\text{цпрк}}$ -100 dan +100 % gacha oraliqda keskin anizotropiyaga ega bo'lishi, aniqlanishi, kristall nurlanishining intensivligi esa magnit maydon yo'nalishida minimal qiymatiga intilishi ko'rsatilgan.*

Tayanch so'zlar: yarimo'tkazgich, rekombinatsion nurlanish, sayoz akseptor markazi, magnit maydon, Zeeman ajralishi, g -faktor, anizotropiya, tsirkulyar qutblanish, intensivlik.

Аннотация. Методом инвариантов Пикуса и Бира получены общие выражения для полной интенсивности I и степени циркулярной поляризации $P_{\text{цпрк}}$ люминесценции полупроводников типа GaAs с участием мелких акцепторных уровней в продольном магнитном поле $\vec{H}$. Проанализированы частные случаи в зависимости от значения и направления напряженности магнитного поля, а также от констант g -фактора акцептора g_1, g_2 и электрона зоны проводимости g_e . В случае сильного магнитного поля $\vec{H} // [100], [111], [110]$ выполнен численный расчет угловой зависимости величин I и $P_{\text{цпрк}}$ для некоторых критических значений g_2/g_1 , при которых $P_{\text{цпрк}}$ обнаруживает резкую анизотропию в пределах от -100 до +100 %, а интенсивность излучения кристалла вдоль магнитного поля стремится к минимальному значению.

Ключевые слова: полупроводник, рекомбинационное излучение, мелкий акцепторный центр, магнитное поле, зеемановское расщепление, g -факторы, анизотропия, циркулярная поляризация, интенсивность.

Using the method of Picus and Beer invariants, general expressions are obtained for the total intensity I and the degree of circular polarization $P_{\text{circ.}}$ of the luminescence of GaAs-type semiconductors with the participation of shallow acceptor levels in a longitudinal magnetic field $\vec{H}$. Special cases are analyzed depending on the value and direction of the magnetic field strength, as well as on the constants of the g -factor of the acceptor g_1, g_2 and the conduction band electron g_e . In the case of a strong magnetic field $\vec{H} // [100], [111], [110]$, a numerical calculation of the angular dependence of the quantities I and $P_{\text{circ.}}$ was performed for some critical values of g_2/g_1 , at which $P_{\text{circ.}}$ exhibits a sharp anisotropy in the range from -100 to +100%, and the intensity of the crystal radiation along the magnetic field tends to a minimum value.

Keywords: semiconductor, recombination radiation, shallow acceptor center, magnetic field, Zeeman splitting, g -factors, anisotropy, circular polarization, intensity

Введение. Исследование поляризации рекомбинационного излучения полупроводников в магнитном поле представляет большой теоретический [1-5] и экспериментальный [6-10] интерес с целью получения тонких информаций об их оптических свойствах и о динамике кристаллических структур в области фотоники и спинтроники. В пионерской работе [2] сделан теоретический анализ случай слабого магнитного поля ($\mu_0 H / kT \ll 1$) в полупроводниках типа GaAs, когда рекомбинационное излучение

происходит при электронном переходе «зона проводимость–мелкий акцептор». Для степени циркулярной поляризации излучения получено простое выражение

$$P_{\text{цирк.}} = (g_e + 5g_h) \frac{\mu_0 H}{4kT}, \quad (1)$$

где g_e, g_h — g-факторы свободного электрона и связанной дырки в акцепторе,

$$\mu_0 = \frac{e\hbar}{2m_0c} \text{ — магнетон Бора, } k \text{ — постоянная Больцмана, } T \text{ — абсолютная температура по шкале}$$

Кельвина, H — напряженность магнитного поля. Как видно из (1), поляризация рекомбинационного излучения с участием мелких акцепторов определяется средними моментами свободных электронов и связанных дырок, линейно и изотропно зависит от магнитного поля, а также обратно пропорционально температуре. Эти выводы теории [2] получили свое экспериментальное подтверждение в работах [6-8].

Авторы работы [7] изучая поляризации спектральной линии 0,709 эВ излучения германия в широких пределах значений магнитного поля (от 0 до 5 Тл) показали, что степень циркулярной поляризации зависит от направления магнитного поля. Теория зеемановского расщепления мелких акцепторов в кубических полупроводниках, учитывающая кубические вклады от зонной структуры и сильных магнитных полей была развита в работе [8].

Методом сканирующей туннельной микроскопии исследовано влияние магнитного поля на физические свойства дырочных состояний акцептора Mn, расположенного вблизи поверхности (110) GaAs и показано, что сильно анизотропная волновая функция дырки существенно не меняется под действием магнитного поля до 6 Тл [9]. Изучение магнетосопротивления в эпитаксиальном слое $\text{Ga}_{0,972}\text{Mn}_{0,028}\text{As}$ показало [10], что легирование Be приводит к переориентации как легких, так и жестких магнитных осей в GaMnAs.

В последнее время уделяется большое внимание исследованию энергетического спектра и волновых функций дырок в валентной зоне полупроводниковых наноструктур, как квантовых ям, квантовых проволок и квантовых точек, во внешнем магнитном поле [11-15]. Так, выполнен теоретический расчет мелкопримесных состояний в полупроводниковых квантовых ямах и сверхрешетках GaAs-(Ga, Al)As в магнитном поле вдоль направления роста [11], согласующийся с экспериментальными результатами. Обнаружена индуцированная магнитным полем циркулярно поляризованная фотолюминесценция A(+)-центров в квантовых ямах GaAs/AlGaAs [12], что позволяет определить их тонкую, спиновую, энергетическую структуру. Исследована анизотропия электронного g-фактора для гетероструктур GaAs/ $\text{Al}_x\text{Ga}_{1-x}\text{As}$ при температуре жидкого гелия, определены линейные по магнитному полю поправки к компонентам g-фактора и установлена сильная анизотропия их значений [13]. Сурис, Семина [14] изучали зависимость зеемановского расщепления основного состояния дырки от изменения параметров размерного квантования с учетом сложной структуры валентной зоны и индуцированного магнитным полем перемешивания дырочных состояний. Показано, что g-фактор дырки чрезвычайно чувствителен к составу состояний дырки и геометрии потенциала размерного квантования. Семина, Родина и др. [15] теоретически исследовали кубическую анизотропию зеемановского расщепления дырки в полупроводниковом нанокристалле, возникающая из-за кристаллографических кубически-симметричных членов по спину и кинетической энергии в объемном гамильтониане Латтинджера. Авторами предложены возможные экспериментальные проявления и потенциальные методы измерения кубической анизотропии дырочного зеемановского расщепления.

Целью настоящей работы является получение методом инвариантов Пикуса и Бира общих выражений для полной интенсивности и степени циркулярной поляризации фотолюминесценции на мелких акцепторных центрах полупроводников типа GaAs в произвольной кристаллографической ориентации и значении магнитного поля. Считаем, что в течение времени жизни τ свободные электроны успевают прийти к равновесному

распределению по спине, т.е. $\tau \gg \tau_s$, где τ_s - время спиновой релаксации. Проанализируем роль анизотропного зеемановского расщепления уровня акцептора и особенностей магнитоиндуцированного перемешивания подуровней при критических значениях g_2/g_1 отношения параметров g-фактора связанной дырки в формировании интенсивности и магнитной циркулярной поляризации фотолюминесценции на мелких акцепторах.

Метод исследования и теоретический расчет. Рассмотрим, как и в нашей предыдущей работе [16], помещенный в однородное магнитное поле полупроводник типа GaAs, в котором создаются неравновесные носители, а их излучательная рекомбинация идет через уровни мелких акцепторов. Предполагаем, что направления излучения и магнитного поля совпадают (геометрия Фарадея). Тогда из-за ориентации спинов электронов в зоне проводимости и дырок на акцепторных уровнях под действием магнитного поля люминесценция кристалла оказывается циркулярно поляризованной. Для теоретического описания такого рекомбинационного излучения сначала заметим, что исходные состояния электронов и дырок с учетом спина двух- и четырехкратно вырождены и в представлениях Латтинжера-Кона описываются волновыми функциями, преобразующиеся по представлениям Γ_6, Γ_8 , а Гамильтонианы взаимодействия свободных электронов и связанных дырок с магнитным полем напряженностью $\vec{H}$ в первом приближении описываются матрицами [1]

$$\hat{\mathcal{H}}^{(c)} = \frac{1}{2} g_e \mu_0 \sum_i \hat{\sigma}_i H_i, \quad (2a)$$

$$\hat{\mathcal{H}}^{(a)} = \mu_0 \sum_i (g_1 \hat{J}_i + g_2 \hat{J}_i^3) H_i \quad (i = x, y, z). \quad (2б)$$

Здесь $\hat{\sigma}_x, \hat{\sigma}_y, \hat{\sigma}_z$ - матрицы Паули, $\hat{J}_x, \hat{J}_y, \hat{J}_z$ - матрицы размерности 4x4 проекций оператора момента импульса в базисе состояний $Y_n^{3/2}$, g_1, g_2 - константы зеемановского расщепления акцепторного уровня, определяющие $g_h - g$ -фактор дырки.

Возмущения (2a) и (2б) считаем, как малые величины первого порядка по отношению к внутрикристаллическому взаимодействию ($E_0^{(a)} \ll \frac{m_0^2 e^4}{2 \varepsilon^2 h^2} \cdot \frac{m^{*2}}{m_0}$), которые снимают спиновые вырождения состояния электрона зоны проводимости и дырки в акцепторе. Правильные волновые функции этих состояний в нулевом приближении определяются соответственно следующими соотношениями:

$$\Psi_M^{(c)} = \sum_m C_m^{(M)} \psi_m^{1/2} \quad (m = \frac{1}{2}; -\frac{1}{2}, \quad M = 1; -1), \quad (3a)$$

$$\Psi_N^{(a)} = \sum_n C_n^{(N)} \psi_n^{3/2} \quad (n = \frac{3}{2}; \frac{1}{2}; -\frac{1}{2}; -\frac{3}{2}, \quad N = 1; 2; 3; 4). \quad (3б)$$

Коэффициенты разложения $C_m^{(M)}, C_n^{(N)}$ по полным наборам ортонормированных функций $\psi_m^{1/2}, \psi_n^{3/2}$ и значения расщепленных энергетических уровней $E_M^{(c)}, E_N^{(a)}$ можно определить из следующих матричных уравнений

$$\left\| \hat{\mathcal{H}}^{(c)} - E_M^{(c)} \hat{I}_M \right\| \cdot \left\| \hat{C}^{(M)} \right\| = 0, \quad (4a)$$

$$\left\| \hat{\mathcal{H}}^{(a)} - E_N^{(a)} \hat{I}_N \right\| \cdot \left\| \hat{C}^{(N)} \right\| = 0, \quad (4б)$$

где $\hat{I}_M$ и $\hat{I}_N$ - единичные матрицы 2x2 и 4x4, а $\hat{C}^{(M)}, \hat{C}^{(N)}$ являются матрицами столбцами 2x1 и 4x1). Первое из них позволяет найти энергии зеемановского расщепления в зоне проводимости

$$E_M^{(c)} \equiv E_m^{(c)} = m g_e \mu_0 H, \quad (5a)$$

а второе дает для акцепторных уровней $E_N^{(a)} \equiv E_n^{(a)}$ выражении

$$E_{(1,4)}^{(a)} = \pm \mu_0 H \sqrt{\frac{1}{8} \left[9(g_1 + \frac{9}{4}g_2)^2 + (g_1 + \frac{g_2}{4})^2 \right] + (g_1 + \frac{7}{4}g_2) \sqrt{(g_1 + \frac{13}{4}g_2)^2 - \frac{9}{4}g_2(g_1 + \frac{5}{2}g_2)} \gamma'}, \quad (56)$$

$$E_{(2,3)}^{(a)} = \pm \mu_0 H \sqrt{\frac{1}{8} \left[9(g_1 + \frac{9}{4}g_2)^2 + (g_1 + \frac{g_2}{4})^2 \right] - (g_1 + \frac{7}{4}g_2) \sqrt{(g_1 + \frac{13}{4}g_2)^2 - \frac{9}{4}g_2(g_1 + \frac{5}{2}g_2)} \gamma'},$$

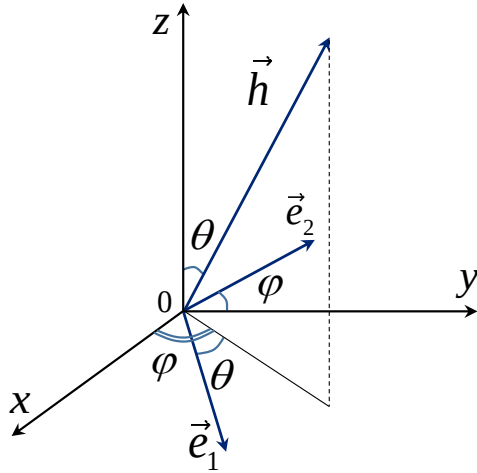


Рис.1. Выбор направлений кристаллографических осей $x \parallel [100]$, $y \parallel [010]$, $z \parallel [001]$ и единичных векторов напряженности магнитного поля $\vec{h} = \vec{H} / H$, поляризации излучения $\vec{e}_1 \perp \vec{e}_2 \perp \vec{h}$.

где $\gamma' = h_x^2 h_y^2 + h_y^2 h_z^2 + h_z^2 h_x^2 = \sin^4 2\theta + \sin^4 \theta \sin^2 2\varphi$ (см.

рис. 1).

Вообще говоря, земановское расщепление для акцептора, как видно из (56) имеет сложный анизотропный характер, анализу которого и была посвящена работа [16]. При $g_2 = 0$ и $g_2 / g_1 = -2/5, -4/7$ величина расщепления уровня акцептора $E_n^{(a)}$ не зависит от направления вектора $\vec{H}$ в кристалле.

Далее нас интересует вывод общих формул для расчета параметров поляризованной люминесценции. Интенсивность рекомбинационного излучения, связанного с квантовым переходом «зона проводимость-акцептор» и поляризованного по правому или левому кругу, в направлении магнитного поля можно определить из следующего общего выражения

$$I_{\sigma_{\pm}}(\vec{e}_{\pm}, \vec{H}) = \sum_{n,m} f_n^{(a)} f_m^{(c)} \left| \langle \Psi_n^{(a)} | \vec{P} \cdot \vec{e}_{\pm}^* | \Psi_m^{(c)} \rangle \right|^2 = C_0 \sum_{n,m} f_n^{(a)} f_m^{(c)} S p \hat{\mathcal{M}}_{\sigma_{\pm}}(n, m), \quad (5)$$

где $\vec{e}$ - вектор поляризации ($\vec{e}_{\pm} = \vec{e}_1 \pm i\vec{e}_2$, см. рис.1), $\vec{P}$ - оператор квазиимпульса,

$C_0 = const$; $f_m^{(c)}$, $f_n^{(a)}$ - функции распределения по энергиям для электронов зоны проводимости и для дырок в акцепторах. Мы будем предполагать, что имеет место распределение Максвелла-Больцмана электрона и дырки по спиновым уровням

$$f_m^{(c)} = \frac{\exp(-\beta E_m^{(c)})}{\sum_{m'} \exp(-\beta E_{m'}^{(c)})}, \quad f_n^{(a)} = \frac{\exp[-\beta E_n^{(a)}]}{\sum_{n'} \exp[-\beta E_{n'}^{(a)}]}, \quad \beta = 1/kT. \quad (6)$$

В (5) через $\hat{\mathcal{M}}_{\sigma_{\pm}}(n, m)$ - обозначена матрица размерности 4×4

$$\hat{\mathcal{M}}_{\sigma_{\pm}}(n, m) = \hat{B}^{(a)}(n) \hat{R}_{\sigma_{\pm}} \hat{B}^{(c)*}(m) \hat{R}_{\sigma_{\pm}}^+. \quad (7)$$

Здесь матрицы $B_{jj'}^{(a)}(n) = C_j^{(n)} C_{j'}^{(n)+}$ и $B_{ii'}^{(c)}(m) = C_i^{(m)} C_{i'}^{(m)+}$, где $C_j^{(n)}$ и $C_i^{(m)}$ - коэффициенты разложения волновой функции дырки в состоянии n и электрона в состоянии m соответственно по базисным функциям представлений Γ_8 и Γ_6 (см. (3а) и (3б));

$(R_{\sigma_{\pm}})_{ij}$ - матричный элемент рекомбинации электрона и дырки в состоянии $i=1, 2$ и $j=1, 2, 3, 4$, не зависящий от $\vec{H}$, т.е. $\hat{R}_{\sigma_{\pm}}$ - матрица порядка 4×2 определяет правила отбора для рекомбинационного излучения «зона проводимость-акцептор» в отсутствии магнитного поля:

j=3/2; m \ j=1/2; n	1/2	-1/2
3/2	$e_{\pm}^* R$	0
1/2	$i \frac{2}{\sqrt{3}} e_z^* R$	$-i \frac{1}{\sqrt{3}} e_{\pm}^* R$
-1/2	$\frac{1}{\sqrt{3}} e_{\mp}^* R$	$\frac{2}{\sqrt{3}} e_z^* R$
-3/2	0	$-ie_{\mp}^* R$

$$, \quad \hat{R}_{\sigma_{\pm}} = R_0 \begin{pmatrix} e_{\pm}^* & 0 \\ i \frac{2}{\sqrt{3}} e_z^* & -i \frac{1}{\sqrt{3}} e_{\pm}^* \\ \frac{1}{\sqrt{3}} e_{\mp}^* & \frac{2}{\sqrt{3}} e_z^* \\ 0 & -ie_{\mp}^* \end{pmatrix}, \quad (8)$$

где $e_{\pm} = (e_x \pm ie_y) / \sqrt{2}$, $R_0 = \text{const} = \langle X | \hat{p}_x | S \rangle = \langle Y | \hat{p}_y | S \rangle = \langle Z | \hat{p}_z | S \rangle$.

Можно показать [17], что, например,

$$B_{jj'}^{(a)}(n) = \prod_{v=1}^3 \frac{\mathcal{H}_{jj'}^{(a)} - E_{n_v}^{(a)} \delta_{jj'}}{E_n^{(a)} - E_{n_v}^{(a)}}, \quad (9)$$

где $E_{n_v}^{(a)}$ ($v=1, 2, 3$) - энергия дырки в трех других состояниях, отличных от состояния n , $\delta_{jj'}$ - δ символ Дирака.

Подставляя (8) и (9) в (7), а затем (6) и (7) в (5) после простых, но громоздких преобразований получаем для излучения вдоль вектора $\vec{H}$

$$I = I_{\sigma_+} + I_{\sigma_-} = r_0 F, \quad (10)$$

$$P_{\text{цирк.}} = \frac{I_{\sigma_+} - I_{\sigma_-}}{I_{\sigma_+} + I_{\sigma_-}} = F^{-1} \left\{ (2A_0 + f_1 A_2) f_0 + (5 + \frac{41}{4} \frac{g_2}{g_1}) A_1 + A_3 f_2 - \right. \\ \left. - \frac{9}{2} \frac{g_2}{g_1} (1 + \frac{7}{4} \frac{g_2}{g_1}) \left[A_2 f_0 + \frac{3}{2} (1 + \frac{9}{4} \frac{g_2}{g_1}) A_3 \right] \gamma \right\}, \quad (11)$$

где

$$F = 4A_0 + A_2 f_3 + \left[4(1 + \frac{5}{2} \frac{g_2}{g_1}) A_1 + A_3 f_4 \right] f_0 - \\ - \frac{9}{4} \frac{g_2}{g_1} \left\{ \left[(A_1 + A_3 f_5) f_0 + (1 + \frac{7}{4} \frac{g_2}{g_1}) A_2 \right] \gamma + \frac{27}{16} \frac{g_2}{g_1} (1 + \frac{7}{4} \frac{g_2}{g_1}) A_3 f_0 \chi \right\}. \quad (12)$$

Здесь введены следующие обозначения:

$$f_0 = th(\frac{1}{2} \beta g_e \mu_0 H), \quad f_1 = 6(1 + \frac{7}{4} \frac{g_2}{g_1})^2 + \frac{1}{2} (1 + \frac{1}{4} \frac{g_2}{g_1})^2 + 9 \frac{g_2}{g_1} (1 + \frac{7}{4} \frac{g_2}{g_1}),$$

$$f_2 = f_4 + \frac{1}{4} (1 + \frac{1}{4} \frac{g_2}{g_1})^3, \quad f_3 = 7(1 + \frac{9}{4} \frac{g_2}{g_1})^2 - \frac{g_2}{g_1} (1 + \frac{5}{4} \frac{g_2}{g_1}),$$

$$f_4 = 9(1 + \frac{7}{4} \frac{g_2}{g_1}) (1 + \frac{9}{4} \frac{g_2}{g_1}) (1 + \frac{13}{4} \frac{g_2}{g_1}) + (1 + \frac{1}{4} \frac{g_2}{g_1})^2 (1 + \frac{5}{2} \frac{g_2}{g_1}),$$

$$f_5 = \frac{3}{8} \left[10 + 37 \frac{g_2}{g_1} + \frac{285}{8} (\frac{g_2}{g_1})^2 \right], \quad A_i = - \frac{\sum_{n=1}^4 a_i^{(n)} \exp(-\beta E_n^{(a)})}{\sum_{n=1}^4 \exp(-\beta E_n^{(a)})},$$

$$a_0^{(n)} = \frac{E_{n_1}^{(a)} E_{n_2}^{(a)} E_{n_3}^{(a)}}{(g_1 \mu_0 H)^3} a_3^{(n)}, \quad a_1^{(n)} = \frac{E_{n_1}^{(a)} E_{n_2}^{(a)} + E_{n_1}^{(a)} E_{n_3}^{(a)} + E_{n_2}^{(a)} E_{n_3}^{(a)}}{(g_1 \mu_0 H)^2} a_3^{(n)}$$

$$a_2^{(n)} = \frac{E_{n_1}^{(a)} + E_{n_2}^{(a)} + E_{n_3}^{(a)}}{g_1 \mu_0 H} a_3^{(n)}, \quad a_3^{(n)} = \frac{(g_1 \mu_0 H)^3}{(E_n^{(a)} - E_{n_1}^{(a)})(E_n^{(a)} - E_{n_2}^{(a)})(E_n^{(a)} - E_{n_3}^{(a)})}$$

$$\gamma = 4(h_x^2 h_y^2 + h_x^2 h_z^2 + h_y^2 h_z^2), \quad \chi = 16 h_x^2 h_y^2 h_z^2,$$

$r_0 = const$, $h_i (i = x, y, z)$ - проекции единичного вектора $\vec{h}$ на главные оси симметрии кристалла.

Обсуждение полученных результатов. А. Анализ общих формул. Как видно из (10)-(12) интенсивность I и степень поляризации $P_{цирк.}$ имеют сложную угловую зависимость, обусловленную как анизотропией зеемановского расщепления уровня акцептора (56) через величины A_l ($l=0,1,2,3$), так и анизотропией правил отбора (8) через величины γ и χ . Интересно заметить, что при $g_2 = 0$ полностью исчезает угловая зависимость в формулах (56) и (10)-(12), т.е. при допущенных выше условиях зеемановское расщепление мелкого акцептора и связанная с ним люминесценция полупроводников типа GaAs не обнаруживают анизотропии. В этом случае выражения для I и $P_{цирк.}$ сильно упрощаются:

$$I(g_2 = 0) = \frac{1}{3} |R_0|^2 (1 + \omega) \exp \left[\frac{1}{2} (g_1 - g_e) \beta \mu_0 H \right] [1 + 3 \exp((g_1 + g_e) \beta \mu_0 H)], \quad (13)$$

$$P_{цирк.}(g_2 = 0) = \frac{1 - \omega}{1 + \omega}, \quad \omega = \frac{1 + 3 \exp(-(g_e + |g_1|) \beta \mu_0 H)}{3 \exp(2|g_1| \beta \mu_0 H) + \exp((|g_1| - g_e) \beta \mu_0 H)} \quad (14)$$

При отсутствии магнитного поля, величина $\omega=1$ и из (13), (14), как и следовало ожидать, получим $I = 8|R_0|^2 / 3 = const$, $P_{цирк.} = 0$.

Общие выражения (10)-(12) также существенно упрощаются при некоторых характерных значениях g_2 / g_1 . Так, например, при $g_2 / g_1 = -4/7$ анизотропия отсутствует для расщепленных уровней $E_N^{(a)}$, причем они попарно сливаются, образуя две дублетные состояния $E_{1,2}^{(a)} = -E_{3,4}^{(a)} = 3g_1 \mu_0 H / 7$ (см.(56)),

тогда как для I и $P_{цирк.}$ она сохраняется в следующем упрощенном виде:

$$I(g_2 / g_1 = -4/7) = \frac{2}{3} |R_0|^2 \exp((\frac{g_e}{2} + \frac{3}{7} g_1) \beta \mu_0 H) (1 + \exp(-g_e \beta \mu_0 H)) \times$$

$$(1 + \exp(-\frac{6}{7} g_1 \beta \mu_0 H)) (1 + (1 - \frac{3}{4} \gamma) f_0 f_0'), \quad (15)$$

$$P_{цирк.}(g_2 / g_1 = -4/7) = \frac{1}{2} \frac{f_0 + f_0'}{1 + (1 - \frac{3}{4} \gamma) f_0 f_0'}, \quad f_0' = th(\frac{3}{7} \beta g_e \mu_0 H). \quad (16)$$

В общем случае $g_2 / g_1 \neq 0, -4/13, -2/5, -4/7$ зависимости I и $P_{цирк.}$ от констант g_1, g_2 (или от g_2 / g_1) и от направления магнитного поля ведут себя весьма сложно.

Представляет интерес анализ общих выражений для интенсивности (10) и циркулярной поляризации (11) в предельных случаях слабого и сильного магнитных полей.

1. При слабом магнитном поле ($\beta \mu_0 H < 1$) из (10) и (11) находим

$$I = \frac{4}{3} |R_0|^2 \left(1 + \frac{g_e \beta \mu_0 H}{2} \right) \left[2 + g_e (g_1 + \frac{5}{2} g_2 \gamma) (\beta \mu_0 H)^2 \right], \quad (17)$$

$$P_{\text{цирк}} = \frac{1}{4} \left(g_e + 5g_1 + \frac{41}{4} g_2 \right) \frac{\mu_0 H}{kT}. \quad (18)$$

Здесь сразу же заметим, что для степени индуцированной слабым магнитным полем циркулярной поляризации из (18) в предельном случае $g_2 \rightarrow 0$ получим результат Дьяконова и Переля (1), причём g -фактор дырки в акцепторе совпадает с константой g_1 . В формуле (18) третье слагаемое $\frac{41}{4} g_2$ в скобке учитывает более тонкое парамагнитное взаимодействие акцептора с внешним магнитным полем (см. (26)) и описывает добавочный дырочный вклад в поляризацию. Видно, что константа зеемановского расщепления g_2 внесет заметный вклад в поляризацию даже при таких скромных значениях, как $g_2 \approx 0.1g_1$ (для кристаллов со структурой алмаза известны следующие экспериментальные значения: $g_1 = -1.15 \pm 0.05$, $g_2 = 0.45 \pm 0.05$, $g_e = 1.58$ [4,7]) и необходимо его учитывать для аккуратной интерпретации соответствующих результатов исследования рекомбинационного излучения через мелких акцепторов.

В рассматриваемом случае хотя формально существует угловая зависимость для зеемановских уровней $E_i^{(a)}$ (56) и интенсивности (17), но она не проявляется в поляризации излучения (18). Это объясняется тем, что при условии $\mu_0 H < kT$ интервал между зеемановскими подуровнями акцептора покрывается тепловым разбросом фононов ($\Delta E_{ij}^{(a)} \sim g_1 \mu_0 H < kT$), и вследствие чего индуцированные ориентации спинов дырок в акцепторе в среднем практически не зависит от направления магнитного поля. Следовательно, естественно ожидать, что поляризация рекомбинационного излучения в данном случае не чувствителен к сливанию магнитных подуровней акцептора.

При условии $(|g_1|, |g_e|) \frac{\mu_0 H}{kT} \ll 1$, как видно из (17), полная интенсивность излучения практически не зависит от магнитного поля и $I \approx 8|R_0|^2 / 3 = \text{const}$.

2. Условие сильного магнитного поля $(|g_1|, |g_e|) \frac{\mu_0 H}{kT} > 1$ практически легко удовлетворить при низких температурах с умеренными значениями напряженности H . Так, для температуры жидкого гелия получим $H > 3 \text{ кЭ}$. С другой стороны развитая здесь теория справедлива при выполнении условия $\mu_0 H \ll E_0^{(a)}$, где $E_0^{(a)}$ – энергия активации основного состояния акцептора, и при $E_0^{(a)} \approx 0.05 \text{ эВ}$ имеем $H \ll 500 \text{ кЭ}$, что дает основание нам считать сильным магнитные поля с $H \geq 50 \text{ кЭ}$ уже при температуре жидкого азота.

В сильном магнитном поле заселенность частиц на расщепленных подуровнях сильно различается, что приводит к существенному различию в интенсивностях спектральных линий, связанных квантовыми переходами между различными магнитными уровнями зоны проводимости и акцептора. Так, вероятность разрешенного перехода между нижним электронным и верхним дырочным уровнями гораздо больше, чем остальных. Поэтому считая, что рассматриваемая люминесценция происходит только вследствие перехода электронов из нижнего магнитного подуровня зоны проводимости ($m = -1/2$) на верхний подуровень акцептора ($n = -3/2$) с $g_1 < 0$, из (10)-(12) получим

$$I = \frac{1}{6} |R_0|^2 \frac{(g_1 \mu_0 H)^3}{E_1^{(a)} (E_1^{(a)2} - E_2^{(a)2})} \exp((|g_e| \mu_0 H + E_1^{(a)}) / 2kT) \times F', \quad (19)$$

$$P_{\text{цирк}} = \left\{ \pm \frac{E_1^{(a)}}{g_1 \mu_0 H} \left[f_1 - 2 \frac{E_2^{(a)^2}}{(g_1 \mu_0 H)^2} \right] + f_2 - \left(5 + \frac{41}{4} \frac{g_2}{g_1} \right) \frac{E_1^{(a)^2}}{(g_1 \mu_0 H)^2} \right. \\ \left. - \frac{9}{2} \frac{g_2}{g_1} \left(1 + \frac{7}{4} \frac{g_2}{g_1} \right) \left[\frac{3}{2} \left(1 + \frac{9}{4} \frac{g_2}{g_1} \right) \pm \frac{E_1^{(a)}}{g_1 \mu_0 H} \right] \gamma \right\} / F', \quad (20)$$

$$F' = \frac{E_1^{(a)}}{g_1 \mu_0 H} \left(f_3 - 4 \frac{E_2^{(a)^2}}{(g_1 \mu_0 H)^2} \right) \pm \left[f_4 - 4 \left(1 + \frac{5}{2} \frac{g_2}{g_1} \right) \frac{E_1^{(a)^2}}{(g_1 \mu_0 H)^2} \right] \\ - \frac{9}{4} \frac{g_2}{g_1} \left\{ \left[\left(1 + \frac{7}{4} \frac{g_2}{g_1} \right) \frac{E_1^{(a)}}{g_1 \mu_0 H} \pm \left(f_5 - \frac{E_1^{(a)^2}}{(g_1 \mu_0 H)^2} \right) \right] \gamma \pm \frac{27}{16} \frac{g_1}{g_2} \left(1 + \frac{7}{4} \frac{g_1}{g_2} \right) \chi \right\}, \quad (21)$$

где верхний знак (+) относится к случаю $g_e > 0$, а нижний (-) – к $g_e < 0$, $E_1^{(a)}$ и $E_2^{(a)}$ – энергии зеемановского расщепления двух верхних уровней акцептора (из них $E_1^{(a)}$ выше, чем $E_2^{(a)}$). Поскольку согласно (56) $E_i^{(a)} \sim H$, то, как видно из (20) и (21), при $\mu_0 H / kT \gg 1$ степень индуцированной циркулярной поляризации не зависит от значения напряженности магнитного поля, в то же время такая зависимость для полной интенсивности сохраняется благодаря экспоненциального множителя $\exp(|g_e| \mu_0 H + E_1^{(a)}) / 2kT$. При этом I и $P_{\text{цирк}}$ обнаруживают сложные анизотропию и зависимость от g_2 / g_1 со всеми вышеуказанными вначале пункта А особенностями.

В. Результаты численного расчета. В дальнейшем при «сильном» магнитном поле нами выполнен численный расчёт $I(\theta, g_2 / g_1)$, $P_{\text{цирк}}(\theta, g_2 / g_1)$ при $g_1 < 0$, результаты которого представлены на рисунках 2-4. Для этих функций независимо от знака g_e -фактора можно указать 3 характерные области значений $\frac{g_2}{g_1}$: $\frac{g_2}{g_1} < -\frac{4}{7}$; $\frac{g_2}{g_1} > -\frac{4}{13}$ и $-\frac{4}{7} \leq \frac{g_2}{g_1} \leq -\frac{4}{13}$, в которых они проявляют специфические особенности.

Так, когда $g_e > 0$ при $\frac{g_2}{g_1} > -\frac{4}{13}$ (область I) в произвольных направлениях кристалла наиболее вероятным квантовым переходом является $-\frac{1}{2} \rightarrow -\frac{3}{2}$ и он разрешен по правилу отбора. В этой области полная интенсивность излучения практически не имеет анизотропию и циркулярно поляризован по правому кругу (кривые 1-3 на рис. 2 а, б). А при $\frac{g_2}{g_1} < -\frac{4}{7}$

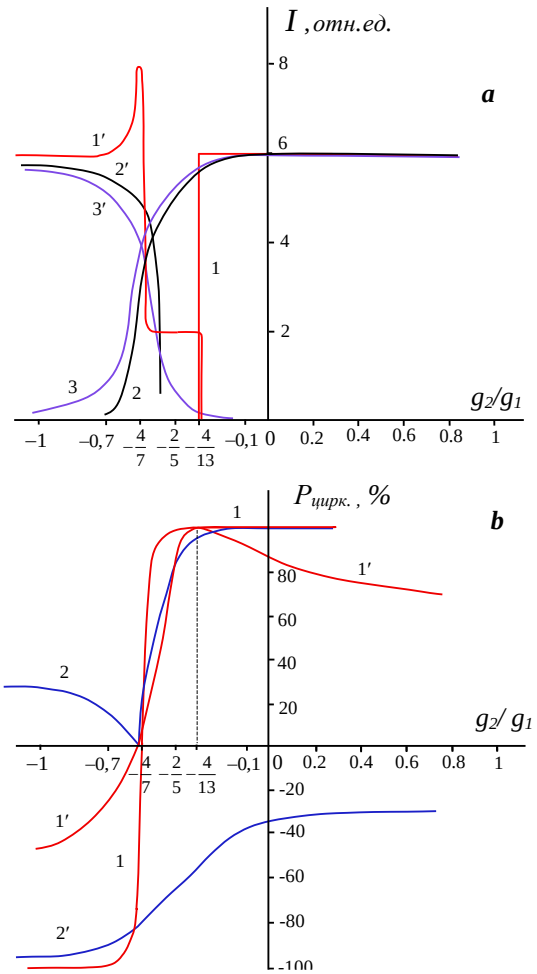


Рис. 2. Зависимость интенсивности (а) и степени циркулярной поляризации (б) излучения от g_2 / g_1 в области критических значений $-4/7$, $-2/5$ и $-4/13$ для направлений $\vec{H} \parallel [001]$ (кривые 1, 1'), $[110]$ (2, 2') и $[111]$ (3, 3') при $g_e > 0$ (1–3) и $g_e < 0$ (1'–3') .

(область II) наиболее вероятный переход запрещён и можно считать, что в кристаллах типа GaAs с такими значениями g_2/g_1 в произвольном направлении магнитного поля практически не происходит рекомбинационное излучение через мелкие акцепторы. В переходной области III $-\frac{4}{7} \leq g_2/g_1 \leq -\frac{4}{13}$ обнаруживаются существенные угловые зависимости I и $P_{\text{цирк}}$ люминесценции в магнитном поле, обусловленные анизотропией зеемановского расщепления уровня акцептора и непосредственной анизотропией волновых функций энергетических зон кристалла.

В случае $g_e < 0$ ($g_1 < 0$), как видно из кривых 1'-3' рис. 2, рекомбинация через мелкие акцепторы в кристаллах типа GaAs совершенно противоположно ведет себя в областях I и II значений g_2/g_1 , по сравнению со случаем $g_e > 0$ ($g_1 < 0$). Так, в области I отсутствует излучения в указанном выше смысле, а во II области наблюдается излучение, циркулярно поляризованное по левому кругу. А существенное различие переходной области в случаях, когда $g_e > 0$ и $g_e < 0$ заключается в том, что в первом из последних в направлениях $[001]$ и $[110]$ наблюдается излучение только соответственно при $\frac{g_2}{g_1} \geq -\frac{4}{13}$ и $\frac{g_2}{g_1} \geq -\frac{4}{7}$, а во втором – при $\frac{g_2}{g_1} \leq -\frac{4}{13}$ и $\frac{g_2}{g_1} \leq -\frac{4}{7}$. Эти результаты в принципе легко можно объяснить фиксируя положение и ход магнитных подуровней свободных электронов и мелкого акцептора в зависимости от g_1 , g_e и g_2/g_1 .

На рисунках 2 а, б представлены качественные зависимости I и $P_{\text{цирк}}$ от g_2/g_1 в окрестности критических значений $-4/7$, $-2/5$ и $-4/13$ для направлений $\vec{H} // [001]$, $[110]$, $[111]$ при $g_e > 0$ и $g_e < 0$ с обнаруженными особенностями при численном расчете. Заметим, что случаи $g_e > 0$ и $g_e < 0$ ($g_1 < 0$) отличаются ещё тем, что для них значения матричных элементов разрешенных переходов полностью не совпадают. Следует также отметить, что при $g_1 > 0$ характеры функций $P_{\text{цирк.}}(\theta, \frac{g_2}{g_1}, H)$ и $I(\theta, \frac{g_2}{g_1}, H)$ качественно не отличаются от случая $g_1 < 0$, в частности, исследуемые графики при $g_1 > 0$ ($g_e > 0$) и $g_1 < 0$ ($g_e < 0$) полностью совпадают.

На рисунках 3 и 4 показаны угловые зависимости полной интенсивности и степени циркулярной поляризации излучения в «сильном» магнитном поле, рассчитанные для некоторых значений g_2/g_1 при $g_e/g_1 < 0$ (рисунки 3а и 4а) и $g_e/g_1 > 0$ (рисунки 3б и 4б).

Характер зависимости $I(\theta)$, $P_{\text{цирк.}}(\theta)$ определяется знаком отношения g -факторов g_e/g_1 и g_2/g_1 . Видно, что при $g_e/g_1 < 0$, $g_2/g_1 < -4/13$ или $g_e/g_1 > 0$, $g_2/g_1 > -4/7$ величины I и $P_{\text{цирк.}}$ существенно зависят от угла θ , а интенсивность люминесценции

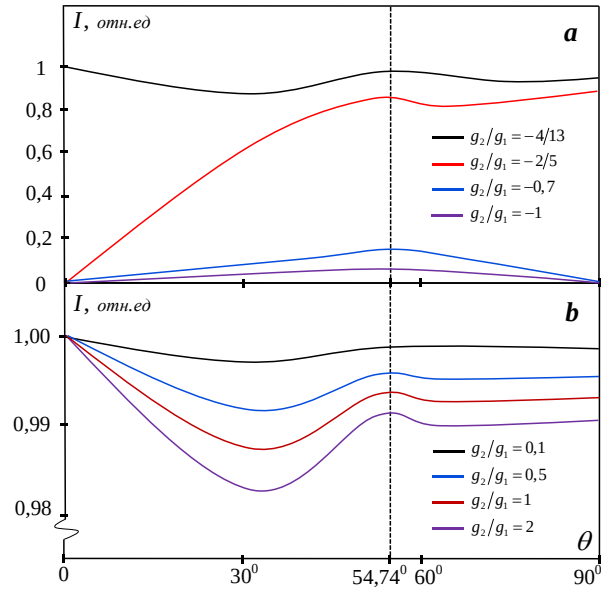


Рис. 3. Угловая зависимость интенсивности излучения для значений g_2/g_1 : $-4/13$, $-2/5$, -0.7 , -1.0 при $g_e/g_1 < 0$ (а) и g_2/g_1 : 0.1 , 0.5 , 1.0 , 2.0 при $g_e/g_1 > 0$ (б). Вектор $\vec{H}$ лежит в плоскости (110) , θ -угол между $\vec{H}$ и осью $[001]$. Значение $\mu_0 H / kT$ фиксировано.

значительно уменьшается. В случае, когда $g_e/g_1 < 0$, $g_2/g_1 > -4/13$, или $g_e/g_1 > 0$, $g_2/g_1 < -4/7$, в сильном магнитном поле $\beta\mu H \gg 1$ излучение в направлении вектора $\vec{H}$ почти полностью поляризовано циркулярно вне зависимости от угла θ (с точностью до 2%, см. рис.4), т. е. анизотропия зеемановского расщепления в этом случае не проявляется в поляризации люминесценции.

Заключение. Угловые зависимости интенсивности I и степени поляризации $P_{\text{цирк.}}$ люминесценции проанализированы в случае сильного магнитного поля $\beta\mu_0 H \gg 1$, когда можно считать, что степени заполнения $f_n^{(a)}$ и $f_m^{(c)}$ отличны от нуля лишь для нижних зеемановских подуровней. Характер зависимости $I(\theta)$, $P_{\text{цирк.}}(\theta)$ определяется знаком отношения g -факторов g_e/g_1 и g_2/g_1 . В случае, когда $g_e/g_1 < 0$, $g_2/g_1 > -4/13$, или $g_e/g_1 > 0$, $g_2/g_1 < -4/7$, излучение в направлении вектора $\vec{H}$ почти полностью циркулярно поляризовано вне зависимости от угла θ (с точностью до 2%), т. е. анизотропия зеемановского расщепления в этом случае не проявляется. При $g_e/g_1 < 0$, $g_2/g_1 < -4/13$ или $g_e/g_1 > 0$, $g_2/g_1 > -4/7$, в сильном магнитном поле интенсивность люминесценции значительно уменьшается, а величины I и $P_{\text{цирк.}}$, существенно зависят от угла θ .

Таким образом, изучение зависимости степени поляризации люминесценции в магнитном поле, обусловленной оптическим переходом свободных электронов на уровень мелкого акцептора, от ориентации вектора $\vec{H}$ в кристалле позволяет, в принципе, найти констант g_2 и g_1 .

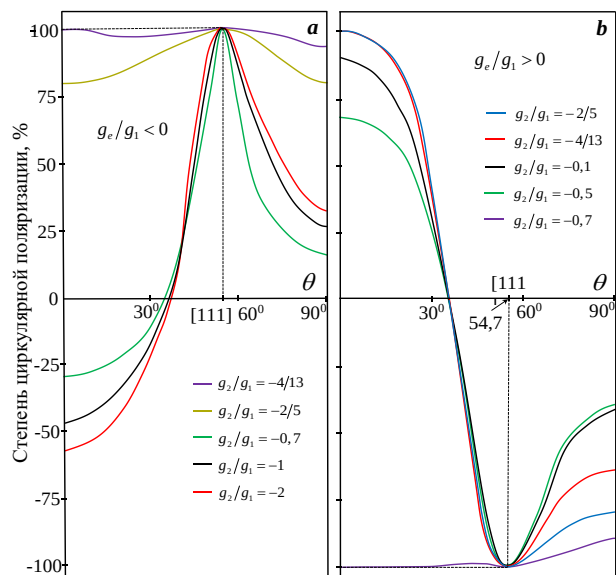


Рис. 4. Угловая зависимость степени циркулярной поляризации для значений g_2/g_1 : -4/13, -2/5, -0.7, -1.0, -2.0 при $g_e/g_1 < 0$ (a) и g_2/g_1 : -2/5, -4/13, -0.1, -0.5, -0.7 при $g_e/g_1 > 0$ (b). $\vec{H}$ и θ выбраны также, как и на рис. 3.

Список литературы

- [1]. Бир Г.Л., Пикус Г.Е. Симметрия и деформационные эффекты в полупроводниках. М.: Наука. 1972. 584с.
- [2]. Дьяконов М.И. и Перель В.И. О циркулярной поляризации рекомбинационного излучения полупроводников в слабом магнитном поле // ФТТ. Т.14. Вып.5. С. 1452. (1972).
- [3]. Юлдашев Н.Х. Анизотропия зеемановского расщепления уровня акцептора и поляризация люминесценции кристаллов $A^{III}B^V$ в магнитном поле // ФТП. Т.12. Вып.6. С.1202 (1978).
- [4]. Аверкиев Н.С., Аснин В.М., Ломасов Ю.Н., Пикус Г.Е., Рогачев А.А., Рудь Н.А. // Поляризация излучения связанного экситона в GaAs в продольном магнитном поле // ФТТ. Т.23. Вып.10. С. 3117 (1981).
- [5]. Ивченко Е.Л. (2018) Магнитная циркулярная поляризация фотолюминесценции экситонов // ФТТ. Т.60. Вып.8. С.1503-1514.
- [6]. Джиоев Р.И., Захарченя Б.П., Флейшер В.Г. Исследование парамагнетизма полупроводников по поляризации люминесценции в слабом магнитном поле // Письма в ЖЭТФ. Т.17. Вып.5. С. 244. (1973).
- [7]. Аснин В.М., Бир Г.Л., Ломасов Ю.Н., Пикус Г.Е., Рогачев А.А. Циркулярная поляризация рекомбинационного излучения германия в магнитном поле // ФТТ. Т.18. Вып.7. С. 2011. (1976).
- [8]. Schmitt, W. O. G., Bangert, E., & Landwehr, G. (1991). Zeeman levels of shallow acceptors in cubic semiconductors. *Journal of Physics: Condensed Matter*, 3(35), 6789. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0953-8984/3/35/010>

- [9]. Bozkurt, M., Mahani, M. R., Studer, P., Tang, J. M., Schofield, S. R., Curson, N. J., ...&Koenraad, P. M. (2013). Magnetic anisotropy of single Mn acceptors in GaAs in an external magnetic field. *Physical Review B*, 88(20), 205203. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.88.205203>
- [10]. Parchinskiy, P., Gazizulina, A. S., Nasirov, A. A., & Yuldashev, S. U. (2023). Anisotropic Magnetoresistance of Gammas: Be. Available at SSRN 4548055. <https://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4548055>
- [11]. Reyes-Gómez, E., Perdomo-Leiva, C. A., Oliveira, L. E., & de Dios-Leyva, M. (2000). Magnetic-field effects on shallow impurities in semiconductor GaAs-(Ga, Al) As quantum wells and superlattices within a fractional-dimensional space approach. *Physica E: Low-dimensional Systems and Nanostructures*, 8(3), 239-247. [https://doi.org/10.1016/S1386-9477\(00\)00154-5](https://doi.org/10.1016/S1386-9477(00)00154-5)
- [12]. Петров П.В., Иванов Ю.Л., Романов К.С., Тонких А.А., Аверкиев Н.С. Циркулярно поляризованная фотолюминесценция, связанная с А(+)-центрами в квантовых ямах GaAs/AlGaAs. // ФТП, 2006, том 40, вып. 9, 1099-1102.
- [13]. Nefyodov Yu. A., Shchepetilnikov A. V., Kukushkin I. V., Dietsche W., and Schmult S.. g-factor anisotropy in a GaAs/Al_xGa_{1-x}As quantum well probed by electron spin resonance. *Phys. Rev. B* 83, 041307(R) – Published 31 January 2011. <https://doi.org/10.1103/PhysRevB.83.041307/>
- [14]. Semina M. A., Suris R. A. (2015). Holes localized in nanostructures in an external magnetic field: g-factor and mixing of states. *Semiconductors*, 49, 797-806. <https://www.researchgate.net/publication/278028149>
- [15]. Semina M. A., Golovatenko A. A., & Rodina A. V. (2023). Cubic anisotropy of hole Zeeman splitting in semiconductor nanocrystals. *Physical Review B*, 108(23), 235310. <https://journals.aps.org/prb/abstract/10.1103/PhysRevB.108.235310>
- [16]. Yulchiev, I. I. (2023). The analysis of the numerical calculation of shallow acceptor levels of A^{III}B^V crystals in a magnetic field. *ISJ Theoretical & Applied Science*, 06 (122), 309-315. <http://s-o-i.org/1.1/TAS-06-122-50>
- [17]. Арифжанов С. Б., Ивченко Е. Л. Многофотонное поглощение света в кристаллах со структурой алмаза и цинковой обманки // ФТТ. Т.17, Вып.1. С.81-82. (1975).

УДК 681.3

ДОСТАТОЧНОЕ УСЛОВИЕ НЕЛИНЕЙНОСТИ И БУЛЕВЫЕ ФУНКЦИИ ЛОГИЧЕСКИХ ТАБЛИЧНЫХ ПРЕОБРАЗОВАНИЙ

Д.Е. Акбаров¹, Ш.А.Умаров²

¹Какандский государственный педагогический институт,

²Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий

(Получена [8.01.2024 г.](#))

Мақолада битлар устида бажариладиган жадвалли ўрнига қўйиш криптографик бардошли акслантиришларнинг чизиқсиз бўлиши етарлилик шартларини топиш масаласи ечимлари таҳлил қилинади. Бунда жадвалли ўрнига қўйиш акслантиришларининг чинлик жадвали Жегалкин қўпҳадлари моделидан фойдаланилган.

Kalit so‘zlar: elektrotexnik sxemalar, mantiqiy jadvalli akslantirish, Jegalkin ko‘phadlari, jadvalli akslantirish, algebraik normal shakl, kriptobardoshli.

В статье рассмотрены исследования, и решения задач достаточного условия нелинейности преобразования табличной замены криптографических стойких преобразований с битами. При этом использованы модели многочленов Жегалкина таблицы истинности преобразований табличной замены.

Ключевые слова: электротехнической схемы, многочленов Жегалкина, логических табличных преобразований, алгебраические нормальные формы, криптостойких

The article discusses the research and solution of problems of a sufficient condition for the nonlinearity of the transformation of table replacement of cryptographic strong transformations with bits. In this case, models of Zhegalkin polynomials of the truth table of table replacement transformations were used.

Keywords: electrical circuit, logical table conversions, Zhegalkin polynomials, table conversions, algebraic normal forms, crypto-resistant

ВВЕДЕНИЕ

Разработка аппаратных средств криптографических преобразований и алгоритмов, является актуальной задачей приложения. В работах [1-5] исследованы вопросы рационального приложения битов, пары битов, и последующих разумного конечного числа объединения битов в криптостойких преобразованиях табличной замены. В работе [6]

исследованы и решены задачи разработки электрической схемы табличных криптостойких преобразований с битами и парами битов. Для получения алгебраические нормальные формы (АНФ) использованы модели многочленов Жегалкина таблицы истинности [7]. При этом, АНФ рассмотренных преобразований – равномерно распределённых таблиц замен, выражаются линейном виде. Далее, разработка электрических схем табличных преобразований осуществлена электронными элементами логических операций.

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧИ

В предлагаемой к вашему вниманию статье рассмотрены исследование, и решение задачи установление достаточного условия нелинейности преобразования табличной замены криптографических стойких преобразований с битами. При этом, использованы модели многочленов Жегалкина таблицы истинности преобразований табличной замены.

РЕШЕНИЕ ЗАДАЧИ

Известно, что табличные замены по битам осуществляются битами открытого текста и ключевого блока таблицей размера 2×2 :

Таблица 1.

y/x	x_0	x_1
y_0	z_{00}	z_{01}
y_1	z_{10}	z_{11}

где $x_j, y_i, z_{ij} \in \{0,1\}$, x_j – бит открытого текста, y_i – бит ключа шифрования, z_{ij} – бит шифрованного текста. Из всевозможных разных таблиц $2^4 = 16$ криптографические стойкие преобразования табличной замены битов [8]:

1) таблицы, у которых, три элемента из z_{ij} «1» или «0» и один элемент «0» или «1» соответственно, то есть, следующего вида:

Таблица 2.

y/x	0	1
0	0	1
1	1	1

y/x	0	1
0	1	0
1	0	0

могут использоваться как промежуточные преобразования для перемешивания и распространения битов между стойкими преобразованиями, а их общее количество $4+4=8$, ещё их называют *почти стойкими*;

2) таблицы:

Таблица 2.

y/x	0	1
0	0	1
1	1	0

y/x	0	1
0	1	0
1	0	1

вторая из них соответствует известную операцию $z_{ij} = (y_i + x_j) \bmod 2$, которую обозначают $\oplus$ – XOR. Отмечается, что эти два преобразования битов табличной замены, которые являются стойкими [9]. По результатам, полученные в работе [6] для таблицы замены с равномерно распределёнными битами или парами битов, АНФ многочлены Жегалкина являются линейными. Именно, факт равномерного распределения битов или пары битов, является достаточным условием линейности преобразования табличной замены. То есть справедливо следующее утверждение.

Утверждение 1. Если в преобразовании табличной замены биты или их объединения обладает свойством равномерного распределения, то АНФ многочлена Жегалкина выражается линейном виде.

Теперь, переходим к исследованию булевых функций неравномерно распределённой таблицы истинности.

Для этого, по таблице истинности, преобразования табличной замены битов, моделируются соответствующие многочлены Жегалкина и их приводятся к АНФ [10].

1. По таблице истинности неравномерного распределения элементов следующей табличной замены

Таблица 3.

x	y	z
0	0	0
0	1	1
1	0	1
1	1	1

со следующими обозначениями $x_1 = x$, $x_2 = y$, $f = z$, по строкам, где имеются значение $f = 1$, моделируется многочлен Жегалкина соответствующим образом [11]:

$$f = \overline{x_1}x_2 \oplus x_1\overline{x_2} \oplus x_1x_2 = (x_1 \oplus 1)x_2 \oplus x_1(x_2 \oplus 1) \oplus x_1x_2 = x_1x_2 \oplus x_2 \oplus x_1x_2 \oplus x_1 \oplus x_1x_2 = x_1x_2 \oplus x_1 \oplus x_2.$$

Отсюда, по виду первого слагаемого заключается, что это преобразование нелинейное.

Соответствующая таблица истинности, обратного преобразования неравномерно распределённой таблицы истинности замены битов, выглядит

Таблица 4.

z	y	x
0	0	0
1	1	0
1	0	1
1	1	1

Как и выше, для удобства обозначив, что $f_1 = z$, $f_2 = y$, по строкам, где имеются значение $x = 1$, моделируется многочлен Жегалкина соответствующим образом:

$$x = f_1\overline{f_2} \oplus f_1f_2 = f_1(f_2 \oplus 1) \oplus f_1f_2 = f_1f_2 \oplus f_1 \oplus f_1f_2 = f_1 \oplus f_2,$$

это преобразование линейное. Таким образом, преобразование шифрования нелинейное, дешифрования линейное [12].

Электрон схема шифратора и дешифратора выглядит в следующем виде:

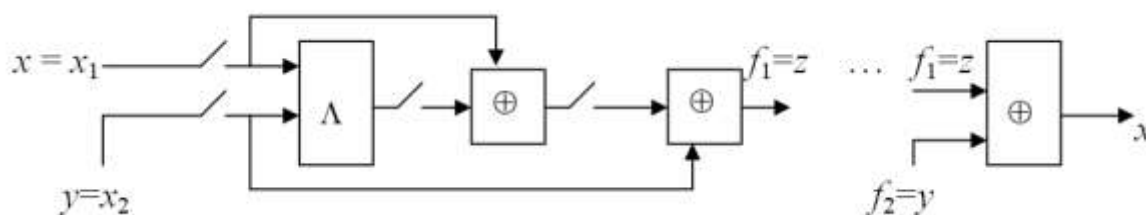


Рис 1. Электрон схема шифратора и дешифратора логической операции дизъюнкция.

2. Теперь, рассматривается, еще одно преобразование табличной замены, битов со следующей таблицей истинности:

Таблица 5.

x	y	z
0	0	1
0	1	0
1	0	0
1	1	0

Со следующими обозначениями $x_1 = x$, $x_2 = y$, $f = z$, по строкам, где имеются значение $f = 1$, моделируется многочлен Жегалкина соответствующим образом:

$$f = \overline{x_2} \overline{x_2} = (x_1 \oplus 1)(x_2 \oplus 1) = x_1 x_2 \oplus x_1 \oplus x_2 \oplus 1.$$

Соответствующая таблица истинности, обратного преобразования этой табличной замены битов, выглядит

Таблица 6.

z	y	x
1	0	0
0	1	0
0	0	1
0	1	1

Как и выше, для удобства обозначив, что $f_1 = z$, $f_2 = y$, по строкам, где имеются значение $x = 1$, моделируется многочлен Жегалкина соответствующим образом:

$$x = \overline{f_1} \overline{f_2} \oplus \overline{f_1} f_2 = (f_1 \oplus 1)(f_2 \oplus 1) \oplus (f_1 \oplus 1)f_2 = f_1 f_2 \oplus f_1 \oplus f_2 \oplus 1 \oplus f_1 f_2 \oplus f_2 = f_1 \oplus 1.$$

Теперь, можем разработать электрическую схему шифратора и дешифратора табличной замены битов по неравномерному распределению элементов заданной таблицы, она в целом выглядит [13]:

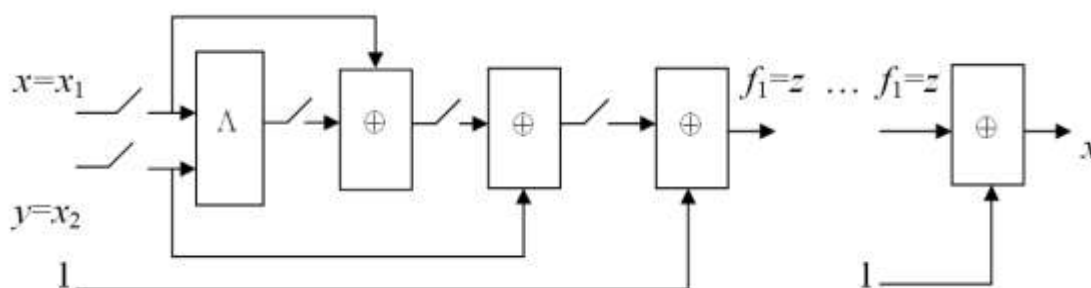


Рис 2. Электрон схема шифратора и дешифратора логической операции конъюнкция.

Отметим, что в выше приведенных случаях преобразования шифрования нелинейные, а дешифрования линейные.

Таким образом, справедливо следующее утверждение.

Утверждение 2. Если в преобразовании табличной замены биты или их объединения обладает свойством неравномерного распределения, то АНФ многочлена Жегалкина выражается нелинейном виде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Заданный метод разработки электрической схемы алгоритма шифрования табличной замены, с заданной таблицей истинности, применим, для более большого количества объединения битов. При этом размер таблицы истинности входов и выходов могут быть разными.

Отмечается, с расширением количества объединяемых битов, соответственно увеличиться размер таблицы истинности и стойкость алгоритма шифрования по табличной замене *равномерным распределением*. В случае *неравномерного распределения* увеличится степень нелинейности многочлена Жегалкина вида АНФ.

Пользователь сам выбирает применяемое преобразование исходя из поставленной цели и задачи.

Список литературы

- [1]. Акбаров Д.Е. Ахборот хавфсизлигини таъминлашнинг криптографик усуллари ва уларнинг қўлланиши. –Ташкент, “Ўзбекистон маркаси” нашриёти, 2009. –432 бет.
- [2]. Акинин А. А., Подвальный С. Л. Программный модуль преобразования дизъюнктивных нормальных форм булевых функций в полином Жегалкина //Вестник Воронежского государственного технического университета. – 2011. – Т. 7. – №. 4. – С. 183-186.
- [3]. Akbarov D. E., Umarov S. A. Mathematical characteristics of application of logical operations and table substitution in cryptographic transformations //Scientific-technical journal. – 2021. – Т. 4. – №. 2. – С. 6-14.

- [4]. Alsaif H. et al. A Novel Strong S-Box Design Using Quantum Crossover and Chaotic Boolean Functions for Symmetric Cryptosystems //Symmetry. – 2023. – Т. 15. – №. 4. – С. 833.
- [5]. Акбаров Д. Е. и др. Исследования Общих Математических Характеристик Моделей Булевых Функций Логических Операций И Табличной Замены В Криптографических Преобразованиях //Central asian journal of mathematical theory and computer sciences. – 2021. – Т. 2. – №. 11. – С. 51-59.
- [6]. Акбаров Д.Е, Умаров Ш.А. Электротехнические схемы криптографических табличных преобразований. //Ферганский политехнический институт. Научно-технический журнал. Том 27, №5. 2023. 9–17 стр.
- [7]. Бубликов А. Б., Ерош И. Л., Сергеев М. Б. Особенности использования булевых функций для организации криптографических преобразований потоковой информации //Информационно-управляющие системы. – 2003. – №. 6. – С. 54-57.
- [8]. Akbarov D. et al. Research of general mathematical characteristics of logical operations and table replacements in cryptographic transformations //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2022. – Т. 2432. – №. 1.
- [9]. Умаров Ш.А. Разработка криптостойких логических и табличных отображений для алгоритмов шифрования. //Диссертация на соискание доктора философии по математике (Ph.d). Шифр–05.01.05. – Ташкент. Нац. Университет. Докторский Ученый совет DSc 03/30. 12.2019 FM 01.02 – Защита состоялась 13.06. 2023.
- [10]. Сизоненко А. Б. Модели и алгоритмы синтеза логико-вычислительных подсистем защиты информации систем критического применения : дис. – Воронеж. ин-т МВД России, 2016.
- [11]. Yan L. et al. Iga: An improved genetic algorithm to construct weightwise (almost) perfectly balanced boolean functions with high weightwise nonlinearity //Proceedings of the 2023 ACM Asia Conference on Computer and Communications Security. – 2023. – С. 638-648.
- [12]. Шельпяков А. Автоматизированное управление технологическими системами и процессами. – Litres, 2022.
- [13]. Новожилов О. Электроника и схемотехника в 2 ч. Часть 2. Учебник для вузов. – Litres, 2022.

УДК.621.362

ПОЛУЧЕНИЕ ВЫСОКОСИЛИЦИДНЫХ МАРГАНЦЕВЫХ ПОКРЫТИЙ ИОННО-ПЛАЗМЕННЫМ МЕТОДОМ И ИССЛЕДОВАНИЕ ИХ ТЕРМОЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СВОЙСТВ

А.И. Камардин^{*1}, Б.Д. Игамов¹, И.Р. Бекпулатов²

¹Научно-технический центр с конструкторским бюро и опытным производством АН РУз, ул. Дурмон Ёули, 33, Ташкент, Республика Узбекистан, E-mail: igamov_bd@mail.ru

² Каршинский государственный университет, Узбекистан, bekpulatov85@rambler.ru
(Получена 8.01.2024 г.)

Исследование параметров покрытия Mn_4Si_7 толщиной 324 нм сформированного на поверхности структуры SiO_2-Si методом магнетронного распыления, показали, что термоэлектрические свойства и структура покрытия существенно изменяются после обработки при 400-600°C в вакууме. В этом случае, по данным микроскопии, снижается пористость и меняется структура покрытия. Установлено, что термо ЭДС тонкого покрытия Mn_4Si_7 после отжига увеличивается от ~1мкВ/К до ~23мВ/К. Словое сопротивление покрытия R_s уменьшилось от 800 Ом/квдрат до 7 Ом/вадрат, удельное сопротивление изменилось от $2,5 \cdot 10^{-5}$ Ом·см до $3,6 \cdot 10^{-6}$ Ом·см. Установлено, что тонкое покрытие силицида Mn_4Si_7 соответствует светочувствительности и светоотражению, ширина полосы пропускания $E_g=0,66 - 0,74$ эВ.

Ключевые слова: постоянная Холла, тонкое покрытие, силицид марганца, электропроводность, наноструктура, удельное сопротивление, ширина запрещенной зоны.

Аннотация. SiO_2-Si strukturasi yuzasida magnetronli chayqalish natijasida hosil bo'lgan qalinligi 324 nm bo'lgan Mn_4Si_7 qoplamasining parametrlarini o'rganish shuni ko'rsatdiki, vakuumda 400-600°C da ishlov berilgandan so'ng qoplamaning termoelektrik xossalari va strukturasi sezilarli darajada o'zgaradi. Bunday holda, mikroskopga ko'ra, porozlik kamayadi va qoplamaning tuzilishi o'zgaradi. Aniqlanishicha, yupqa Mn_4Si_7 qoplamasining termal emfsi tavlanihdan keyin ~1 mV/K dan ~23 mV/K gacha oshadi. Qoplamaning qatlam qarshiligi R_s 800 Ohm / kvadratdan 7 Ohm / kvadratgacha kamaydi, qarshilik $2,5 \cdot 10^{-5}$ Ohm·sm dan $3,6 \cdot 10^{-6}$ Ohm·sm gacha o'zgardi. Mn_4Si_7 silisidning yupqa qoplamasi fotosensitivlik va yorug'likni aks ettirishga mos kelishi aniqlandi, uzatish o'tkazish qobiliyati $E_g = 0,66 - 0,74$ eV.

Таянч so'zlar: Hall konstantasi, yupqa qoplama, marganets silisidi, elektr o'tkazuvchanligi, nanostruktura, qarshilik, tarmoqli bo'shlig'i.

A study of the parameters of a Mn₄Si₇ coating with a thickness of 324 nm formed on the surface of a SiO₂-Si structure by magnetron sputtering showed that the thermoelectric properties and structure of the coating change significantly after treatment at 400-6000C in a vacuum. In this case, according to microscopy, porosity decreases and the structure of the coating changes. It has been established that the thermal emf of a thin Mn₄Si₇ coating after annealing increases from ~1 μV/K to ~23 mV/K. The layer resistance of the coating R_s decreased from 800 Ohm/square to 7 Ohm/square, the resistivity changed from 2.5•10⁻⁵ Ohm•cm to 3.6•10⁻⁶ Ohm•cm. It has been established that a thin coating of Mn₄Si₇ silicide corresponds to photosensitivity and light reflection, the transmission bandwidth E_g = 0.66 - 0.74 eV.

Keywords: Hall constant, thin coating, manganese silicide, electrical conductivity, nanostructure, resistivity, band gap.

Введение

Перед современным обществом стоит актуальная задача экономии энергоресурсов, в связи с чем внимание исследователей все больше приковано к материалам с термоэлектрическими свойствами. Структуры Bi-Te, Pb-Te, Ge-Te сегодня широко используются в термоэлектрических батареях и термоэлектрических преобразователях промышленного уровня. В настоящее время авторы [1-4] продемонстрировали возможность создания различных нанопленочных гетероструктур из термоэлектрических (ТЭ) материалов на поверхности кремния. Силициды переходных металлов являются перспективными материалами для создания тонкослойных гетероструктур. Изучаются структуры CrSi₂, Mn₄Si₇, BaSi₂, CoSi с высокими термическими коэффициентами и электрическими свойствами. Среди них высокомарганцевый силицид Mn₄Si₇ выделяется химической стабильностью даже при высоких температурах, а также термоэлектрическими и оптоэлектрическими свойствами. Он используется в магнитных датчиках и интегральных схемах. Тонкие пленки Mn₄Si₇ обладают термостабильными полупроводниковыми свойствами на воздухе до 1000 K [5-7]. Поэтому созданием нанопленок Mn₄Si₇ и изучением их термоэлектрических, электрофизических, оптических и магнитных свойств в настоящее время занимаются многие научно-исследовательские центры [8-13]. Наиболее перспективным методом получения тонких покрытий промышленного назначения является метод магнетронного распыления. Поиск новых эффективных материалов для термоэлектрических преобразователей энергии во многом зависит от получения точной и достоверной информации о свойствах этих материалов. Важнейшие свойства ТЭ материалов зависят от теплопроводности и электропроводности. Распределение распыляемого магнетроном материала происходит по закону косинусов. (формула-1)

$$T(r, t) = \iint_{\alpha R} \frac{\cos^n(\varphi(R, r, \alpha, t)) \cdot \cos(\theta(R, r, \alpha, t)) \cdot \sqrt{1 + (f'_R(R, t))^2} \cdot g(R, t) \cdot R}{C(R, r, \alpha, t)^2} dR d\alpha \quad (1)$$

Здесь r — расстояние до неоднородной точки, t — время, R — радиус поля эрозии (изменяется от R_{min} до R_{max}), α — угол интегрирования цилиндрических координат (изменяется от 0 до 2π), n — коэффициент запыления мишенного магнетрона. φ — угол движения частицы относительно нормали к поверхности эрозионного поля, θ — угол движения частицы относительно нормали к базовой поверхности, f(R) — функция топографии области эрозии, g(R) — функция скорости опыления, а C — расстояние между точкой опыления и зоной осаждения. [14]

Добротность различных термоэлектрических преобразователей характеризуется безразмерной величиной ZT или определяется как коэффициент мощности. Кроме того, чем выше теплопроводность пленки, тем ниже значение ее термоэлектрического индекса. Таким образом, для описания термоэлектрической эффективности материалов необходимо определить термоэлектрический индекс службы (формула 2) и коэффициент мощности (формула 3).

$$ZT = \alpha^2 \sigma T / k = \alpha^2 T / \rho k \quad (2)$$

$$\rho = \alpha^2 \sigma \quad (3)$$

Здесь α — коэффициент Зеебека, k — коэффициент теплопроводности, σ — коэффициент электропроводности, T — температура, ZT — термоэлектрический индекс структуры [15-17]. В данной работе мы выращиваем тонкую пленку Mn_4Si_7 на подложке $SiO_2/Si(111)$ методом магнетронного распыления и изучаем изменение электрофизических свойств при отжиге тонкой пленки Mn_4Si_7 при различных температурах.

Экспериментальная техника

В данной работе с помощью установки электроискровой плазменной сварки был изготовлен образец силицида Mn_4Si_7 шириной 76 см, содержащий 52,89% Mn и 47,1% Si. Для магнетронного распыления подготовленного образца силицида использовалась автоматизированная вакуумная установка (Epos-DVD-Desk-Pro). Давление внутри вакуумной камеры магнетронного напыления $(2-3) \cdot 10^{-3}$ Торр. был введен чистый аргон (Ar). Для получения тонких силицидных покрытий в вакуумной камере имеются 3 конструкции крепления основания, которые расположены под углом 120° друг к другу, при этом возможна плавка основания при температуре $400^\circ C$ одновременно. При магнетронном распылении энергия ионов Ar^+ изменялась до $(0,3-0,5 \text{ кэВ})$.

Определена оптимальная энергия $(0,5 \text{ кэВ})$, подводимая к ионам Ar^+ при магнетронном распылении. Скорость распыления Mn_4Si_7 на поверхность основы $SiO_2/Si(111)$ ($\sim 6 \text{ \AA}/c$) контролировалась с помощью специального кварцевого датчика. Полученные тонкие покрытия $Mn_4Si_7/SiO_2/Si(111)$ подвергались отжигу при температурах $(400^\circ C-600^\circ C)$ в вакуумной установке УВН-75Р. Изменения поверхности отожженного и неотожженного тонкого покрытия Mn_4Si_7 наблюдались под микроскопом (Quanta 200 3D FEI). Электрофизические свойства покрытия определяли с помощью прибора (HMS-5000) и коэффициента светоотражения (HR-4000). Электрическое сопротивление и электропроводность полученных покрытий определяли на приборе (SBA 458 NETZCH).

Результаты и их обсуждение

Исследования данных образцов проводилось с использованием Установки (XRD-6100) SHIMADZU X-ray diffractometer, (Напряжение: 40.0 (kV), сила тока- 30.0 mA, дивергентная щель: 1.00000 (deg), щель рассеяния: 1.00000 (deg), приемная щель: 0.30000(mm), приводная ось: Theta-2Theta, диапазон сканирования: 10.0000 - 80.0000 (deg), скорость сканирования: 2.0000 (deg/min) , шаг выборки: 0.0200 (deg)) заданное время: 0.60 (sec) Рентгеноструктурный анализ показал параметры рентгеновской дифракции в порошке или поликристаллических образцах Mn_4Si_7 . Методом магнетронного напыления покрытие Mn_4Si_7 на базовой поверхности $SiO_2/Si(111)$, толщина Mn_4Si_7 - 323,8 нм, SiO_2 - 145,7 нм, толщина покрытия определялась под микроскопом (Quanta 200 3D FEI). Состав сформированного тонкого покрытия Mn_4Si_7 определен методом энергодисперсионного рентгеноспектрального анализа. Морфологию тонкого покрытия Mn_4Si_7 перед отжигом исследовали под микроскопом (Quanta 200 3D FEI) и обнаружили дефекты размером до $(30-80 \text{ нм})$ (рис. 1).

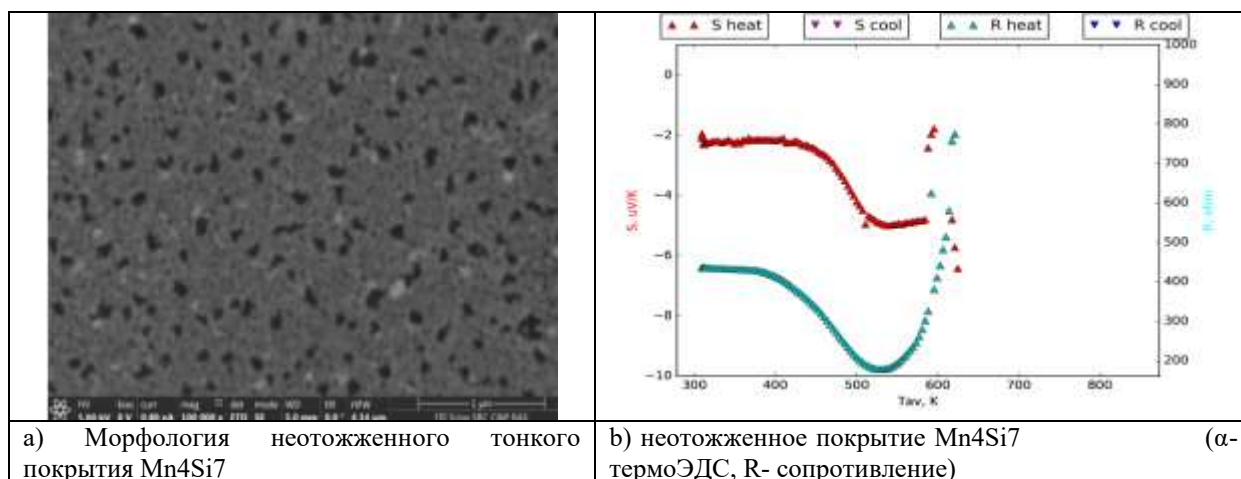


Рис. 1- Изображение тонкого покрытия Mn_4Si_7 (Quanta 200 3D FEI).

При измерении (а)термоэдс и (R) сопротивления тонкого покрытия Mn_4Si_7 в интервале температур 300–800K перед отжигом термоэдс - 2мкВ/К и (R) сопротивление покрытия были 800 Ом из-за очень слабой связи наноразмерных частиц Mn_4Si_7 . (Рис. 5б) Затем тонкую пленку Mn_4Si_7 отжигают в течение часа в условиях высокого вакуума на универсальной вакуумной установке УВН-75Р при температуре 400°C. Под микроскопом (Quanta 200 3D FEI) было замечено, что размер дефектов на поверхности тонкого покрытия Mn_4Si_7 уменьшился до (1–10 нм) (рис. 2а).

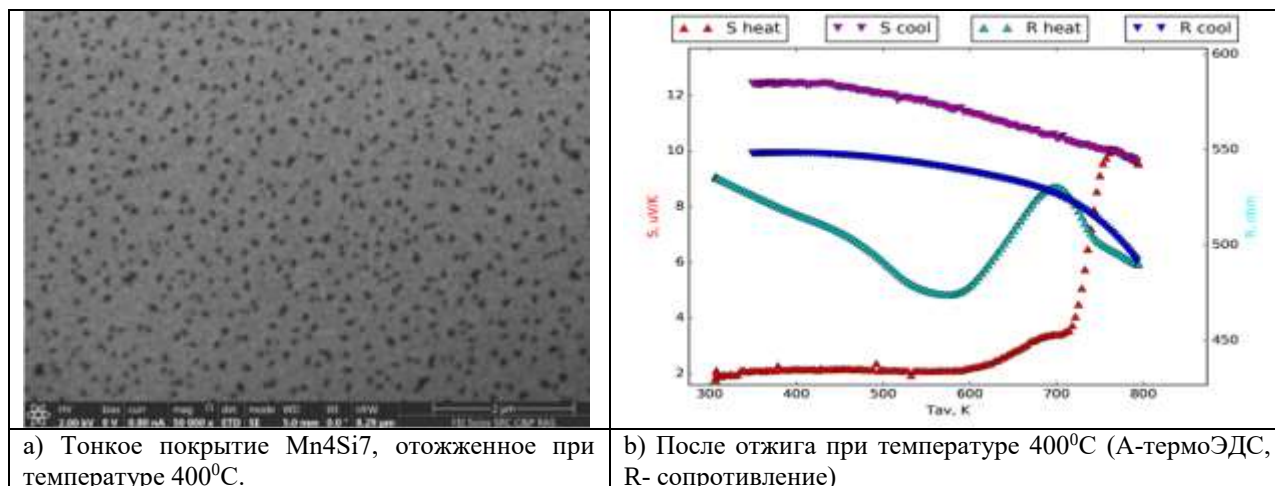


Рис. 2- Изображение тонкого покрытия Mn_4Si_7 , нагретого при 400°C

За счет уменьшения размеров дефектов на поверхности покрытия Mn_4Si_7 установлено, что термоэдс и (R)-сопротивление покрытия увеличилось на 12 мкВ/К, а сопротивление (R) снизилось до 480 Ом. (Рис. 2б) На снимке, сделанном под микроскопом (Quanta 200 3D FEI), видно, что при дополнительном отжиге покрытия Mn_4Si_7 при температуре 600°C дефекты на поверхности тонкого покрытия исчезли и появилось покрытие хорошего качества (рис. 3а).

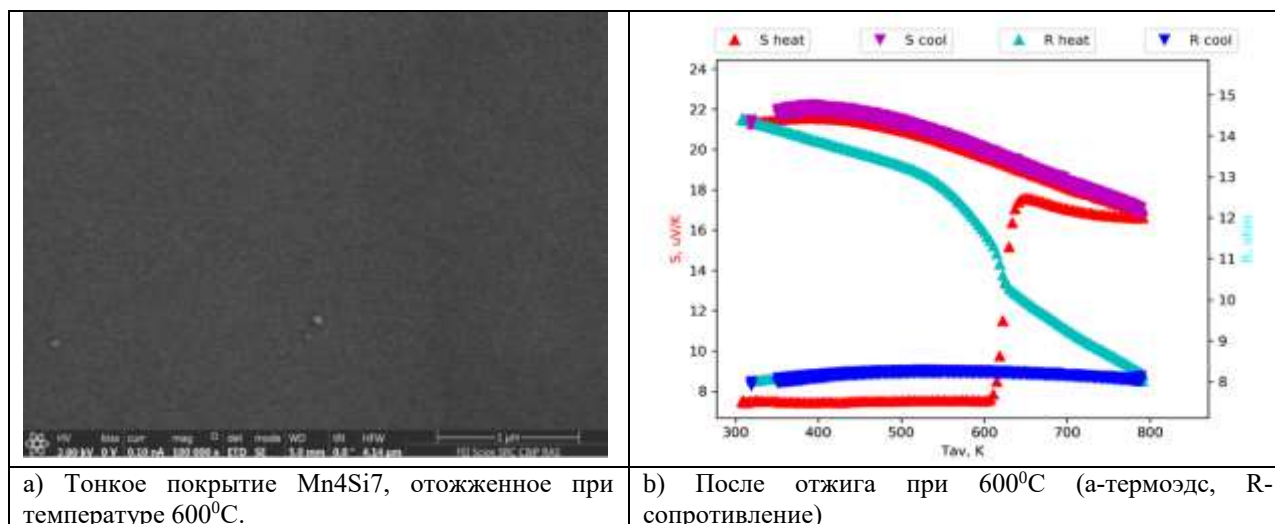


Рис. 3- Изображение Mn_4Si_7 , отожженного при 600°C

Доказательством плотной кристаллизации после формирования тонкого покрытия Mn_4Si_7 в виде единой силицидной пленки является изменение термоэдс покрытия - 22 мкВ/К, (R)-сопротивление снижается на 8 Ом. (Рис. 3б) В результате исследований было замечено, что изменение термоэдс тонкого покрытия Mn_4Si_7 зависит от носителей заряда на границах нанокластеров в аморфном и кристаллическом состоянии. При сравнении изображений, полученных под микроскопом (СЭМ) и изображений, полученных под

микроскопом (АСМ), полученные данные согласуются друг с другом, что свидетельствует о формировании качественного тонкого покрытия Mn_4Si_7 .

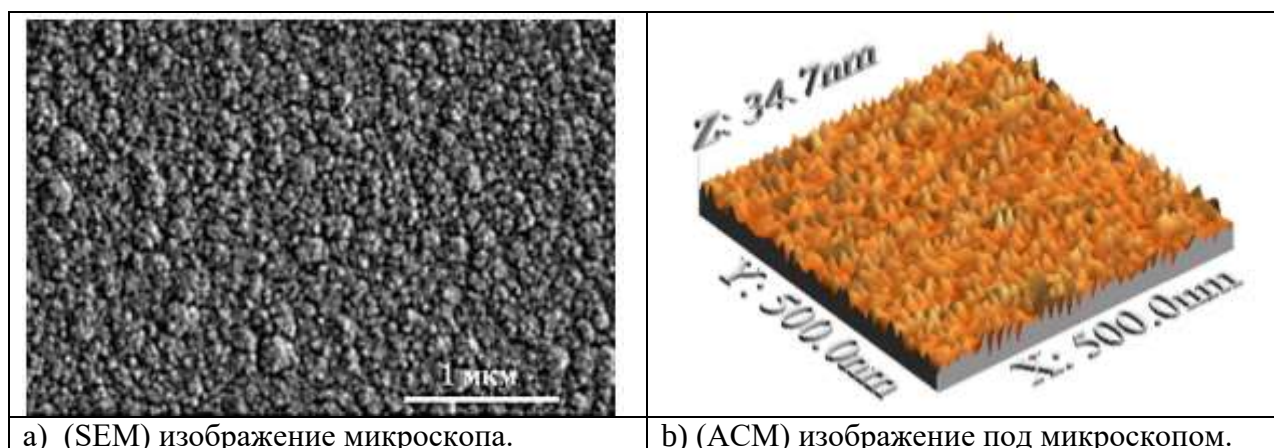


Рис. 4 -Морфология изображения Mn_4Si_7 (СЭМ) и (АСМ).

Удельное сопротивление сформированного тонкого покрытия Mn_4Si_7 перед отжигом изменяется от $\rho \sim 2 \cdot 10^{-5}$ Ом·см до $5,5 \cdot 10^{-5}$ Ом·см. После отжига при температуре 600°C произошло изменение $\rho \sim 8$ тонкого покрытия Mn_4Si_7 до $3,4 \cdot 10^{-6}$ Ом·см. Как видно из результатов исследований, установлено, что покрытие изменяется в зависимости от температуры нагрева. Тот факт, что тонкое покрытие Mn_4Si_7 подвергается отжигу с образованием поликристаллической структуры, подтверждает его полупроводниковую природу. Силицид, полученный из нашего марганцевого покрытия, может быть в перспективе использован в фоточувствительных и термоэлектрических устройствах.

Электрические свойства высококачественного тонкого покрытия Mn_4Si_7 исследовались на приборе HMS-5000. электрофизические параметры образцов сравнивались с данными, представленными в литературе (таблица 1).

Таблица 1.

Термоэлектрические параметры покрытия Mn_4Si_7

Источник	Толщина, нм	ρ , Ом·см. при $T = 300 \text{ K}$	Коэффициент Холла R_H , $\text{см}^3 \cdot \text{Кл}^{-1}$	Концентрация носителей n_p , см^{-3}	Подвижность, u_p $\text{см}^2/\text{В} \cdot \text{с}$	Проводимость σ , $\text{Ом}^{-1} \cdot \text{м}^{-1}$	α , мкВ/К $T = 300 \text{ K}$
В данной работе	325	$7.82 \cdot 10^{-4}$	$1.88 \cdot 10^{-9}$	$4.85 \cdot 10^{21}$	1.64	$1.27 \cdot 10^3$	22
В литературе	65-100 [9]	$3.3 \cdot 10^{-5}$ [9]	$3 \cdot 10^{-9}$ [5]	$2.7 \cdot 10^{21}$ [22]		$8 \cdot 10^2$ [23]	

Тонкие покрытия из силицида марганца, которые мы производим, также соответствуют данным, полученным нашими специалистами. Чувствительность тонких покрытий к свету (HR-4000) изучалась на основе закона отражения. В результате исследований тонкое покрытие Mn_4Si_7 изменяется в зависимости от угла падения света. Показано, что тонкое покрытие силицида марганца имеет разный коэффициент отражения для разных длин волн света (рис. 5а). В результате исследований коэффициент светоотражения тонкого покрытия Mn_4Si_7 Оказалось, что это $\lambda = 270 \text{ нм}$, 57%, $\lambda = 329.59 \text{ нм}$, 78% , $\lambda = 362.42 \text{ нм}$, 55%, $\lambda = 463.86 \text{ нм}$, 48%, $\lambda = 787.94 \text{ нм}$, 60%

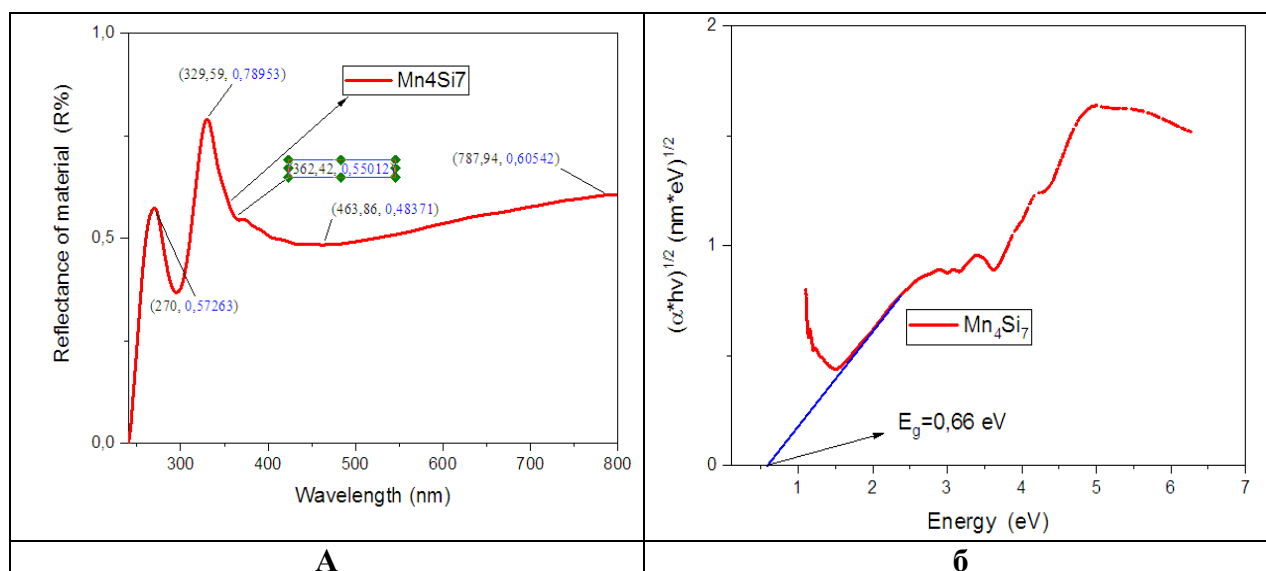


Рис. 5 а) Светоотражение тонкого покрытия Mn_4Si_7 б) Зависимость энергии поглощенного фотона от энергии падающего фотона.

(Рис.5б) Путем расчета ширины запрещенной зоны пленки Mn_4Si_7 по функции «Кубелки-Мунка» с использованием данных коэффициента отражения света было определено, что ширина запрещенной зоны тонкого покрытия равна $E_g=0,66$ эВ (рис.11). Здесь α — коэффициент поглощения, $h\nu$ — энергия фотона [18, 19].

Заключение

Исследование параметров покрытия Mn_4Si_7 толщиной 324 нм сформированного на поверхности структуры $\text{SiO}_2\text{-Si}$ методом магнетронного распыления, показали, что термоэлектрические свойства и структура покрытия существенно изменяются после обработки при 400-600°C в вакууме. В этом случае, по данным микроскопии, снижается пористость и меняется структура покрытия. Установлено, что термо ЭДС тонкого покрытия Mn_4Si_7 после отжига увеличивается от ~1мкВ/К до ~23мВ/К. Слоеое сопротивление покрытия R_s уменьшилось от 800 Ом/квдрат до 7 Ом/вадрат, удельное сопротивление изменилось от $2,5 \cdot 10^{-5}$ Ом·см до $3,6 \cdot 10^{-6}$ Ом·см. Установлено, что тонкое покрытие силицида Mn_4Si_7 соответствует светочувствительности и светоотражению, ширина полосы пропускания $E_g=0,66 - 0,74$ эВ.

Список литературы

- [1]. Umirzakov B.E., Tashmukhamedova D.A., Kurbanov K.K. Estimation of changes in parameters of a crystal lattice and energy bands upon variation in the size of nanocrystals and nanofilms of silicides prepared by ion implantation. // Journal of Surface Investigation, 2011, 5(4), p. 693-696.
- [2]. Donaev S.B., Tashatov A.K., Umirzakov B.E. Effect of Ar^+ -ion bombardment on the composition and structure of the surface of $\text{CoSi}_2/\text{Si}(111)$ nanofilms.// Journal of Surface Investigation, 2015, 9(2), p.406–409.
- [3]. Donaev S.B., Umirzakov B.E., Tashmukhamedova D.A. Electronic structure of $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{As}$ nanostructures grown on the GaAs surface by ion implantation.// Technical Physics, 2015, 60(10), p. 1563-1566.
- [4]. Umirzakov B.E., Tashmukhamedova D.A., Muradkabilov D.M., Boltaev Kh.Kh. Electron spectroscopy of the nanostructures created in Si, GaAs, and CaF_2 surface layers using low-energy ion implantation. // Technical Physics, 2013, Vol 58, p.841–844.
- [5]. Kawasumi K., Sakata I., Nishida M., Masumoto I. // J. Mater. Sci. 16, 355 (1981).
- [6]. Gottlieb U., Sulpice A., Lambert-Andron B., Laborde O. // J. Alloys Compd. 361, 13 (2003)
- [7]. Kamilov T.S., Rysbaev A.S., Klechkovskaya V.V., Orekhov A.S., Igamov B.D., Bekpulatov I.R. The Influence of Structural Defects in Silicon on the Formation of Photosensitive $\text{Mn}_4\text{Si}_7\text{-Si(Mn)-Mn}_4\text{Si}_7$ and $\text{Mn}_4\text{Si}_7\text{-Si(Mn)-M}$ Heterostructures. // Applied Solar Energy, 2019, Vol. 55, № 6, pp. 380-384.
- [8]. Абдурахманов К.П., Витман Р.Ф., Гусева Н.Б., Куликов Г.С., Мелих Б.Т., Чичикалюк Ю.А., Юсупова Ш.А. Влияние марганца и никеля на образование структурных дефектов в кремнии //ФТП. – 1996. - № 3. -с. 392-394.

- [9]. Caprara S., Kulatov E., Tugushev V.V. Half-metallic spin polarized electron states in the chimney-ladder higher manganese silicides MnSi_{1-x} ($x = 1.75-1.73$) with silicon vacancies // Eur. Phys. J. B (2012) 85: 149.p. 1-12.
- [10]. Mogilatenko A., Falke M., Hortenbach H. et al. Surfactant effect of Sb on the growth of $\text{MnSi}_{1.7}$ layers on Si(001) // Appl Surf Sci. (2006), 253: p. 561–565.
- [11]. Zhang F.M., Liu X.C., Gao J. et al Investigation on the magnetic and electrical properties of crystalline $\text{Mn}_{0.05}\text{Si}_{0.95}$ films // Appl. Phys. Lett. (2004), 85, p. 786-788.
- [12]. Zeng L., Helgren E., Rahimi M., Hellman F., Islam R., Wilkens B.J., Culbertson R.J., Smith D.J. Quenched magnetic moment in Mn-doped amorphous Si films // Phys. Rev. (2008), B 77, 073306, p. 1-4.
- [13]. Uono H., Nakamori K., Takahashi Y., Ujiie Y., Ohsugi I.J., Iida T. J. Solution Growth and Thermoelectric Properties of Single-Phase $\text{MnSi}_{1.75-x}$ // Electronic Mater. 2011. 40, p. 1165-1170.
- [14]. D.D.Vasilev and K M Moiseev “ Influence of the planar cylindrical target erosion zone of magnetron sputtering on the uniformity of a thin-film coating” Journal of Physics: Conference Series 584 (2015) 012012.)
- [15]. T. Dasgupta, Jean Etourneau, Bernard Chevalier, Samir F. Matar, A. M. Umarji. Makram Abd El Qader, Rama Venkat, Ravhi Kumar, Thomas Hartmann, Paolo Ginobbi, Nathan Newman, Rakesh Singh. Structural, electrical, and thermoelectric properties of CrSi_2 thin films. // Thin Solid Films 545 (2013) 100–105
- [16]. I.R. Bekpulatov, D.S. Shomukhammedova, D.M. Shukurova, B.V. Ibragimova. Obtaining higher manganese silicide films with high thermoelectric properties. // E3S Web of Conferences, 2023, 365, № 05015, DOI: 10.1051/e3sconf/202336505015.
- [17]. Bekpulatov I.R., Imanova G.T., Kamilov T.S., Igamov B.D., Turapov I.Kh. Formation of n - type CoSi monosilicide film which can be used in instrumentation.// International Journal of Modern Physics B, 2022, № 2350164. Doi: 10.1142/S0217979223501643
- [18]. Choudhury B., Borah B., Choudhury A. Ce-Nd codoping effect on the structural and optical properties of TiO_2 nanoparticles. // Materials Science and Engineering B, 2013, Vol. 178, № 4, p. 239-247.
- [19]. Çağlar Y.Y., Ilican S., Çağlar M. Single-oscillator model and determination of optical constants of spray pyrolyzed amorphous SnO_2 thin films. // The European Physical Journal B, 2007. Vol. 58, № 3. p. 251-256. Doi:10.1140/epjb/e2007-00227-y.

СТРУКТУРНЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ И РОСТ НАНОКРИСТАЛЛИЧЕСКИХ ПЛЕНОК НА ПОВЕРХНОСТИ МЕТАЛЛОВ

А.М. Расулов, Н.И. Иброхимов, Ж.М. Ходжиматов

Ферганский филиал Ташкентского университета информационных технологий имени Мухаммада аль-Хорезми, г. Фергана, ул. Мустакиллик-185
(Получена 24.01.2024 г.)

Аннотация. Выполнено молекулярно-динамическое моделирование эволюции нанокристаллических металлов, состоящих из 64000 атомов, при бомбардировке кластерами Ag_nCo_n с начальной энергией от $E=0,1$ до $E=1,5$ эв. В качестве мишени использовались бинарные кластеры Ag_nCo_n состоящие из равных по количеству атомов долей соответствующих элементов.

В результате моделирования получены характеристики наноструктур в зависимости от энергии, размера и состава осаждаемых кластеров.

Ключевые слова: биметаллический кластер, наноструктура, метод молекулярной динамики, многопроцессорных вычислительных систем.

Аннотация. Молекуляр-динамика усулини қўллаш ёрдамида металл сиртига бошланғич энергияси $E=0,1$ дан $E=1,5$ эв гача бўлган Ag_nCo_n кластерларини ёғдириши билан 64000 атомдан ташкил топган нанокристалл структураси ҳосил қилиши жараёни ўрганилган. Моделлаштиришида тағлик сифатида турли таркибли ва бир хил миқдордаги атомлардан ташкил топган Ag_nCo_n қўлланилган.

Моделлаштириши натижасида металл сиртида наноструктура ҳосил бўлиши кластер энергиясига, ўлчамига ва таркибига боғлиқлиги ўрганилди.

Таянч сўзлар: биметал кластер, наноструктура, молекуляр динамика усули, кўп процесорли ҳисоблаш тизими.

Abstract. Molecular dynamics modeling of the evolution of nanocrystalline metals consisting of 64000 atoms when bombarded with Ag_nCo_n clusters with initial energies from $E=0.1$ to $E=1.5$ eV was performed. Binary Ag_nCo_n clusters consisting of shares of the corresponding elements equal in number of atoms were used as a target. As a result of the simulation, the characteristics of nanostructures were obtained depending on the energy, size and composition of the deposited clusters.

Keywords: *bimetallic clusters, nanostructure, molecular dynamics modeling, multiprocessor computing system.*

1. Введение

В последние десятилетия замечен существенный рост интереса к методам получения и изучению свойств наночастиц, который обусловлен наличием особых физических, химических и других свойств, проявляемых у частиц в нанометровом диапазоне. Металлические кластеры являются перспективным источником для создания новых материалов с особыми свойствами, которые применимы в электронных устройствах, медицине и многих других областях.

Изучение нанокластеров экспериментальными методами наталкивается на ряд определенных трудностей, которые в первую очередь связаны с малым размером частиц. Используемый метод компьютерного моделирования в изучении нанокластеров позволяет исследовать проблемы, которые иным способом трудно решаемы: определение равновесных структур и конфигураций, исследование структурных превращений, механизмов образования и роста кластеров, изучение термодинамических свойств и кинетики происходящих процессов в наночастицах.

Исследования, в данной работе проводились методом молекулярной динамики параметров зарождения и роста нанокластеров для дальнейшего их использования при моделировании процессов газофазной конденсации методами динамики сплошной среды. Одна из серьезных проблем при достижении данной цели заключается в невозможности получить микроскопические (атомные) параметры непосредственно для условий в рабочей камере, т.к. для реальных плотностей металлического пара процессы зарождения кластеров проходят за время порядка десятков - сотен микросекунд, что превосходит вычислительные возможности метода молекулярной динамики (МД) даже при использовании мощных многопроцессорных вычислительных кластеров.

В связи с этим нами решались две задачи: первая - изучение динамики формирования и роста кластеров, их структуры и свойств для приемлемых, с точки зрения МД моделирования, плотностей, при которых возможно получение статистически достоверных результатов; вторая - описание закономерностей процессов зарождения и роста кластеров в зависимости от температуры и плотности мономеров для построения реалистичного прогноза в области низких плотностей металлического пара.

Рассматриваемые здесь нанокластеры содержат от нескольких атомов для самых маленьких до нескольких сотен для самых крупных. Свойства атома возникают в результате квантования, и то же самое верно и для молекул, которые они образуют. То же самое справедливо и для мельчайших нанокластеров. С другой стороны, многие свойства макроскопических материалов хорошо описываются классическим подходом, а свойства нанокластеров появляются как объекты на граничном поле между квантовым и классическим поведением. При изучении их свойств с использованием квантового или классического подхода методы атомного масштаба оказываются естественным образом хорошо подходящими. Атомы рассматриваются как отдельные объекты, взаимодействующие только через электроны своей внешней оболочки. Однако даже при таком приближении решение уравнения Шрёдингера быстро становится непомерно трудным по мере увеличения числа участвующих атомов. Для самых тяжелых элементов расхождения между значениями, рассчитанными с помощью моделей с учётом и без учёта теории относительности еще больше усугубляют проблему. В этом случае классический подход является единственным практичным в настоящее время. *Ab initio* (решение задачи из первых основополагающих принципов без привлечения дополнительных эмпирических предположений) расчет часто используется для прогнозирования конфигурации малых частиц, а также их электронных и магнитных свойств. В принципе метод точный. Однако неопределенность относительно происхождения корреляционного обмена, а также сложность создания эффективных численных алгоритмов предполагают необходимость экспериментального подтверждения во

многих случаях. Классический подход к атомным взаимодействиям использует полуэмпирические модели, подбирающие свойства атомных столкновений при высоких энергиях (порядка энергий связи электронов ядра или выше) и свойства твердого тела при низких энергиях (порядка энергий сцепления или ниже). Взаимодействие между атомами нанокластеров и взаимодействие нанокластеров с поверхностями, представленное в этой работе, относятся к последней категории. Для них потенциалы взаимодействия задаются как функционалы от локальной электронной плотности или интегралов прыжка и устанавливаются параметры на основе ряда микроскопических и макроскопических свойств объемных материалов.

Очевидно, что правильное предсказание других свойств не гарантировано и необходимо сравнение с экспериментом. Существует не так много систематических исследований, посвященных согласованности между *ab initio*, классическими подходами и экспериментом, вероятно, из-за сложности проведения измерений на частицах, которые свободны от взаимодействия с окружающей. В [1] проводятся экспериментальные, классические и *ab initio* модельные исследования с целью определения геометрии и устойчивости малых биметаллических серебряно-кобальтовых кластеров, содержащих не более нескольких десятков атомов. Экспериментально кластеры образуются путем лазерного испарения и конденсации инертного газа. Эксперименты по фото фрагментации позволяют проверить стабильность кластеров. Некоторые геометрии, полученные с помощью классического моделирования, сравнивались с результатами *ab initio*. Классический подход предсказывает трехмерные конфигурации, как только кластеры образуют более трех атомов. Однако двумерные конфигурации прогнозируются *ab initio* для несколько более крупных конфигураций. В соответствии с экспериментом и расчетами *ab initio* классическое моделирование предсказывает, что кластеры с более чем 10 атомами образуют структуры на основе икосаэдра, а атомы серебра располагаются на периферии кластера. Поскольку системы с большим количеством частиц лучше поддаются экспериментальному исследованию, доступно больше сравнений между экспериментом и классическим моделированием. Моделирование осаждения и накопления частиц на поверхности или прессования совокупности частиц можно проводить классически для систем, содержащих миллионы атомов. При моделировании использовались в сочетании экспериментальные измерения времени жизни позитронов (античастица электрона) и квантово-механические предсказания [2], просвечивающая электронная микроскопия высокого разрешения [3-6], мёссбауэровская спектроскопия (метод ядерного гамма-резонанса, основан на эффекте Мёссбауэра) [7,8], поверхностная туннельная или атомно-силовая микроскопия [9-11].

В этой работе основное внимание уделяется биметаллическим частицам и наноструктурным материалам. Их технологический интерес заключается как в их магнитных, так и в оптических свойствах. При уменьшении до нанометрового размера магнитные частицы имеют один домен и часто становятся супер парамагнитными. Некоторые биметаллические, такие как Co-Ag, в зависимости от их химическом анализе могут демонстрировать высокие напряженности магнитного поля, что интересно для устройств хранения данных. Увеличение емкости памяти таких устройств напрямую связано с уменьшением их размеров, приводящим к увеличению плотности записи данных. Оптические свойства нанокластеры обусловлены поверхностными плазмонами, частоты которых также зависят от стехиометрии. Если магнитная анизотропия связана с анизотропией атомной решетки, то поверхностная химический анализ нанокластеры зависит от разделения свойств. Отсюда и интерес к управлению свойствами нанокластеров и сохранению их в различных средах. В собранном виде нанокластеры образуют наноструктурированный материал, который может проявлять оригинальные транспортные свойства, такие как гигантское магнитное сопротивление, что интересно для разработки сенсоров. Отсюда и интерес к изучению свойств наноструктурированных материалов. Таким образом, фундаментальные проблемы, относящиеся к приложениям, включают размерные эффекты на структурные фазы и сегрегацию, границы раздела в наноматериалах и, в более общем плане, взаимодействие нанокластеры с

окружающей средой, а также механические свойства нано структурированных материалов, которые они образуют.

Рассмотренная здесь работа по моделированию сосредоточена на структурных, морфологических и термодинамических свойствах биметаллических кластеров, когда они свободны от взаимодействия с окружающей средой, а также на модификации их свойств при осаждении на поверхности (типичный диапазон энергий осаждения составляет от 0,1 эВ на атом до 1,5 эВ на атом), когда они накапливаются на поверхности или конденсируются из газовой фазы и уплотняются с образованием наноструктурированного материала. Также рассматривается проблема механических свойств наноструктурированных материалов.

2. Модельные представления

Исследование динамики роста кристаллов является сложными задачами и для этого требуется слишком много времени. Свойства поверхностей кристалла часто описывают с помощью решеточных моделей. Динамика роста кристаллов вводится посредством случайных процессов адсорбции, спарения и поверхностного переноса. Методы молекулярной динамики (MD) и метод Монте-Карло (МК) осуществляют прямое моделирование этих динамических процессов. При моделировании кластеров серебра использовался потенциал Embedded Atom Method (EAM) [12], а при моделировании кластеров кобальта и малоатомных смешанных кластеров Ag-Co использовался потенциал типа Леонарда-Джонса [13]. Для исследования роста тонких кристаллов (наноструктура) нами было использовано многопроцессорных вычислительных система и разработано MPI (Message Passing Interface) программа. В программе обеспечиваются взаимодействие параллельных процессов с помощью механизма передачи сообщений. Процессы MPI программы взаимодействуют друг с другом посредством вызова коммуникационных процедур. Каждый процесс выполняется в своем собственном адресном пространстве, однако допускается и режим разделения памяти. Программа не специфицирует модель выполнения процесса—это может быть как последовательный процесс, так и многопоточковый. Программа не предоставляет никаких средств для распределения процессов по вычислительным узлам и для запуска их на исполнение. Эти функции возлагаются на операционную систему Linux.

При моделировании процессов происходящих на поверхности кристалла полученные результаты при бомбардировке атомами разных типов, сильно зависят от модели реального кристалла. В модели идеального кристалла каждая частица (или атом) характеризуется только координатами, а в реальном кроме координат учитывается и скорость (импульс). Переход от модели идеального кристалла к реальному происходит в 3-х этапах: 1. Создание модели идеального кристалла;

2. Дампирование идеального кристалла;

3. Термализация дампованного кристалла до определенной температуры.

В первом этапе с помощью специальной программы создается необходимый тип кристалла. После этого для упрощения последующих расчетов, используются алгоритмы Linked-Cell и Verlet neighbours. На основе этих алгоритмов атомы кристалла можно зафиксировать, распределить по группам, а также определить их соседей.

С помощью этих алгоритмов можно решить следующие задачи:

а) выбор потенциала взаимодействия между атомами;

б) перемещение элементарной части кристалла в выбранном направлении;

Во втором этапе осуществляется процесс дампования модели идеального кристалла. На основе этого процесса идеальный кристалл превращается в реальный кристалл с температурой $T=0K$. В этом случае каждый атом кристалла имеет координату и скорость (импульс). Атомы кристалла двигаются не поступательно, а только колеблются вокруг оси. В третьем этапе происходит процесс термализации дампованному кристаллу с температурой $T=0K$ постепенно передавая энергию разогреваем его до температуры $300K$.

3. Результаты моделирования и обсуждения

Методом Metropolis Monte Carlo находились равновесные конфигурации металлических кластеров Ag_nCo_n при температуре от 0К до 300К. При моделировании металлических кластеров использовался потенциал типа Леонарда-Джонса [13], который имеет непарный характер и учитывает существование в металле электронной и ионной подсистем. В этом температурном диапазоне предсказываются замечательные конфигурации. В результате конкуренции между деформацией и связыванием Co при низкой температуре при $n < 20$ Co распределяется чуть ниже поверхностного слоя кластера на группы, состоящие не более чем из 5 атомов, отдавая предпочтение четко определенным позициям, а центральная область кластера избегал. Повышение температуры способствует кластеризации этих небольших групп. Их растворение прогнозируется при температурах выше температуры плавления кластера. При $n > 50$ Co перегруппировывается в центре кластера и пересекает грани $\{111\}$, когда атомов Ag недостаточно, чтобы сформировать всю поверхностную оболочку. При такой стехиометрии температура недостаточна для смешивания Ag и Co, даже выше точки плавления [14]. При еще меньших концентрациях Ag атомы Ag распределяются в нижних координационных узлах, вдоль краев кластера, избегая как граней кластера, так и внутренних узлов. При промежуточной стехиометрии ($20 < n < 50$) возможны либо сжатые группы Co под поверхностью, либо компактная группа в центре кластера.

Путём статистического анализа были найдены зависимости энергии связи E_h на один атом в кластере от общего количества атомов в кластерах n ($n=5-10$). Нами установлено, что эти зависимости имеют логарифмический вид типа:

$$E_h = A \cdot \ln(N) + B \quad (1)$$

Табл 1.

Параметры аппроксимации зависимости энергии когезии от количества атомов

Кластер	A, эВ	B, эВ	Величина достоверности аппроксимации, R^2
Ag_n ($n=5-10$)	0.4344	0.7771	0.9865
Ag_nCo_1 ($n=4-9$)	0.3149	1.1595	0.8581
Ag_nCo_2 ($n=3-8$)	0.1634	1.6695	0.8379
Co_n ($n=5-10$)	0.4841	2.0447	0.9837

В таблице 1 внизу представлены числовые значения величин A , B и достоверности логарифмической аппроксимации.

На рис. 1 показано как зависит энергия связи E_h на один атом в кластере от общего количества атомов в кластере. Из этого рисунка видно, что замена одного или двух атомов серебра на атомы кобальта приводит к увеличению энергии связи, приближая её к значениям, характерным для кластеров кобальта.

Результаты моделирования показывают, что проникновение кластеров в мишень зависит как от их энергии, так и от их размеров, причем зависимость от размеров сильнее. Более крупный кластер проникает на меньшую глубину, чем кластер меньших размеров. Меньший кластер практически полностью сливается с мишенью. Растекание кластеров существенно не зависит от их начальной энергии для меньшего кластера и слабо зависит для кластера с большей энергией. Заслуживает внимания тот факт, что больший кластер подвергается меньшей деформации, чем меньший. Это может быть объяснено с точки зрения энергии связи свободных кластеров. Действительно, при 0К энергия связи для атомов меньшего кластера (2.503 эВ/атом) меньше, чем для большего (3.249 эВ/ атом).

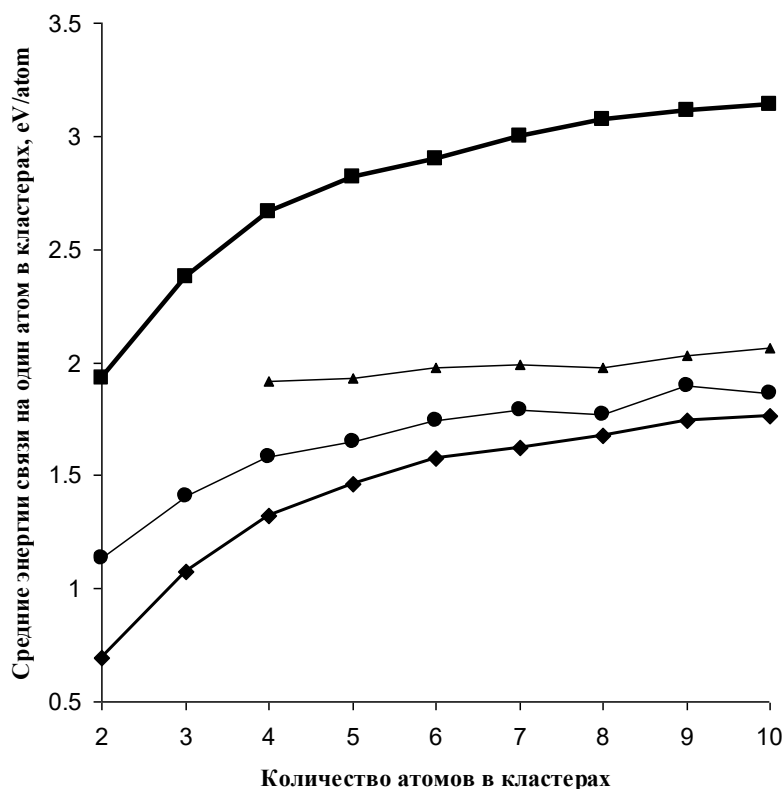


Рис. 1. Зависимости средней энергии связи на один атом кластера от количества атомов в кластере. Пунктирная линия с тёмными квадратами для кластеров Ag_n ($n=2-10$), сплошная линия с тёмными кружками для кластеров Ag_nCo_1 ($n=1-9$), сплошная линия с тёмными треугольниками для кластеров Ag_nCo_2 ($n=2-8$), сплошная линия с тёмными квадратами для кластеров Co_n ($n=2-10$).

диапазона размеров используются для моделирования их торможения на поверхностях. Замедление нанокластеров $Co_{10}Ag_{191}$ и $Co_{285}Ag_{301}$ на поверхности $Ag(100)$ изучается на атомном уровне с помощью классического моделирования молекулярной динамики.

Энергия замедления от 0,1 до 1,5 эВ/атом характерна для методов осаждения низкоэнергетических кластерных пучков и методов аэрозольно-фокусированного пучка. Два кластера различаются по размеру, стехиометрии и структуре. В то время как Co образует одну или несколько групп непосредственно под поверхностью кластера в $Co_{10}Ag_{191}$, $Co_{285}Ag_{301}$ демонстрирует структуру ядро-оболочка, где Ag образует один полный моно-слой вокруг ядра Co. Видно, из рисунка 3 и 4 результате удара мельчайший кластер претерпевает глубокую реорганизацию и становится полностью эпитаксиальным с подложкой. Сами наноструктуры при осаждении

Энергия является возрастающей функцией от числа атомов в кластере, и эффект здесь подтверждается тем фактом, что относительная концентрация атомов Co выше в большом кластере, который имеет большую энергию, чем Ag. Таким образом, деформация меньшего кластера при взаимодействии с поверхностью требует меньше энергии на один атом. Так средние коэффициенты формы оцениваются в 10 статистически независимых случаях, стандартные отклонения только в три раза больше, чем стандартная ошибка среднего из зависимости, представленной на рисунке 2. Это доказывает, что дисперсия результатов достаточно мала и, что для разных кластеров, соотношение сторон слабо зависит от точки падения или ориентации кластера. Кластеры того же

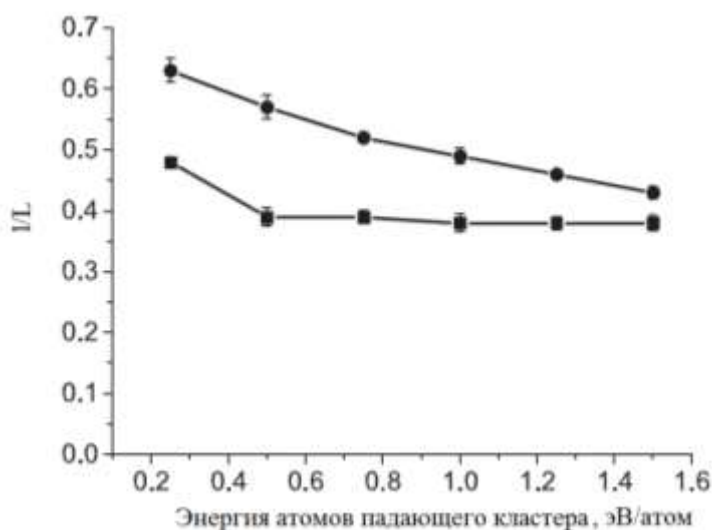


Рис.2. Коэффициенты формы ($\frac{1}{L_x}$ и $\frac{1}{L_y}$) как функции энергии (квадратные точки – для меньшего кластера, круглые точки – для большего кластера).

металлических кластеров эволюционируют: изменяются, растут, сливаются между собой и в конечном результате могут образовать сплошную тонкую плёнку на поверхности (рис.5). Более крупный подвергается лишь частичной аккомодации и частично сохраняет память о своей первоначальной морфологии. У обоих после удара Co образует одну группу, покрытую Ag. Повреждения подложки значительны и зависят от энергии замедления. Это приводит к образованию ступеньки Ag, окружающей кластер, которая может иметь высоту более одного атомного слоя, и изолированных аддитивных атомов или небольших островков моно-слоя отдельно от ступени. Последние происходят из кластера, а первые – из подложки. Подробно описаны последствия воздействия, касающиеся проникновения кластера, его деформации и искажений решетки, с акцентом на размер кластера и стехиометрию. Это текущее состояние дел. По той же схеме, что и для смешивающихся кластеров, предусмотрено сравнение с экспериментом. Крупномасштабные расчеты также проводятся с целью моделирования нано-структурных материалов Ag-Co, синтезированных методом кластерного осаждения, и изучения их термодинамических и механических свойств.

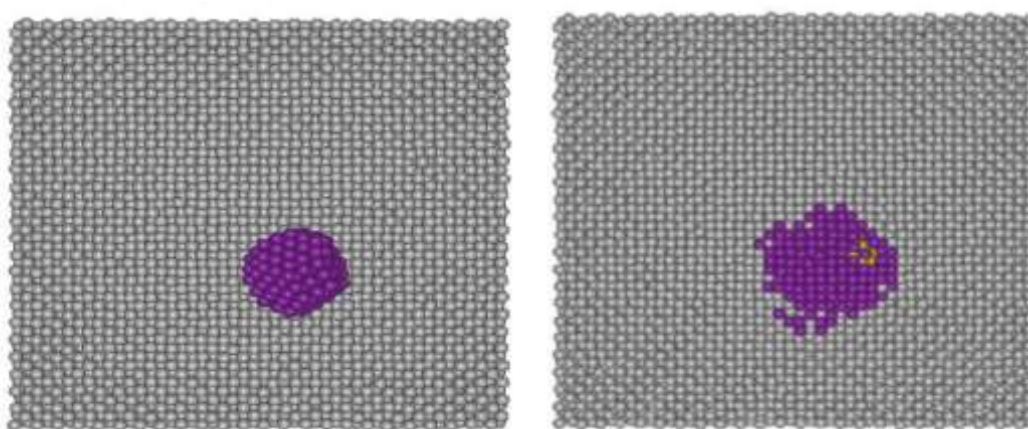


Рис.3. Результаты по Amira до и после депозиции кластера $\text{Ag}_{10}\text{Co}_{191}$ на поверхности кристалле $\text{Ag}(100)$ при энергии $E=0.75$ эВ/атом.

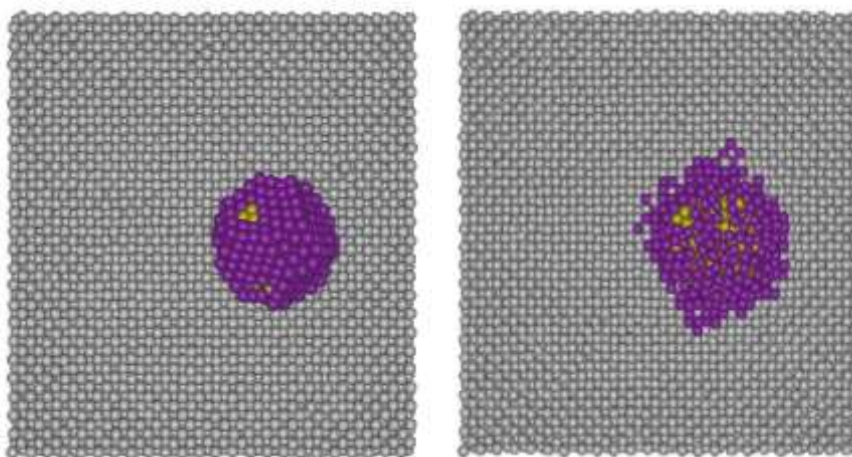


Рис.4. Результаты по Amira до и после депозиции кластера $\text{Ag}_{301}\text{Co}_{285}$ на поверхности кристалле $\text{Ag}(100)$ при энергии $E=0.75$ эВ/атом.

На рис.6 приведен график зависимости температуры (а) и давления (б) монокристалла серебра от времени. Из этого графика видно, чтобы кристалл с температурой $T=300\text{K}$ пришел к стабильному состоянию необходимо время 5 пс. Известно, что с повышением температуры объем кристалла увеличивается.

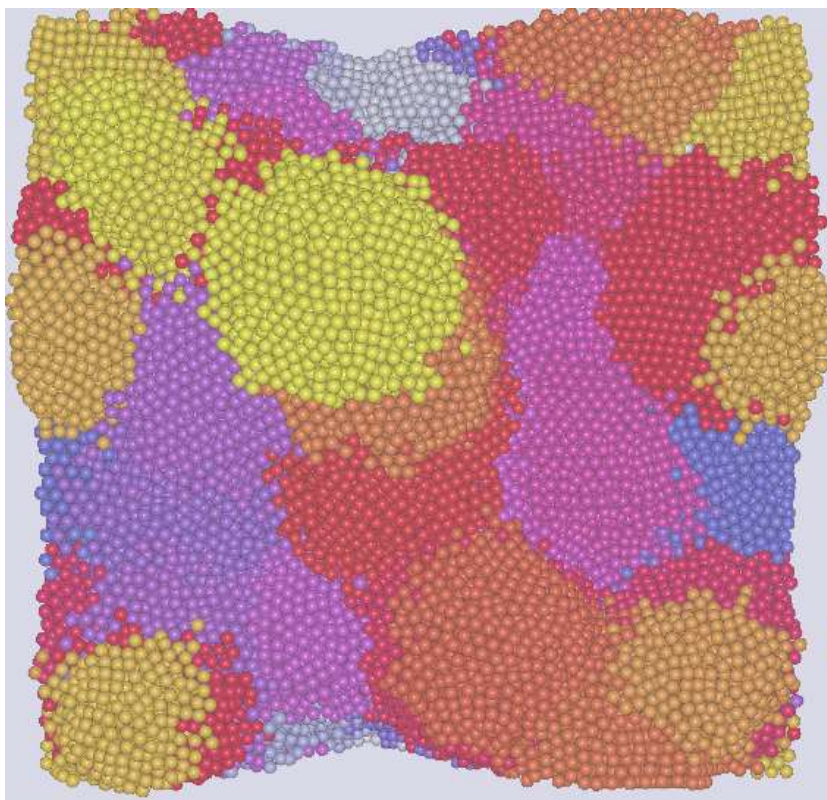


Рис. 5. Вид поперечного сечения подложки Ag(100) после осаждения 68 разных смещённых кластеров Ag_nCo_n .

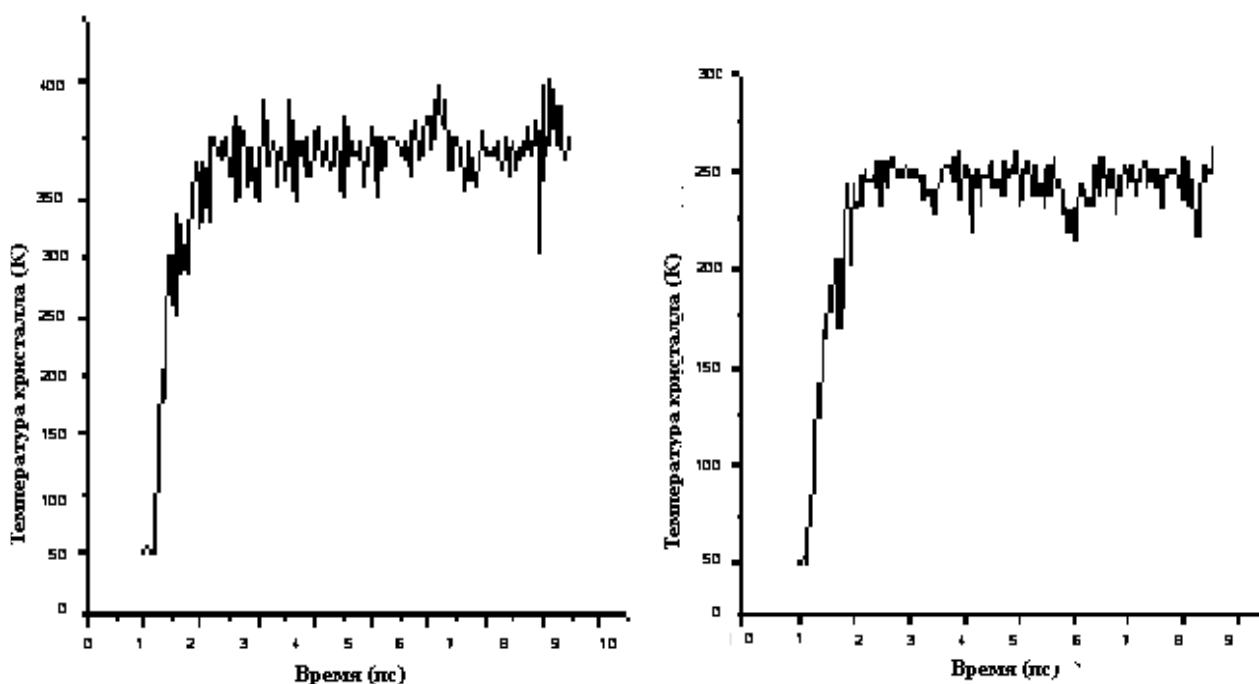


Рис.6. Зависимости температуры (а) и давления (б) монокристалла Ag(100) от реального времени.

Поэтому для разных температур соответственным образом приходится выбирать постоянную кристаллической решетки. Для расчета координат и скоростей атомов кристалла нами использована алгоритм Своя. Изучались начальное и конечное конфигурации кластеров, структурные факторы от времени, электрон-фоонные свойство и корреляционные функции.

4. Заключение

В настоящее время все больший интерес экспериментаторов и теоретиков, работающих в области физики взаимодействия атомных частиц с поверхностью твердого тела, вызывает процесс взаимодействия кластерных частиц с поверхностью твердого тела с последующим образованием тонкой плёнки. Непрерывно совершенствующиеся экспериментальные методики позволяют в настоящее время получать уникальную информацию, в частности, уверенно измерять характеристики наноструктур и тонких плёнок на поверхности кристаллов. При увеличении размеров осаждаемых кластеров можно приблизиться к получению одиночных наночастиц на поверхности металлов, уже достаточно активно используемым в новых технологиях.

Мы надеемся, что наша исследовательская работа проиллюстрировала, в какой степени классическое моделирование на атомном уровне может способствовать пониманию свойств наночастиц и образованных ими нано-структурированных материалах.

Список литературы

- [1]. E. Janssens. Electronic and Geometric Structure of Transition Metal Doped Silver and Gold Clusters. PhD thesis, Katholieke Universiteit Leuven, 2004.
- [2]. S. Van Petegem, D. Segers, C. Dauwe, F. Dalla Torre, H. Van Swygenhoven, M. Yandouzi, D. Schryvers, G. Van Tendeloo, J. Kuriplach, M. Hou, E.E. Zhurkin; Mat. Res. Soc. Symp. Proc. 634 (2001) B3.9.1.
- [3]. B. Pauwels, M. Yandouzi, D. Schryvers, G. Van Tendeloo, G. Verschoren, P. Lievens, M. Hou, H. Van Swygenhoven; Mat. Res. Symp. 634 (2001) B8.3.1.
- [4]. E. Zhurkin, M. Hou, H. Van Swygenhoven, B. Pauwels, M. Yandouzi, D. Schryvers, G. Van Tendeloo, P. Lievens, G. Verschoren, J. Kuriplach, S. Van Petegem, D. Segers, C. Dauwe; Pat. Res. Symp. 634 (2001) B8.2.1.
- [5]. B. Pauwels, C. Van Tendeloo, W. Bouwen, L. Theil Kuhn, P. Lievens, H. Lei and M. Hou; Phys. Rev. B62, 15 (2000) 10383.
- [6]. B. Pauwels, G. Van Tendeloo, E.E. Zhurkin, M. Hou, G. Verschoren, L. Theil Kuhn, W. Bouwen, P. Lievens; Phys. Rev. B63 (2001) 165406-1 – 165406-10.
- [7]. M. Hou, M. El Azzaoui, H. Pattyn, J. Verheyden, G. Koops and G. Zhang; Phys. Rev. B62, 8 (2000) 5117.
- [8]. M. Hou, M. El Azzaoui, H. Pattyn, J. Verheyden, G. Koops and G. Zhang; Phys. Rev. B62, 8 (2000) 5117.
- [9]. A. Dzhurakhalov, A. Rasulov, T. Van Hoof, M. Hou. Ag-Co clusters
- [10]. deposition on Ag(100): an atomic scale study. Eur. Phys. J. D31 (2004) 53.
- [11]. B. Degroote, J. Dekoster, S. Degroote, H. Pattyn, A. Vantomme, G. Langouche, M. Hou; Mat. Res. Symp. Proc. 585 (2000), 9-14.
- [12]. B. Degroote, A. Vantomme, H. Pattyn, K. Vanormelingen, M. Hou; Phys. Rev. B65 (2001) 195402-1.
- [13]. Michael P. Allen. Introduction to Molecular Dynamics Simulation. Computational Soft Matter, John von Neumann Institute for Computing, NIC series Vol. 23, pp. 1-28, 2004.
- [14]. Byeong-Joo Lee. et al. Semiempirical atomic potentials for the fcc metals Cu, Ag, Au, Ni, Pd, Pt, Al, and Pb based on first and second nearest-neighbor modified embedded atom method // Phys. Rev. B 68, 144112 (2003).
- [15]. Сиренко А.Н., Белашенко Д.К. Молекулярно-динамическое исследование нанокристаллов Ag, Ar, Cu, Ni, Al, Fe, Ta, K и Cs в модели погруженного атома. Журн. «Российские нанотехнологии», 2013, -№3-4, -с. 76-80.

PAXTA CHITIGINING RUSHANKASINI AJRATISH UCHUN SEPARATOR ISHCHI ORGANI SAVAGICHINING KICHIK TEBRANISHLARI TAHLILI.

A. Djurayev¹, D.D. Jo'rayev²

¹Toshkent to'qimachilik va engil sanoat instituti,

²O'zbekiston Respublikasi Fanlar akademiyasining Navoiy bo'limi,

anvardjuraev1948@mail.ru, tel: 977157967

dadaxonjurayev91@mail.ru, tel: 907152686

(Qabul qilindi 28.07.2023 y.)

Annotatsiya. Maqolada paxta chigitlarining rushankasini ajratish uchun seperator ishchi organi savagichining kichik tebranishlarini nazariy tadqiqotlari natijalari keltirilgan. Masalani sonli echish orqali savagichning tebranishi diapazonining tizim parametrlarining inertsial-qattqlik o'zgarishiga grafik bog'liqliklari qurilgan. Seperator barabanining savagichi parametrlarining tavsiya etilgan qiymatlari asoslangan.

Kalit so'zlar: separator, paxta chigiti, ishchi baraban, savagich, elastik tayanch, tebranish, inersiya momenti, qattqlik, amplituda, chastota, grafik bog'liqliklar, tavsiya etilgan parametrlar.

Аннотация. В статье представлены результаты теоретических исследований малых вибраций рабочего органа сепаратора для отделения хлопковой лузги. Путем численного решения задачи построены графические зависимости диапазона вибрации машины от изменения инерционно-жесткости параметров системы. Исходя из рекомендуемых значений параметров барабана сепаратора.

Ключевые слова: сепаратор, хлопковые семена, рабочий барабан, била, упругая опора, колебание, момент инерции, жесткость, амплитуда, частота, графические зависимости, рекомендуемые параметры.

Annotation. The article presents the results of theoretical studies of small vibrations of the working body of a separator for separating cotton husks. By numerically solving the problem, graphical dependences of the vibration range of the machine on changes in the inertial rigidity of the system parameters were constructed. Based on the recommended parameters of the separator drum.

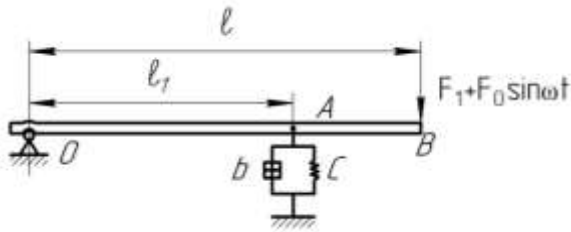
Keywords: separator, cotton seeds, working drum, beater, elastic support, vibration, moment of inertia, rigidity, amplitude, frequency, graphical dependencies, recommended parameters.

Seperatorda paxta chigitlarinining rushankalarini ajratishning tavsiya etilgan texnologiyasida asosiy ishchi organ ishchi baraban hisoblanib, uning sirtiga elastik vtulkalar vositasida aylana bo'ylab ma'lum qadam bilan savagichlar o'rnatiladi. Bunda savagichlarning uchlari baraban uzunligi bo'ylab shnek shaklida vintsimon chiziq hosil qiladi. Savagichlar paxta chigiti rushankalari bilan o'zaro ta'sirlashganda ularning nafaqat qismlarga bo'linishi, balki baraban uzunligi bo'ylab o'ziga xos tashilishi ham sodir bo'ladi [1, 2]. Ish jarayonida elastik tayanchlar tufayli baraban savagichlari kichik burchak tebranishlarni hosil qiladi. Shu bilan birga, tebranishlarning kerakli amplitudalari va chastotalarini tanlab, paxta chigitining rushankasini samarali ajratishga erishish mumkin. Shuning uchun separator barabani savagichning kichik burchak tebranishlarini nazariy jihatdan o'rganish muhimdir.

Separator barabani savagichining burchak tebranishlarini hisoblash sxemasi va matematik modelini tuzish metodikasi. Separatorning ishlashi vaqtida savash barabani $7,33 \text{ s}^{-1}$ burchak tezligi bilan aylanadi. Bunda savagichlar ma'lum darajada massa markazi, inersiya kuchlari o'zgarishi hisobiga barabanning inersiya momentining o'zgarishiga olib keladi. Savagichlar asosan ikkita variantda tayyorlanishi mumkin:

- faqat elastik tayanchlar bilan;
- elastik tayanchlar bilan simmetrik.

Bunday holda, ikkinchi variantda yuklama bir tekis taqsimlanadi. Baraban savagichi ishlashining ushbu varianti uchun hisoblash sxemasi 1-rasmda ko'rsatilgan.



1-rasm. Separator barabani savagichining hisoblash sxemasi.

Geometrik parametrlarning ta'sirini, shuningdek, savagichning elastik tayanchining elastik-dissipativ xususiyatlarini aniqlash uchun, birinchi yaqinlashuvda barabanning burchak tezligi e'tiborga olinmaydi. Bunda, hisoblash sxemasi bo'yicha (1-rasm) tizim savagichning paxta chigitlari rushankasi bilan o'zaro ta'sir kuchidan g'alayonlangan O o'qi atrofida tebranuvchi balka sifatida ko'rib chiqildi. Savagichning kichik

tebranishlarining matematik modelini olish uchun ikkinchi turdagi Lagranj tenglamasidan foydalanildi [3, 4]. Umumlashtirilgan koordinata sifatida savagichning sharnir o'qiga nisbatan burchak siljishi φ_b tanlangan. Bu holda tizimning kinetik, potentsial energiyasi, shuningdek, dissipativ Releya funksiyasi [5, 6] quyidagi ko'rinishda olinadi:

$$T = \frac{J_b}{2} \dot{\varphi}_b^2 = \frac{1}{2} \left[\frac{m_0 l^2}{3} \right] \dot{\varphi}_b^2;$$

$$\Pi = \frac{1}{2} C_A l_1^2 \varphi_b^2;$$

$$\Phi = \frac{1}{2} \epsilon_A l_1^2 \dot{\varphi}_b^2; \quad (1)$$

bu erda, J_b – O sharniriga nisbatan savagichning inersiya momenti; l, l_1 – savagichning uzunligi va aylanish o'qiga nisbatan elastik tayanch joylashuvining radiusi; S_A, v_A – elastik tayanchning qattiqligi va dissipatsiya koeffitsientlari; M_b – savagichning massasi.

Bunday holda, paxta chigitining rushankalarini ajratish uchun separator savagichining kichik burchak tebranishlarini tavsiflovchi quyidagi differensial tenglamani olamiz [6, 7]:

$$\frac{m_0 l^2}{3} \ddot{\varphi}_b + C_A l_1^2 \varphi_b + \epsilon_A l_1^2 \dot{\varphi}_b = F_1 + F_0 \sin \omega t \quad (2)$$

Olingan differensial tenglamani standart ko'rinishga keltiramiz [8,9]:

$$\ddot{\varphi}_b + 2n \dot{\varphi}_b + p_0^2 \varphi_b = F_1^1 + F_0^1 \sin \omega t \quad (3)$$

Bu erda,

$$2n = \frac{3\epsilon_A l_1^2}{m_0 l^2}; \quad p_0^2 = \frac{3C_A l_1^2}{m_0 l^2};$$

$$F_1^1 = \frac{3F_1}{m_0 l^2}; \quad F_0^1 = \frac{3F_0}{m_0 l^2};$$

Tenglama (3) ning echimiga muvofiq [9, 10], eritma ga ko'ra, paxta chigitining rushankasini ajratish uchun separatorning barqaror ishlashi uchun biz quyidagilarni olamiz:

$$\varphi_b = B \sin(\omega t + \beta); \quad (4)$$

bu erda, B – separator savagichining tebranishlari amplitudasi:

$$B = \frac{F_1^1 + F_0^1 \sin(\omega t + \beta)}{\sqrt{(P_0^2 - \omega^2)^2 + 4n^2 \omega^2}};$$

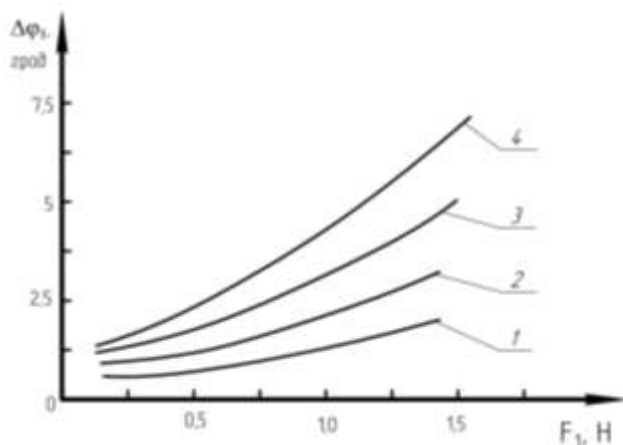
$$\beta = \arctg \frac{2n\omega}{P_0^2 - \omega^2};$$

Parametrlarning separator savagichining tebranishlar diapazoniga ta'sirini tahlil qilish. Paxta chigitining rushankasini ajratish uchun separator savagichining kichik burchak tebranishlari diapazonini aniqlash masalasini echish parametrlarning quyidagi sonli qiymatlari bilan amalga oshirildi:

$$\omega_0 = 7,33 \text{ c}^{-1}; \quad F_1 = (0,5 \div 1,5)H; \quad C_A = (1,5 \div 4,5) \cdot 10^3 H / m;$$

$e_A = (2,6 \div 3,2) Hc / M$; $m_0 = (0,04 \div 0,24) Kz$; $l = 0,240 M$; $l_1 = 0,190 M$; $r_0 = 0,05 M$; $r_c = 0,6 M$.

Savagichning burchak tebranishlari diapazoni o'zgarishining texnologik yuklamaning o'zgarishiga



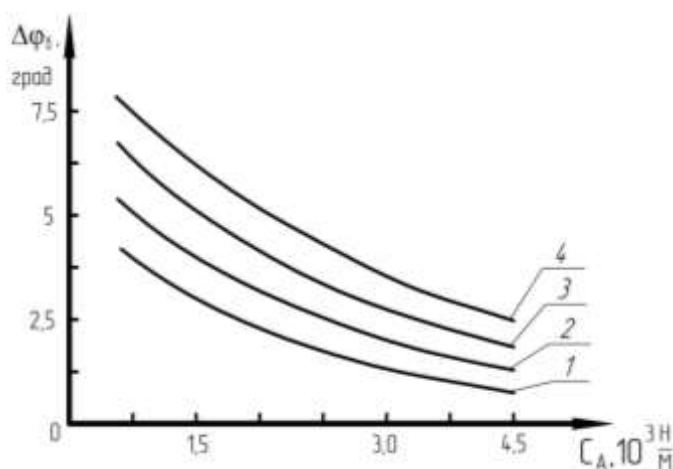
2-rasm. Savagichning burchak tebranishlari diapazoni o'zgarishining texnologik yuklamaning o'zgarishiga grafik bog'liqligi.

grafik bog'liqligi 2-rasmda ko'rsatilgan. Tuzilgan grafiklar tahlili shuni ko'rsatadiki, ajratilgan paxta chigitlari rushankalaridan savagichga texnologik yuklamaning o'zgarishiga tashkil etuvchisi $\omega_b = 5,5 \text{ s}^{-1}$ da 0,4 dan 1,5 N gacha ortishi bilan separator savagichining burchak tebranishlari diapazoni 0,53 gradusdan 2,39 gradusgacha chiziqsiz bog'liqlikda oshadi. Burchak tezligining $7,3 \text{ s}^{-1}$ gacha oshishi bilan tebranishlar $\Delta\phi_b$ diapazoni 1,26 gradusdan 7,42 gradusgacha oshadi. $\Delta\phi_b$ qiymatlarini $(2,5^\circ \div 5,0^\circ)$ chegaralarida ta'minlash uchun texnologik yuklamaning tavsiya etilgan $F_1 \leq (1,2 \div 1,4) \text{ N}$ qiymatlari.

1 – $\omega_0 = 5,5 \text{ s}^{-1}$; 2 – $\omega_0 = 5,0 \text{ s}^{-1}$; 3 – $\omega_0 = 6,6 \text{ s}^{-1}$; 4 – $\omega_0 = 7,3 \text{ s}^{-1}$;

3-rasmda savagichning burchak tebranishlari diapazoni o'zgarishining elastik tayanchning qattqlik koeffitsienti o'zgarishiga grafik bog'liqligi ko'rsatilgan. 3-rasmdagi parametrlarning tuzilgan bog'liqliklarini tahlili shuni ko'rsatadiki, savagich tayanchining chiziqli qattqlik koeffitsienti qiymatlari $0,8 \cdot 10^3 \text{ N/m}$ dan $4,5 \cdot 10^3 \text{ N/m}$ gacha oshishi bilan $vA = 2,6 \text{ Ns/m}$ da savagichning kichik burchak tebranishlari diapazoni chiziqli bo'lmagan bog'liqlik bo'yicha $7,6^\circ$ dan $2,55^\circ$ gacha kamayadi, $vA = 3,2 \text{ Ns/m}$ da esa $\Delta\phi_b$ qiymatlari $3,86^\circ$ dan $1,09^\circ$ gacha kamayadi. Bu elastik tayanchning qattqligining oshishi bilan uning deformatsiyasining pasayishi bilan izohlanadi, bu $\Delta\phi_b$ qiymatlarining pasayishiga olib keladi. tavsiya etilgan qiymatlar quyidagilar hisoblanadi:

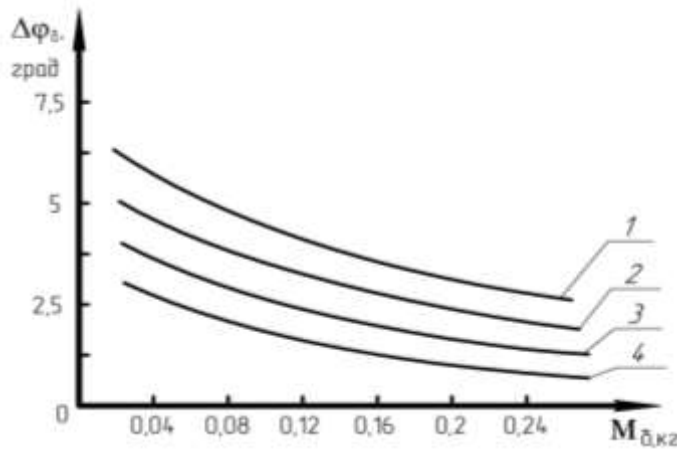
$SA = (2,0 \div 2,5) \cdot 10^3 \text{ N/m}$; $vA = (2,5 \div 2,8) \text{ Ns/m}$.



1 – $e_A = 3,2 \frac{Hc}{M}$; 2 – $e_A = 3,0 \frac{Hc}{M}$;
3 – $e_A = 2,8 \frac{Hc}{M}$; 4 – $e_A = 2,6 \frac{Hc}{M}$.

3-rasm. Savagichning burchak tebranishlari diapazoni o'zgarishining elastik tayanchning qattqlik koeffitsienti o'zgarishiga grafik bog'liqligi.

4-rasmda savagichning burchak tebranishlari diapazoni o'zgarishining savagich massasining o'zgarishiga grafik bog'liqligi ko'rsatilgan. Bu grafiklardan shuni ta'kidlash mumkinki, savagichining massasi 0,041 kg dan 0,27 kg gacha ortishi bilan $SA = 1,4 \cdot 10^3 \text{ N/m}$ da savagichning burchak tebranishlari diapazoni chiziqli bo'lmagan bog'liqlikka ko'ra $6,31^\circ$ dan $2,55^\circ$ gacha kamayadi, mos ravishda tayanchning qattqlik koeffitsienti $2,6 \cdot 10^3 \text{ N/m}$ bo'lganda savagichning tebranishlari qulochi $\Delta\phi_b$ qattqlik koeffitsienti



$$1 - C_A = 1,4 \cdot 10^3 \frac{H}{M}; \quad 2 - C_A = 1,8 \cdot 10^3 \frac{H}{M};$$

$$3 - C_A = 2,2 \cdot 10^3 \frac{H}{M}; \quad 4 - C_A = 2,6 \cdot 10^3 \frac{H}{M}.$$

4-rasm. Savagichning burchak tebranishlari diapazoni o'zgarishining separator savagich massasining o'zgarishiga grafik bog'liqlilari.

bilan $\Delta\phi_b$ tebranishlar qulochining tebranish diapazoni chiziqli bo'lmagan bog'liqlikka ko'ra $2,96^\circ$ dan $1,10^\circ$ gacha kamayadi. Savagichning tebranish diapazonining zaruriy qiymatlarini ($2,5^\circ \div 5,0^\circ$) chegaralarda bo'lishini ta'minlash uchun savagich massaning tavsia etilgan qiymatlari. $m_6 \leq (0,2 \div 0,23) \text{ кг}$.

Xulosa. Paxta chigitlarining rushankalarini ajratish uchun separatorning samarali konstruktiv sxemasi ishlab chiqildi. Nazariy tadkikotlar asosida seperator savagichning kichik burchak tebranishlarining qiymatlarini aniqladi, savagichning parametrlari asoslandi.

Adabiyotlar.

- [1]. Технология производства растительных масел., учебник, под. ред. проф. В. М. Копейковского и С.И.Данельчука, изд., М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982, 138-142
- [2]. Juraev A.Dj., Juraev D.D. Efficient design of conical double drum separator for separating cotton seed rushanka. Novateur publication JournalNX A Multidisciplinary Peer Reviewed Journal VOLUME 8, ISSUE 8 A Multidisciplinary Peer Reviewed Journal Aug., 2022, JournalNX. Vol. 8 No. 8 (2022) EMAIL 466, Sadashiv Peth, Pune, M.S. India. ISSN: 2581-4230 Journal Impact Factor: 7.223
- [3]. Джураев А. Динамика рабочих механизмов хлопко-перерабатывающих машин. Ташкент: "Фан" – 1987. – 168 с.
- [4]. Холтураев Х.П. и др. О колебаниях колка на упругом основании в очистителях хлопка // Перспективное развитие техники технологии х/о, текстильной, легкой и полиграфической промышленности: Тезисы РНПК молодых ученых. – Ташкент, 2009. – С. 11-14
- [5]. Джураев А., Ражабов О.И. Влияние режима движения летучки при взаимодействии с сеткой хлопка. Тошкент шахридаги турин политехника университети ахборотномаси. – Тошкент, 2019. - №1. – Б. 30-35
- [6]. Ражабов О.И., Джураев А., Рустамов Б. Определение реакции при взаимодействии летучек хлопка с сетчатой поверхностью очистителя хлопка от мелкого сора. "Фан ва технологиялар тараққиёти" – Бухоро, 2018. - №3. - Б. 20-26
- [7]. Мусалимов В.М., Сергушин П.А. Аналитическая механика. Уравнение Лагранжа второго рода. Свободные колебания: Учебное пособие. – Санкт – Петербургский: СПбГУ ИТМО, 2007. – 53 с.
- [8]. Rajabov O., Mavlyanov A., Yakubova A. Study of the parameters of the plastic grate on elastic supports with nonlinear stiffness on the oscillation frequency // International scientific and practical conference "Innovative ideas of modern youth in science and education", - USA, 2019. – pp. 152-154.
- [9]. Mansurova M.A. Madrakhimov Sh and Umarova Z.M. 2016 Analysis of the influence of the lengths of the coupler and rocker arm links on the position of the flat four-link mechanism Theory of mechanisms and machines 14 1(2)pp 21-9.
- [10]. Djuraev A., Sayidkulov S.O. EPRA International Journal of Research and Development (Ijrd) "Research On Improving The Working Bodies of The Machine For Cleaning Cotton From Waste" Volume: 6 Issue 3 March 2021.

UO'K 677.051:539.3:534.11

ARRALI JIN ISH UNUMDORLIGINI OSHIRISH YO'LLARINI TADQIQ QILISH

A. Abduvoxidov, B. Mirjalolzoda, A. Umarov, A. Akbaraliyev, M. Abduvaxidov

Namangan muhandislik-texnologiya instituti,

abdulbositabduvoxidov469@gmail.com , m.boburmirzo@mail.ru

adham.umarov@mail.ru , alisher.akbaraliyev2004@mail.ru

mutahhir_74@mail.ru

(Qabul qilindi 19.10.2023 y.)

Maqolada arrali jinlar ish unumdorligiga va maxsulot sifatiga ta'sir ko'rsatuvchi texnologik,

konstruktiv va ishchi parametrlar tadqiq qilish, hamda xomashyo kamerasi markaziga to'oplanib qolgan jinlangan chigitlarni chiqarib yuborish va ularni to'planishini oldini olish bo'yicha olib borilgan ilmiy ishlar tahlil qilinib istiqbolli yo'nalishlar belgilangan.

Kalit so'zlar: chigit, tola, ishchi kamera, tebranish, val, arra, kolosnik panjara, tozitg'ich, tezlatgich.

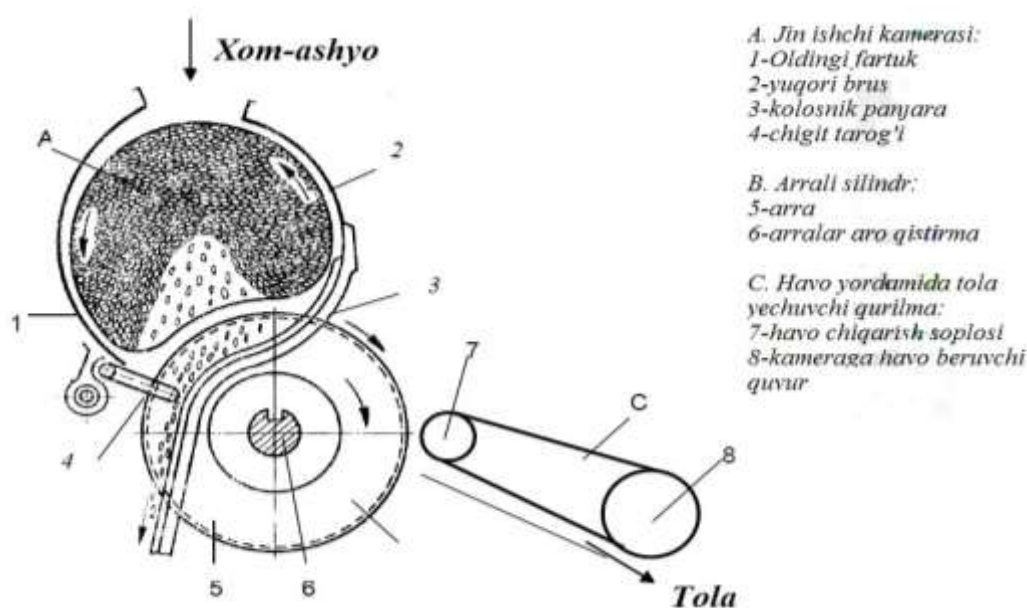
В статье проведено исследование технологических, конструктивных и рабочих параметров, влияющих на производительность и качество продукции пильных джинов, а также проведен анализ научной работы, по выводе с центра сырцового валика и определены перспективные направления предотвращающие пути накопления дженированных семян.

Ключевые слова: семена, волокно, рабочая камера, колебание, вал, пила, колосниковая решетка, вороуцитель, ускоритель.

The article conducted a study of technological, design, and operating parameters that affect the productivity and quality of sawn gin products, and also analyzed scientific work on removing the raw roller from the center and identified promising directions for preventing the accumulation of ginned seeds.

Keywords: seeds, fiber, working chamber, oscillation, shaft, saw, grate, turner, accelerator.

Arrali jin ishchi kamerasiga kirib kelayotgan titilib tozalangan paxta jin ishchi kamerasida aylanayotgan bikrligi yetarlicha bo'lgan valga arralar aro qistirmalarni ketma-ket yig'ib tayyorlangan va arra disklarining tishlari bilan ilib olinib kolosnikalrning ishchi zonasida chigitdan tola ajratib olinadi (1-rasm). Arra tishlari bilan ilib olingan tolali chigit boshqa tolali chigitlar bilan tolasi yordamida bog'langanligi uchun arra tishlaridan olgan harakatlarni bir-birlariga uzatilishiga sabab bo'ladi. Natijada ishchi kamera ichida bo'lgan barcha paxta massasi arra disklarining aylanish yo'nalishiga qarama-qarshi bo'lgan yonalishda aylanadi. Shu yo'sinda aylanuvchi arra tishlariga paxta bo'lakchalarini beto'xtov uzatilib ta'minlanishiga sabab bo'ladigan xomashyo valigi hosil bo'ladi. Hosil bo'layotgan xomashyo valigining tarkibi, o'lchami, aylanish tezligi jihozning unumdorligiga va ishlab –chiqarilayotgan maxsulotning sifatiga chambarchas bog'liq bo'ladi.



1-rasm. Arrali jin asosiy ishchi organlarining sxemasi.

Ilib olingan tolalar tutami kolosnikning ishchi qismida kolosniklardan olib o'tilishi natijasida tolalar chigitdan ajraladi. Ajratilgan tolalar arra tishlaridan jin qurilmasining konstruksiyasiga qarab havo yoki cho'tkali baraban yordamida tushirib olinib, tola novi orqali tola tozalagichga olib ketiladi, tolalardan qisman ajralgan chigitlar esa to'la tolalaridan ajralmaguncha ischi valikda harakatlanadi, to'la jinlangan chigitlar kolosniklarninig pastki qismidan tushirilib chigit shnegida linterlash uchun olib ketiladi [1].

Barcha arrali jinlarning asosiy kamchiligi xomashyo valigining markazida jinlangan chigitlar o'z vaqtida chiqarib yuborilmay to'planib xomashyodan tarkiban farq qiluvchi, ishqalinish

koeffitsiyentlari farqlanuvchi, jinning unumdorligiga salbiy ta'sir ko'rsatuvchi valik hosil qilishi hisoblanadi. Bunga asosiy sabablardan biri chigit yuzasidagi tolalar bir to'la yechilmay, arra tishlari bilan xomshyonning qayta – qayta kontaktida bo'lishini va bu ishlab chiqarilayotgan maxsulot sifatiga salbiy ta'sir ko'rsatishini sabab qilib ko'rsatish mumkin.

Jinlanayotgan chigit tukdorligi, jin mashinasining samaradorligi, tola sifat ko'rsatkichlari chigit tarog'ining holatiga qarab boshqariladi.

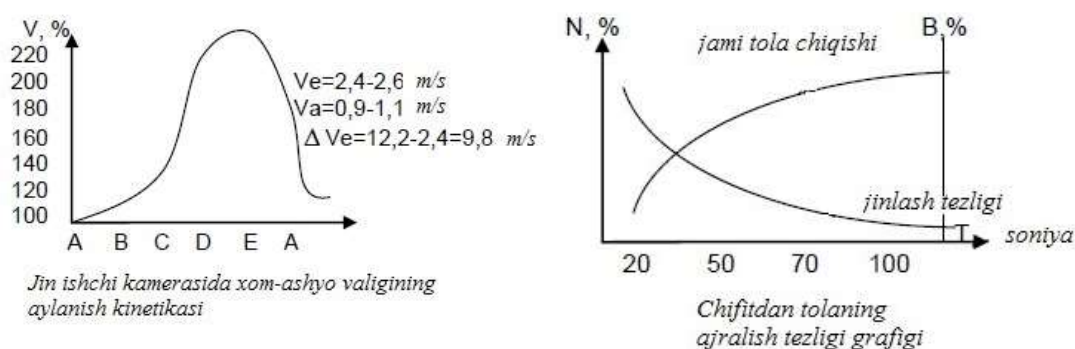
Jin mashinasining unumdorligini oshirish, ishlab chiqarilayotgan maxsulotning miqdorini, sifat va boshqa ko'rsatkichlarini oshirishning yollaridan biri:

1. Ishchi kamerada xomashyo tukliligni kamaytiruvchi jinlangan chigitlarni to'planishini oldini olish;
2. Xomashyo valigi markaziga to'plangan chigitlarni olib ketish uchun maxsus moslama mexanizmlardan foydalanish;
3. Xomashyo valigi markaziga to'zitgich o'rnatish;
4. Ishchi kameraning geometrik o'lchamlarini o'zgartirish;
5. Asosiy ishchi organ kolosniklar geomterik ko'rinishini o'zgartirish va boshqa usullar hisoblanadi.

Arrali silindr va xomashyo valigining tezliklari farqi katta bo'lgani uchun ($V_{xv} \ll V_a$), xomashyo valigida uzilish hosil bo'lishi sababli kolosnik panjaraning ishchi qismidan tushib qolishiga sabab bo'ladi.

Tolaning arra tishlaridan ajratib olinishi tezliklar farqi hisobiga amalga oshiriladi va tegishli tarzda arra tezligi – 12 m/s, havo tezligi esa 65-70 m/s ni tashkil qiladi.

Ilmiy izlanishlar xomashyo valigining tezligi ishchi kamera profiliga bog'liq ravishda o'zgarishiga bog'liqligini isbotladi (2-rasm).



2-rasm. Tezliklarning taqsimlanishining ishchi kamera profiliga bog'liqlik sxemasi.

Jinlash jarayonining dastlabki 50 soniyasida 97% dan yuqori tola ajralishi, qolgan 50 soniyada esa 2-3% tola ajralishi bilan singan tolalarning miqdorini ko'payishiga olib kelishi isbotlangan.

Ishchi valikning zichligi $\leq 550 \text{ kg/m}^3$ atrofida bo'lishi ishchi rejim hisoblansa, zichlik $\geq 550 - 650 \text{ kg/m}^3$ dan yuqori bo'lganda xomashyo valiginig to'xtab qolishi kuzatiladi. Zichlikning yuqori yopki past bo'lishiga jihozning ishchi kamerasidagi xomashyo valigining toladorlik ko'rsatikichi ta'sir qiladi va bu ko'rsatkich ish unumdorligiga va sifatga chambarchas bo'g'liq bo'lganligi sababidan ishchi valikdan jinlangan chigitlarni tez chiqarib yuborish dolzarb masala hisoblanadi [2].

Jin ishchi kamerasidan jinlangan chigitni olib chiqib ketish bo'yicha zamonamiz olimlari bir qator ishlarni amalga oshirishgan, shular qatorida A. Sarimsaqov tomonidan taklif qilingan (2-rasm) ishchi kameraning ikkala yon tomonlariga qoziqli tezlatgichlar o'rnatilib, eng yxshi samara berib ishlaydigan 220-240 ayl/daqiqa ekanligi aniqlangan. Bundan tashqari bir qator olimlar tomonidan jin ishchi kamerasiga xomashyo valigining zichligini 20÷25 % ga kamayishiga imkon berib

mashinaning ish unumdorligini bir dona arra bo'yicha $1,0 \div 1,1$ kg/arraga ortishiga imkon beruvchi, turli konstruksiyadagi tezlatgichlarni o'rnatish taklif qilingan [3].

Shu bilan bir qatorda arrali jin konstruksiyasining almashinuvchi asosiy ishchi organi, chiqimli qismi hisoblangan kolosnik panjaraaning yuzasiga o'yiqlar hosil qilib jinlangan chigitni kameradan chiqib ketishiga imkon yaratildi.

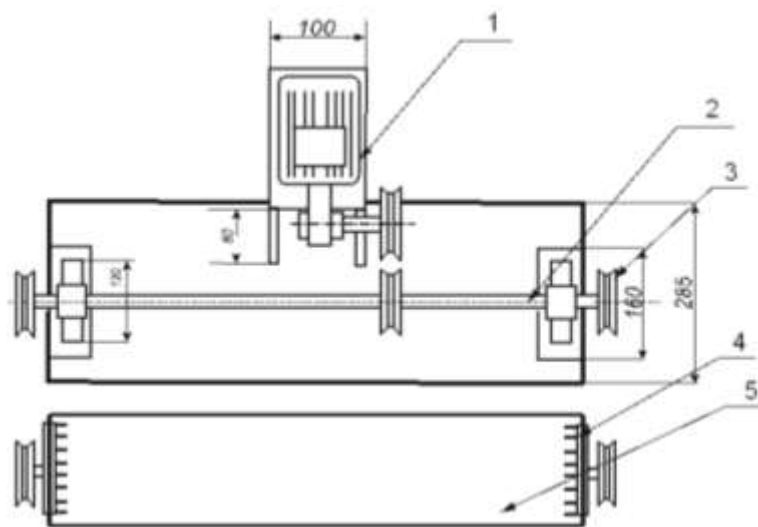
Yuqorida sanab o'tilgan ishlarda jin mashinasining konstruksiyasiga o'zgartirish kiritish orqali ijobiy natijalar olingan.

Jinlash jarayoning kechishidan arra diskleri dinamik yuklanishlar ta'sirida tebranma harakatda bo'lishi va bu tebranish jinlash jarayonining samaradorligini oshishiga sabab bo'lishi isbotlangan.

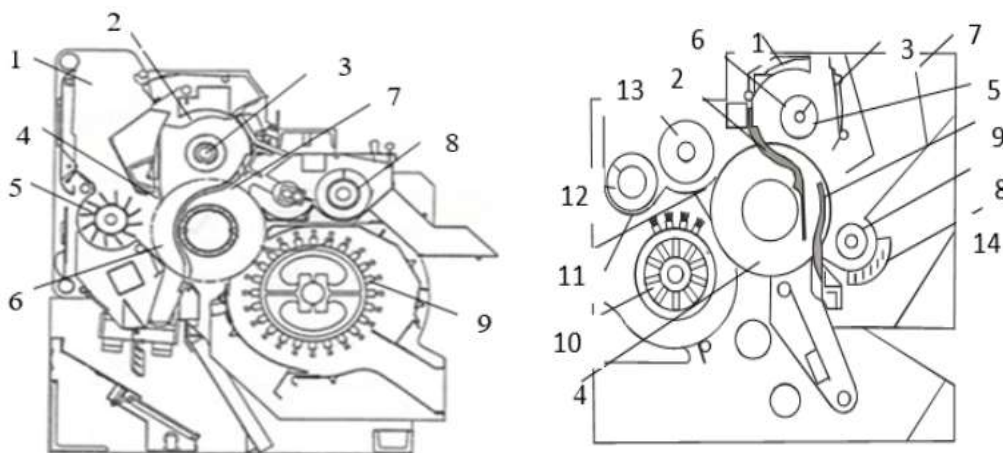
Horiyda, Amerikada ishlab chiqarishda keng qo'llanilgan "Lyummus" firmasining 170 arrali jinida (3-rasm) ishchi kameraga maxsus to'zitgich o'rnatilishi tolaning sifat ko'rsatkichlari va mashinaning ish unumdorligini oshishiga olib kelgan.

Ishchi kameraga to'planayotgan chigitni doimiy chiqarib turish mexanizmi – chigit shnegi o'rnatilgan konstruksiyasini "LEBED" firmasining jinida (4-rasm) ko'rishimiz mumkin.

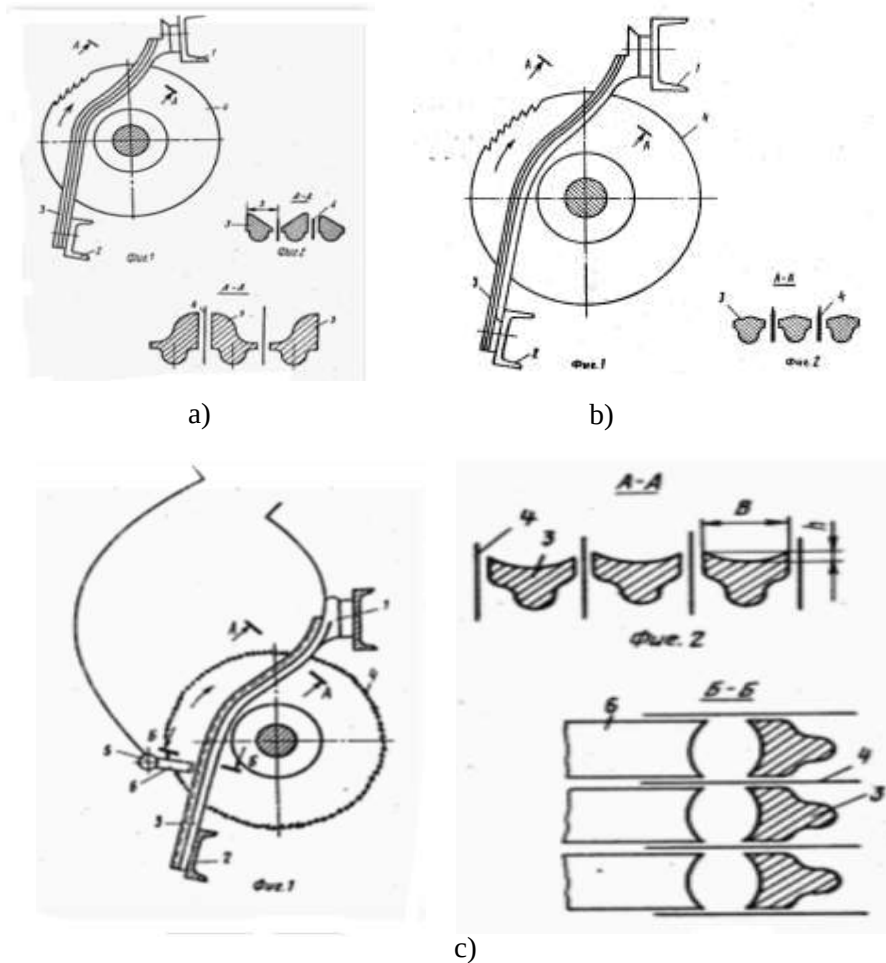
Jin mashinasi kolosniginig geometrik shakliga o'zgartirish kiritib chigitni imkoni boricha to'la jinlash bo'yicha Sh.T. Ergashev (5a-rasm), P.N.Tyutin (5b-rasm) va X.N. Sharipovlar (5c-rasm) samarali ishlar olib borishgan [4,5,6].



3-rasm. Qoziqchali tezlatgich o'rnatilgan ishchi kamera. 1-valni aylantiruvchi yuritma; 2-jin ishchi kamerasi orqasiga o'rnatilgan val; 3-shkv; 4-qoziqchali tezlatgich; 5-ishchi kamera.



4-rasm. "Lyummus" firmasining 170 arrali jinining sxemasi. a) "Lyummus" firmasining 170 arrali jinining sxemasi. 1-titish kamerasi; 2-ishchi kamera; 3-to'zitgich; 4-chigit tarog'I; 5-uzatuvchi baraban; 6-arrali silindr; 7-kolosnik panjara; 8-ulyuk shnegi; 9-cho'tkali baraban. b) "Lebed" firmasi arrali jinining sxemasi. 1-peshtoq brusi; 2-konsol kolsnik; 3-fartuk; 4-arrali silindr; 5-chigit olib chiqish mexanizmi; 6-chigit shnegi; 7-titish kamerasi; 8-uzatuvchi baraban; 9-tituvchi kolosnik; 10-cho'tkali baraban; 11-ulyuk tarog'I; 12-chiqndilar shnegi; 13-vintli valik; 14-kolosnik panjara.



5-rasm. Kolosnik geometrik o'lchmlari va shakli bo'yicha olib borilgan izlanishlar.
 a) Sh.T. Ergashev tomonidan taklif qilingan o'ng va chap kolosniklari. b) P.N.Tyutin taklif etgan kolosnik. c) X.N. Sharipov tomonidan taklif qilingan kolosnik.

Yuqoridagi ikkala rasmdagi yangi profilli kolosniklarda chigitlarni tezroq ishchi kameradan chiqib ketishi natijasida ularning shikastlanishi 0,84% va tola tarkibida nuqsonlarning hosil bo'lishi 0,5% ga kamayganligini ko'rish mumkin.

Jin mashinasining ishchi kamerada tola ajratish jarayonidagi dinamik yuklanishlarni N.M. Safarov tomonidan o'rganilib arra disklari ushbu yuklanishlar tar'sirida doimiy tebranishda bo'lishligi va bu holat jin mashinasining ish unumdorligiga, maxsulot sifatiga ta'siri o'rganish bilan birgalikda xomashyo valigining turli zichliklarida jinlashning dinamik va texnologik ko'rsatkichlarini aniqlash uslubini yaratishga bag'ishlangan tadqiqotida chigitlarning ishchi kamerada qolib ketish vaqtini kamaytirish ahamiyatini ochib berdi va buning yo'llarini ko'rsatib berdi [7].

Yuqoridagi aksariyat izlanishlarni amalga oshirish uchun ishchi kameraning geometrik shakli, o'lchamlarini o'zgartirish, qo'shimcha chiqaruvchi moslamalar o'rnatish va boshqa konstruktiv o'zgartyirishlarni kiritishni taqozo qilganligi, bu o'zgartirishlar o'z navbatida texnologik jarayonni amalga oshirishga yoki qurilmaga xizmat ko'rsatuvchi xodimga noqulayliklar tug'dirishiga olib kelganligi sababli qurilmada taklif qilmayotgan ishlanmalarni avvalambor xodimning xavfsizlik, qulaylik nuqtai nazaridan ishlab chiqish maqsadga muvofiq deb topildi.

Olib borilgan ilmiy izlanishlar natijalari va ishlab chiqarish jarayonidagi xizmat ko'rsatuvchi personal xodimlarning fikrini o'rganib, konstruktsiyaning ergonomik jiahtlariga e'tibor bergan holda shuni ta'kidlash mumkinki, kelajakdagi ilmiy izlanishlarni xomashyo valigiga jinlangan chigitlarni to'planishini oldini olish yo'lida arra va kolosniklar to'qnashgan nuqtada maksimal to'la

jinlanishiga erishish maqsadga muvofiqligi, buning uchun chigitning arra bilan kontaktini eng kam ko'rsatkichga tushirish, ya'ni birinchi kontakti o'zidayoq barcha tolalarini yechib olish xomashyo valigining toladorligini oshishiga, zichligini kamayishiga, chigit va toladagi nuqsonlarni kamayishiga shubhasiz sabab bo'ladi.

Adabiyotlar:

- [1]. Lugachev A.E., Salimov A.M. «Pervichnaya obrabotka xlopka» Uchebnoe posobie. TITLP 2007. 131 str.
- [2]. M.M.Abduvakhidov., R.M.Muradov., G.R.Juraeva "Research of the Issue of Lightening the Construction of the Gin Saw Cylinder". Engineering, 2021, 13, 224-235.
- [3]. Sarimsafov A.U. "Tola ajratish jarayonini samaradorligini oshirish maqsadida arrali jin ishchi kamerasini takomillashtirish" Dissertatsiya. Namangan/ 2018. 130b.
- [4]. Ergashev Sh.T. Avtorlik guvohnomasi 07.10.89. № 37 Byulleten.
- [5]. Tyutin P.N. Avtorlik guvohnomasi 23.10.81. № 39 Byulleten.
- [6]. X.Sharipov "jin mashibasi uchun kolosnik", № FAP 00808-2013.
- [7]. N.M.Safarov. "Paxta xomshyosining turli zichliklarida arrali jinlashning texnologik va dinamik ko'rsatkichlarini aniqlash metodikasini ishlab chiqish" Dissertatsiya. Toshkent. 1997. 108 b.

УДК 677.051

**ОЛТИ БУРЧАКЛИ ЎҚЛИ ЙЎНАЛИШЛИ АРАЛАШТИРИШ БАРАБАНИ ИЧИДАГИ
ТУКДОР ЧИГИТЛАРНИНГ ҲАРАКАТИ**

Х.Г. Диёров

*Термиз муҳандислик-технология институти, diyorovhusan@gmail.com
(Qabul qilindi 10.10.2023 y.)*

Мақолада олти бурчакли ўқли йўналишли аралаштириш барабани ичидаги тукдор чигитларнинг ҳаракати назарий ўрганилган. Олти бурчакли барабаннынڭ кўндаланг кесимида дориланган чигит миқдорини ўқ бўйича йўналишидаги ҳаракат тезлиги билан боғлайдиган қонуният олинди.

Таянч сўзлар ва иборалар. олти бурчак, дорилаш, суспензия, тукдор чигит, тебраниш, айланиш частотаси, оғиш бурчаги.

В данной статье теоретически изучены движение опушенных семян в осевом направлении внутри шестигранного смесительного барабана.

Ключевые слова: шестигранник, травление, суспензия, опушенных семян, колебания, круговая частота, угол наклона.

This article theoretically studies the axial movement of pubescent seeds inside a hexagonal mixing drum.

Keywords: hexagon, etching, suspension, pubescent seeds, vibrations, circular frequency, tilt angle.

Ҳосилдорликни ошириш, эрта ва сифатли қишлоқ хўжалиги маҳсулотларини олиш учун асос бўладиган эртароқ, бир хил ва бир хил кўчат олиш учун ҳаракатсиз ҳолатдан уруғлик ва экиш материални қайта ишлашнинг технологик усуллари алоҳида эътибор қаратиш лозим [1].

Уруғлик (экиш) материални экишдан олдинги замонавий ишлов бериш дорилашдан кўра мураккаброқ чорадир, чунки бу жараён давомида фунгитсид ёки ҳашарот-фугитсид дезинфекциялаш воситаларидан ташқари, ўсимлик ўсиши стимуляторлари, мураккаб микроўғитлар, индивидуал микроэлементлар ва плёнкаларни ўз ичига олган ҳимоя ва огоҳлантирувчи материаллар-ўсимликларнинг ўсиш жараёнларини ҳимоя қилиш ва рағбатлантиришни таъминлайдиган ҳосил қилувчи моддалар мавжуд [2].

Ҳозирги вақтда қишлоқ хўжалиги экинлари ҳосилдорлигига фаол таъсир кўрсатишга имкон берадиган маълум физик, кимёвий ва биологик омиллар тўплами синовдан ўтказилди. Кўп йиллик амалиёт ва жаҳон тажрибаси шуни кўрсатадики, сақланиб қолган ҳосилнинг 30%

га яқини тўғри танланган дезинфекциялаш воситаси билан юқори сифатли чигитларни қайта ишлашга боғлиқ.

Яқинда чигитларни кимёвий моддалар билан ишлов бериш экинларнинг ривожланишининг дастлабки босқичларида илдиз чириши, қор моғорлари, септория ва чанг чириётган билан курашиш учун зарур эди [3].

Чигитни зараркунанда ва касалликлардан асраш мақсадида экиш олдида ишлов бериш зарур ва самарали чора-тадбирлардан биридир [4-14].

Узлуксиз айланма аралаштириш барабанларида аралаштириш жараёнини моделлаштириш бир қатор қийинчиликлар билан боғлиқ, чунки тукилувчи материаллар фақат аралаштириш барабанининг кўндаланг кесимида эмас, балки унинг ўқи бўйлаб ҳам ҳаракатланади. Ушбу ҳаракатнинг характери ҳам аралаштириш барабанининг конструкциясига, ҳам унинг ишлаш параметрларига боғлиқ. Шу билан бирга, доимий айланма аралаштириш барабанларининг кўп турлари учун (барабан, тебраниш, тебраниш-айланиш ва бошқалар) бир қатор умумий турларни аниқлаш мумкин: радиусли йўналишда анча кучли аралаштириш билан радиал йўналишда айланма ҳаракатининг сезиларли даражада аниқланиши, оммавий материал; юклаш жойидан тушириш майдонига ўтишда аралаштириш барабанининг кўндаланг кесимини материал билан тўлдириш даражасининг пасайиши ва ўқли ҳаракат тезлигининг ошиши [15, 16, 17].

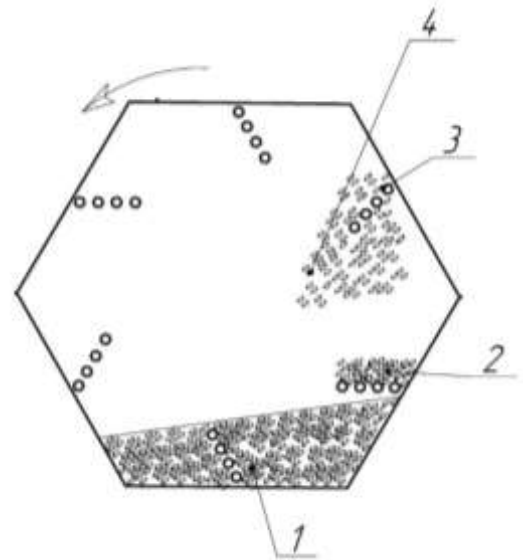
Барабаннинг технологик кўрсаткичлари куйидагилардан иборат: айланишнинг бурчак тезлиги - ω узунлик - L , радиус - R_0 , горизонтга оғиш бурчаги - α_0 , дорилаш суспензиясининг концентрацияси - C ; аралаштириш жараёнининг давомийлиги - τ , бўйлама аралаштириш коэффиценти - D , барабандан ўтувчи чигитларнинг оғирлик оқими тезлиги - Q , олти бурчакли аралаштириш барабанига импусланган тузлаш суспензияси зарраларининг туриш вақтининг нисбий дисперсияси - σ^2 , олти бурчакли аралаштириш барабанидаги тукдор чигитларнинг ўртача туриш вақти - $-\bar{t}$.

Биргаликда санаб ўтилган параметрлар чигитларнинг ишчи суюқлик зарралари билан алоқа қилиш вақти, суюқлик зарралари ва уруғларнинг умумий контактлари сони каби кўрсаткичларга чигитнинг чигитдан кейинги оғирлиги ва чигитнинг бир хиллиги таъсир қилади.

Бу ҳолда ишлов берувчининг олти бурчакли аралаштириш барабанида аралаштириш жараёнининг самарадорлигини ошириш учун, моддий жисмлар ҳаракатининг кинематик қонунларига асосланиб ва чигитнинг турли бурчакларда кўтаришни ҳисобга олган ҳолда, биз куйидагилардан иборат бўлган ечимни таклиф қиламиз: олти бурчакли цилиндрсимон барабан ичидаги думалоқ қувурлардан йиғилган колосникли панжараларни ўрнатиш, чигитларни юқорига кўтариш ва уларни жадал аралаштириш имконини беради.

Таклиф этилаётган ечим янги техник самара олиш имконини беради - барабаннинг алоҳида бўлимларида кўтариш бурчакларининг фарқи туфайли дориланган тукдор чигитларни аралаштириш жадаллигини оширади (1-расм).

Алоҳида тукдори чигитларнинг ҳаракатланиш циклини тўрт босқичга бўлиш мумкин: 1- тўкилишдаги ҳаракатланиш; 2- паррак билан биргаликда ҳаракат қилиш; 3- паррак бўйлаб ҳаракатланиш; 4- парракдан эркин тушиш (1-расм).



1-расм. Думалоқ трубади панжара кўринишида йиғилган барабанининг кўндаланг кесими 1-тўкилган чигит; панжара; 3-панжара устидаги чигит; 4- тўкилаётган чигит.

Чигитларни ўқли аралаштириш жараёнини тавсифлаш учун диффузия моделидан фойдаланиш мумкин [18], унга кўра вақт ўтиши билан ва барабан ўқи бўйлаб дорилаш суспензияси концентрациясининг ўзгариши қуйидаги тенглама билан тавсифланади:

$$\frac{dC}{d\tau} = D \frac{d^2 C}{dx^2} - w \frac{dC}{dx} \quad (1)$$

бу ерда C - аралаштириш суспензиясининг концентратияси;

τ – аралаштириш жараёнининг давомийлиги;

D – бўйлама аралаштириш коэффициентини;

x - барабан ўқи бўйлаб дорилаш суспензияси ишлов берилган чигитларнинг чиқишига киритилган нуқтадан масофа;

w - барабандан ўтувчи уруғлар оқимининг чизикли тезлиги.

D ва w вақт бўйича ўзгармас деган фараз остида (1) тенгламанинг қуйидаги ечими ишлатилган:

$$C(\tau) = \frac{G}{Q\delta\tau\sqrt{2\pi}} \exp\left[-\frac{(\lg\tau - \lg\bar{\tau})^2}{2 \times 0,43^2 \sigma^2}\right] \quad (2)$$

бу ерда $C(\tau)$ - тукдор чигитлар маълум бир кўндаланг кесимдан ўтганда, олти бурчакли аралаштириш барабанига импульсланган, дорилаш суспензиясининг концентратияси;

G – киритилган дорилаш суспензияси миқдори;

Q – барабан орқали тукдор чигитларнинг оғирлик сарфи;

σ^2 - олти бурчакли аралаштириш барабанига импульсланган дорилаш суспензияси зарраларининг туриш вақтининг нисбий дисперсияси;

$\bar{\tau}$ - олти бурчакли аралаштириш барабанида тукдор чигитларнинг ўртача яшаш вақти.

$\bar{\tau}$ ва σ^2 нинг рақамли қийматларини аниқлаш учун қуйидаги формулалар таклиф этилади:

$$\bar{\tau} = \frac{L}{\omega}; \quad \sigma^2 = \frac{2D\bar{\tau}}{L^2} \quad (3)$$

бу ерда L - олти бурчакли аралаштириш барабанининг узунлиги.

Кириш оқимидаги кенглиги ва баландлиги $G/\bar{\tau}_b$ бўлган "қадам" билан алмаштирилади. Бундай ҳолда, олти бурчакли барабандаги дорилаш суспензияси зарраларини аралаштириш вақтининг нисбий дисперсияси қиймати қуйидаги формула бўйича аниқланади:

$$\sigma_c^2 = \sigma^2 + \frac{\tau^2}{12\bar{\tau}^2} \quad (4)$$

(4) тенгламани (2) тенгламага қуйиб, (3) тенгламани ҳисобга олган ҳолда қуйидагига эга бўламиз [17]:

$$C(\tau) = \frac{G}{Q\tau\sqrt{\pi\frac{4D\omega^2\tau + \tau_B^2}{6}}} \exp\left[-\frac{(\lg\tau - \lg\bar{\tau})^2}{0,37 \times \left(\frac{2D\tau}{L^2} + \frac{\tau_B^2}{12\tau^2}\right)}\right] \quad (5)$$

(5) тенгламадан фойдаланиб, L_{max} барабан узунлигини аниқлаш мумкин, чунки кириш нуқтасидан L масофада оқимдаги дорилаш суспензияси концентрациясининг максимал қийматига эришилади.

Киришдаги максимал концентратиянинг оғиши ΔC_{max}^{bx} га тенг бўлса ва чиқишда ΔC_{max}^{bvx} бўлса, барабан узунлигини аниқлаш учун қуйидаги формула олинали, бу ΔC_{max}^{bx} дан ΔC_{max}^{bvx} гача текислашни таъминлайди:

$$L = \frac{w^3}{4D} \left[\frac{\sigma^2}{Q^2 \Delta C \pi} - \frac{\tau_B^2}{6} \right] \quad (6)$$

(6) формуладан кўриниб турибдики, қолган барча нарсалар тенг бўлганда, талаб қилинадиган барабан узунлиги фақат ўқли аралаштириш коэффициентини D қийматига боғлиқ бўлиб, уни ҳисоблаш учун қуйидаги эмпирик формуладан фойдаланилади [15, 16, 17].

$$D = k \omega^{0,9} d^{1,9} w^{0,1} \varphi^{0,25} \quad (7)$$

бу ерда K - материалнинг физик-механик хусусиятларига боғлиқ коэффициент (геометрик ўлчами 7 мм гача бўлган тукдор чигитлар учун уни $K = 0,210^{-3}$ га тенг олиш мумкин)

w – барабан айланишининг бурчак тезлиги, 1/с;

d – барабан диаметри;

ϕ - олти бурчакли барабанни тукдор чигит билан тўлдириш коэффициенти.

Аралаштириш жараёнида ҳар бир ўтишда иштирок этадиган материал ҳажмини аниқлаш учун, шунингдек, барабан аралаштиргичда мавжуд бўлган материал миқдорини аниқлаш керак [17]. Ушбу параметрни аниқлаш учун дастлабки маълумотлар сифатида барабаннинг юклаш ва тушириш майдонида айланиш даври эгаллаган майдонлардан фойдаланиш керак.

Агар барабан ўқи бўйлаб материал тақсимоти қонуни чизикли бўлса, барабанда жойлашган материал ҳажмини қуйидаги муносабатлар билан аниқлаш мумкин:

$$V = (F_n + F_k) L / 2, \quad (8)$$

бу ерда F_n ва F_k - олти бурчакли аралаштириш барабанининг сўнгги бўлимларида айланма схемаси эгаллаган майдонлар.

Олти бурчакли аралаштириш барабанининг юклаш жойидан масофа бўлиши билан кесмалардаги дориланган тукдор чигитлари миқдори камайишини ҳисобга олсак, тукдор чигитларнинг ўқли йўналишда силжиш тезлиги ошади, чунки оқимнинг узлуксизлиги шарти бўлиши керак. Шундай қилиб, олти бурчакли барабаннинг қўндаланг кесимида дориланган чигит миқдорини ўқ бўйича йўналишдаги ҳаракат тезлиги билан боғлайдиган қонуният мавжуд. Бизнинг ҳолатларимизда олти бурчакли аралаштириш барабанининг узунлиги, диаметри ва унумдорлиги ўзгармайди, шунинг учун аралаштириш жараёнини кучайтириш учун олти бурчакли аралаштириш барабани ичига ўрнатилган қўшимча аралаштириш мосламаларидан фойдаланиш керак.

Адабиётлар

- [1]. Хасанов Э.Р. Инкрустация семян зерновых культур при разработке конструкции барабанного протравливателя-инкрустатора семян // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2012. № 1. С. 52–56.
- [2]. Акрамов А.А. Разработка устройства для протравливания опущенных семян хлопчатника и обоснование его параметров. Дисс. на соиск. докт. философ. Ташкент. 2020. 114 С.
- [3]. <https://www.syngenta.kz/рекомендации-по-технологии-обработки-семенного-материала>.
- [4]. Политыко П. М. Защита озимых культур осенью // Защита и карантин растений. – 2008. № 8. С. 20–22.
- [5]. Семенина Т. В. Высевать только протравленные семена // Защита и карантин растений. 2008. № 8. С. 43.
- [6]. Бугаев П. Хорошие семена – добрый урожай // Сельский механизатор. – 2005. – № 5. – С. 26–27.
- [7]. Дорозов А. Влияние предпосевной обработки семян Пектином и микроэлементами на качество урожая озимой пшеницы, гороха и сои // Зерновое хозяйство. – Москва: 2001. – № 1 (4). – С. 31–33.
- [8]. Калашников К.Я. Борьба с пыльной головней пшеницы / – Москва Ленинград: Сельхозиздат, 1955.– 64 с.
- [9]. 9 Лепехин Н.С. Что дает протравливание семян // Защита растений. – 1994. – № 3. – С. 39.
- [10]. Методические указания по протравливанию семян сельскохозяйственных культур. – Москва: Колос, 1984. – 48 с.
- [11]. Ниязов А.М. Предпосевная обработка семян ячменя в электростатическом поле: Дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02 /Ижевская ГСА. – Ижевск, 2001. – 125 с.
- [12]. Таланов И.П. Влияние стимулирующих препаратов на урожайность и качество зерна пшеницы // Зерновое хозяйство. – 2001. – № 4 (7). – С. 21–22.
- [13]. Селиванов, Ю.Т. Исследование влияния осевого движения на процесс непрерывного смешивания сыпучих материалов во вращающемся барабане / Ю.Т. Селиванов, В.Ф. Першин // Известия вузов. Химия и химическая технология. – 2003. – Т. 46, Вып. 7. – С. 42 – 45.
- [14]. А.А.Акрамов, Х.Г.Диёров. Изучение процесса перемешивания протравленных опущенных семян в шестигранном смесительном барабане. НамМТИ илмий техник журнали, 4-сон 2022 й.
- [15]. Х.Г.Диёров. Смешивание опущенных семян с протравливающей суспензией в осевом направлении шестигранного смесительного барабана. 2022. 10(103). URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/14432>.
- [16]. Селиванов, Ю.Т. Математическое моделирование и практические рекомендации по проведению процесса смешивания сыпучих материалов / Ю.Т. Селиванов // Тез. докл. VII науч. конф. ТГТУ. – Тамбов, 2002. – С. 119.

- [17]. Першин В.Ф., Однолько В.Г., Першина С.В. Переработка сыпучих материалов в машинах барабанного типа. М.: Машиностроение, 2009 – 220 с.
- [18]. Суркова Л.В. Метод расчета непрерывно-действующих барабанных смесителей / Л.В. Суркова, Ю.И. Макаров // Химическое и нефтяное машиностроение. – 1972. – № 11. – С. 14–15.

МИНЕРАЛ ЎЎИТЛАРНИ ҚУРИТИШ ТАЖРИБА САНОАТ СИНОВЛАРИ

А.А. Ахунбаев

Фаргона политехника институти

e.mail: a.ahunboyev@ferpi.uz ORCID:0000-0001-6764-3690

(Қабул қилинди 26.09.2023 й.)

Аннотация: Мақолада суперфосфат минерал ўғитини қуритиш жараёни ва ишлатиладиган қурилмаларнинг конструкцияси таҳлил қилинган. “FARG’ONAAZOT” АЖНинг ишлаб чиқариш цехларидаги икки турдаги насадкаларнинг тажриба-саноат синовлари натижалари келтирилган. Синовлар асосида суперфосфат ўғитларини қуритиш учун материалнинг хусусиятларига қараб тавсия этилган насадкаларнинг шакллари ва ўлчамлари таклиф этилган.

Таянч сўзлар: барабанли қуритгич, суперфосфат, материалнинг намлиги, иситувчи ҳаво ҳарорати, материал ҳарорати, дисперсия таркиби.

Аннотация: В статье анализируются процесс сушки суперфосфатных минеральных удобрений, проблемы и конструкция применяемого оборудования. Представлены результаты промышленных испытаний двух типов насадок в промышленных цехах АО «FARG’ONAAZOT». На основе испытаний предложены формы и размеры рекомендуемых насадок в зависимости от свойств материала для сушки суперфосфатного удобрения

Ключевые слова: барабанная сушилка, суперфосфат, влажность материала, температура теплоносителя, температура материала, дисперсный состав.

Abstract: The article analyzes the drying process of superphosphate mineral fertilizers, problems and design of the equipment used. The results of industrial tests of two types of nozzles in the industrial workshops of FARG’ONAAZOT JSC are presented. Based on tests, the shapes and sizes of recommended nozzles have been proposed depending on the properties of the material for drying superphosphate fertilizer

Keywords: drum dryer, superphosphate, material humidity, coolant temperature, material temperature, dispersed composition.

Кириш

Қуритиш жараёни қаттиқ, ярим қаттиқ ёки суюқ ҳолатдаги маҳсулотлардан буғлатиш орқали сувни олиб ташлаш жараёни бўлиб, кўпинча қурилган маҳсулотни сотиш ёки қадоклашдан олдинги якуний ишлаб чиқариш босқичи ҳисобланади. Аммо, жараённинг аҳамиятига қарамай, кўп ҳолларда қуритгичларнинг тузилиши ва ишлаш режимлари муҳандисларнинг ишлаб чиқаришдаги тажрибасига асосланган ҳолда танланади [1].

Барабанли қуритгичлар турли соҳаларда кенг қўлланиладиган аппаратлар ҳисобланади. Саноатда ишлатиладиган барабанли қуритгичлар иссиқ ҳаво ва қаттиқ зарралар ўртасида конвектив иссиқлик алмашилиш усулига асосланган қурилмалар турига киради [2]. Қуритиш жараёнларида маҳсулотнинг ташқи кўриниши, унинг физик кимёвий параметрларини ва харидорбоплигини белгиланади. Шунинг учун, қуритилаётган ўғитбилан иссиқ ҳаво ўртасида интенсив контактни таъминлаш ва алоқа вақтини ошириш учун қуритиш барабани насадкасининг оптимал шакли ва ўлчамларини танлаш керак.

Аналитик тадқиқот усуллари

Маълумки, қуритиш барабанининг узунлиги бўйлаб материал турли хил намликка эга бўлиб, бунинг натижасида турли хил физик – кимёвий хусусиятларга эга бўлади. Масалан, оқувчанлик, табиий қиялик бурчаги ва ёпишқоқлик хусусиятлари материалнинг намлигига қараб, барабан узунлиги бўйича ўзгаради [1]. Қуритиш учун материалнинг хусусиятларига қараб, насадкаларнинг шакллари турлича бўлиши мумкин. Қаттиқ материал ёпишқоқ бўлса, насадка ва барабанининг ички деворларига ёпишиб қолса, насадканинг текис шакллари

қўлланилади. Қуритиш учун материаллар яхши сочилувчан бўлса, саноат қуритгичларда энг кўп ишлатиладиган турли бурчакли насадкалардан фойдаланиш мумкин.

Муайян насадка турини танлаш материалнинг маълум физик-кимёвий хусусиятларига ва якуний маҳсулотга қўйиладиган талабларга боғлиқ.

Аппаратнинг оптимал юкланиш коэффицентини аниқлашда насадкадаги материал ҳажмини, насадкалардан сочилган материал миқдорини билиш жуда муҳимдир [2]. Барабандаги материал миқдори оптимал қийматдан кам бўлиши унинг унумдорлигини пасайишига олиб келади.

Аксинча, ортикча материал аппаратда қуритиш жараёнида иштирок этмайдиган қатлам ҳосил бўлишига ва аппаратни ортикча юклашга олиб келади. Бу қуритиш жараёнининг интенсивлигининг пасайишига ва кераксиз энергия сарфига олиб келади. Агар барабанли қуритгичда насадка формасини материалнинг хусусиятларини ҳисобга олмасдан танланса, унинг тузилиши қуритилиши керак бўлган маҳсулотга етарлича мослаштирилмаган бўлса, бу материални тақсимлашда бир қатор камчиликларга олиб келади. Одатда, бир қуритгичда бир неча турдаги насадкалар қўлланилади ва маълум бир материалнинг намлиги ва ёпиштирувчи хусусиятларига қараб, ҳар бир қуритиш зонаси учун кўпроқ мос келадиган насадка шакли қўлланилади. Шу муносабат билан адабиётларда қуритгичдаги насадканинг бурчак ҳолатига қараб, ундаги моддий юкни аниқлашга қаратилган бир қатор тадқиқотлар, шунингдек, барабандаги заррачалар оқимининг гидродинамикасини ўрганиш усуллари мавжуд.

Қуритгичнинг оптимал юкланиш оралиғида ишлаши учун насадкалар томонидан юқорига кўтариб, сўнгра сочиб бериладиган қаттиқ моддалар миқдори ҳақидаги маълумотлар жуда муҳимдир. Тадқиқотчилар, барабаннинг оптимал ишлаши учун, унинг умумий ҳажмига нисбатан қаттиқ моддалар ҳажмини 10-15% оралиғида ва насадкаларнинг шакли ва сонини, қуритгичнинг иш шароитларига мос ҳолда танлашни тавсия қиладилар. Агар барабаннинг юкланиши ушбу диапазоннинг чегарасидан камроқ бўлса, қуритгич ўз имкониятларидан пастроқ, самарасиз ишлайди. Бошқа томондан, материал барабаннинг юкланиши диапазоннинг чегарасидан кўпроқ бўлса, қуритгичда ортикча миқдордаги материал тўпланади, бу қуритилаётган моддаларнинг аппаратда бўлиш вақтини қисқартиради. Бунинг оқибатида материалнинг бир қисми керакли намлик даражасигача қуритилмаслиги ва якуний маҳсулот сифатига салбий таъсир кўрсатиши мумкин.

Экспериментал тадқиқотлар

Биз тажрибаларда маълум бир материал учун оптимал насадка шаклини аниқлаш учун, турли шакл ва ўлчамдаги насадкаларни таҳлил қилдик [3]. Бунда суперфосфат минерал ўғити модел материали сифатида танланди. Тадқиқотда насадка шаклининг материални сочилиш тезлигига ва қуритгичнинг кўндаланг кесимида материалларнинг тақсимланишини ўрганилди. Шундай тажрибалар турли хил насадка шакллари учун ўтказилди ва сочиб бериш самарадорлиги тарқатиш функцияси қийматлари билан баҳоланди. Тажрибалар натижасида суперфосфат ўғитнинг юқори намлигида икки қисмли ва паст намлик ва сочилувчан ҳолатига уч қисмли насадкаларни танладик.

Биз ўрганаётган суперфосфат минерал ўғитни қуритиш жараёни «FARG'ONAAZOT» акциядорлик жамиятида олиб борилмоқда. «FARG'ONAAZOT» АЖ мажмуаси Ўзбекистон Республикасининг йирик кимё мажмуаси бўлиб, аммиак, аммоний нитрат, нитрат кислотаси, карбамид ва суперфосфат ўғитлари каби бир қанча маҳсулотлар ишлаб чиқаради. АС-72М цехида суперфосфатли ўғит ишлаб чиқариш йўлга қўйилган. “Farg'onaazot” АЖ да суперфосфат ишлаб чиқариш жараёни фосфорит уни ва сульфат кислотасини реакция муҳитида аралаштириш, аралашмага сульфат аммоний суюқланмасини сепиш орқали барабанли грануляторда гранулалаш, гранулаланган ўғитни қуритиш, регламент бўйича гранулометриқ таркибиларга ажратиш ва тайёр маҳсулотни қоплашдан иборат бўлиб, лойихаланган технологик чизик мавжуд классик усулларга нисбатан энергия тежамкор ҳисобланади. Тайёр маҳсулотни қуритиш барабанли гранулятордан кейинги бир ўқда жойлашган барабанли қуритгич ёрдамида амалга оширилади. Бироқ, тайёр суперфосфат

Ўғитининг гранулометрик таркиби ва термофизик хусусиятларининг таҳлили, уларни техник регламентни тўлиқ қаноатлантирмаслиги аниқланди. 1-жадвалда техник регламент талаблари ва қурилган маҳсулотнинг реал кўрсаткичлари келтирилган.

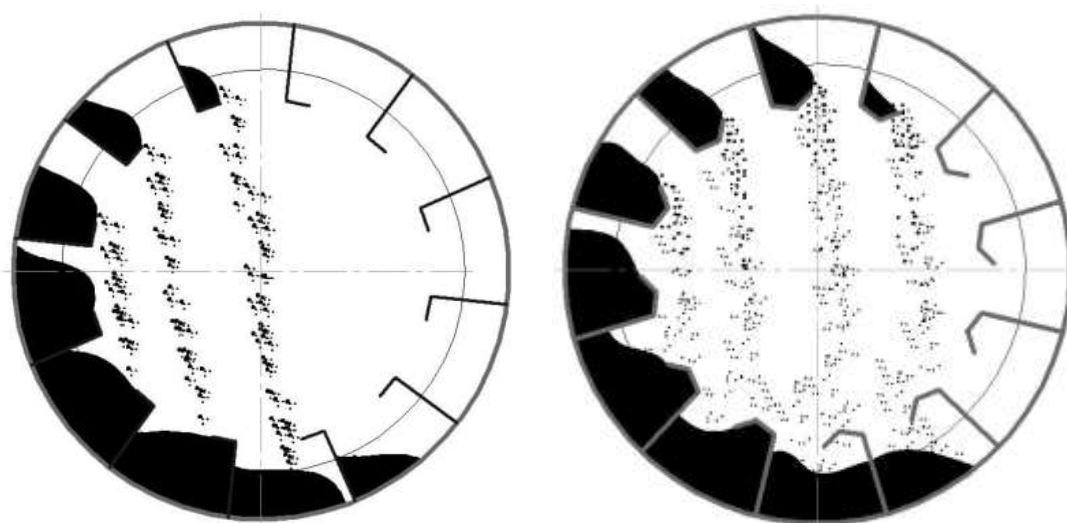
1-жадвал.

Параметрлар	Тайёр маҳсулот ҳарорати, 0С	Тайёр маҳсулот намлиги, %	Баҳолаш, %		
			< 1 мм	1-6 мм	>6 мм
Технологик регламентларга мувофиқ	45-50	10	25	75	5
Ўрнатишдан олдин реал параметрлар	65-75	10-14	41.9	47.3	10.8
Ўрнатишдан кейин реал параметрлар	47-53	8,7-11,0	12.7	70.5	16.8

Юқоридагилардан келиб чиқиб, АС-72М цехининг суперфосфат минерал ўғитларини ишлаб чиқариш жараёнидаги мавжуд муаммолари таҳлил қилинди. Горизонтал аралаштириш реакторида заррачалар юзасига аммоний сульфат эритмаси сочиб берилади ва ҳосил бўлган масса грануляция ва қуриштиш учун берилади. Бу жараён кетма-кет жойлашган иккита барабанли аппаратларда амалга оширилади. Биринчи барабанли грануляторнинг ўлчами Ø1,6×11,6 м, иккинчи барабанли қуритгичнинг ўлчами Ø2,2×10 м ташкил қилади. Барабанли қуритгичда гранулаларни иссиқ ҳаво оқимиға сочиб бериш учун ички насадкалар ва материал тақсимотининг самарадорлигини ошириш ва барабандан ўтишда чанг ҳосил бўлишини камайтириш учун тўсиқлар билан жиҳозланган. Ҳаво атмосферадан филтр орқали сўрилади ва калориферда иситилади. Минерал ўғит гранулалари иссиқликка жуда сезгирлиги ва бир меъёрга қуритилиши кераклиги сабабли, иссиқ ҳаво ва гранулалар бир вақтнинг ўзида барабаннинг юқори қисмидан берилади. Бу бирламчи иссиқ ҳавонинг таъсирида заррачалардаги юза намлигини буғланишини ва иссиқ ҳавонинг тез совишини таъминлайди. Кейин қаттиқ моддалар якунловчи қуриштиш учун иккинчи барабанли қуритгичга киради. Чиқиб кетаётган ҳаво оқими томонидан ушланган чанг тозалаш колоннасида (скруббер) ушланиб, у ерда сув билан эритилади ва олинган эритма нейтраллаштиргичга қайтарилади.

Тажрибаларнинг биринчи босқичда ишлаб чиқарилаётган ўғит гранулометрик таркибларга ажратилди ва унинг ҳарорати ҳамда намлиги аниқланди. Тажрибаларни ўтказишда белгиланган стандарт усуллардан фойдаланилди. Унга кўра ишлаб чиқарилаётган ўғит СМЦ-25 маркали сараловчи элак қурилмасининг лаборатория моделида 10 дақиқа давомида 3 босқичли саралашдан ўтказилди. Элак сеткаларининг ўлчами 1 ва 6 мм танланди. Олинган натижалар асосида ўғит фойзалар ҳисобида фракцияларга ажратилди. Бу 1-жадвалда келтирилган. Олинган натижалар ўғит ишлаб чиқариш линияси норматив ҳужжатларда белгиланган талабларга жавоб бермаслигини кўрсатади. Бундан ташқари, ўғитлар 1 мм дан кичик бўлган гранулаларни катталаштириш учун уларни қайта грануляция қилиш керак ва 6 мм дан катта ўғитларни эса майдалаш керак. Бу, ўз навбатида, жараёнга сарфланган вақт ва энергия миқдорини оширади. Ушбу ҳолатнинг пайдо бўлиши қуритгичдаги иссиқлик алмашинуви жараёнлари билан боғлиқ бўлиб, бу донатор ўғитни қуритгичга ўтказиш ва у ерда иссиқлик агенти билан етарли даражада алоқа йўқлиги билан боғлиқ. Жараёндаги барабанли қуритгич корпуси стандарт Г симон насадка билан жиҳозланган бўлиб, бу турдаги насадка конструкцияси минерал ўғитни сочиб беришга яхши мослашмаган ва уни танлашда ишлаб чиқарилаётган ўғитнинг физик хусусиятлари ҳисобга олинмаган. 1-расмда Г шаклидаги насадкани материал зарраларини сочиббериши кўрсатилган. Бу ерда қуритилиши керак бўлган материалнинг барабаннинг кўндаланг кесими бўйлаб тақсимланиши кўрсатилган бўлиб, тушаётган материалнинг пардаси билан қопланмаган очиқ зона мавжуд. Расмдан кўриниб турибдики, иситувчи ҳаво энг кам қаршиликка эга бўлган очиқ зонадан,

яъни материалнинг пардаси билан қопланмаган зонадан ўтади.



1-расм. Куритгич барабани насадкаларининг схемаси.

Натижада, куритгич иссиқ ҳаводан тўлиқ ва самарали фойдаланмайди. Бу иссиқ ҳаво ва куритилган материал ўртасидаги иссиқлик алмашинуви интенсивлигининг пасайишига олиб келади, куритиш жараёнининг тезлигини пасайтиради ва барабандан чиқиб кетаётган иккиламчи газлар ҳароратининг ошишига олиб келади. Цех оператори томонидан, зарур намликка эришиш учун иссиқ ҳаво сарфини ошириш керак бўлади.

Барабанли куритгичларни тадқиқ қилиш ва ишлаш амалиёти шуни кўрсатадики, куритиш барабанида мавжуд стандарт насадкаларнинг барабан ўқ чизиги бўйича қиялик бурчагини ўзгартириш, барабан юза кесими бўйлаб сочилаётган материал парда майдонининг сезиларли даражада ортишини таъминламайди. Агар насадка барабан ўқ чизиги бўйича ўрнатилса, парда майдони максимал бўлади, лекин у етарли бўлмайди. Барабан юза кесимининг ўнг ва чап томонида очик очик зоналар ҳосил бўлади. Парда майдонини кенгайтириш учун мўлжалланган бошқа техник тадбирлар қаторида насадкаларнинг шахмат тартиби ва насадканинг тароксимон қиррасидан фойдаланилади. Лекин барабан кесим юзасининг 30 - 40 % очик қолади. Куритгичдаги очик очик зонани йўқотишнинг мақбул ечими жараёнга мос насадкани танлаш ва унинг конструкцияни такомиллаштиришдир.

Куритиладиган материал ва иссиқлик ташувчининг контакт шароитларини яхшилаш орқали иссиқлик ва масса ўтказиш жараёнларини интенсивлаштириш мумкин. Бунинг учун материални барабаннинг юза кесими бўйлаб тенг равишда тақсимлаш имконини берувчи тарқатиш мосламаси талаб қилинади.

Куритиш барабанидаги газ ва қаттиқ фаза орасида иссиқлик ва масса алмашиниш 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 куйидагилар ҳисобланади:

- насадкалар билан сочилаётган материал ёмғирини барабаннинг кўндаланг кесими бўйича бир текис тақсимланишини таъминлаш;
- барабанни материал билан тўлиш коэффицентини орттириш;
- материал зарраларини куритиш ҳудудида бўлиш вақтини кўпайтириш.

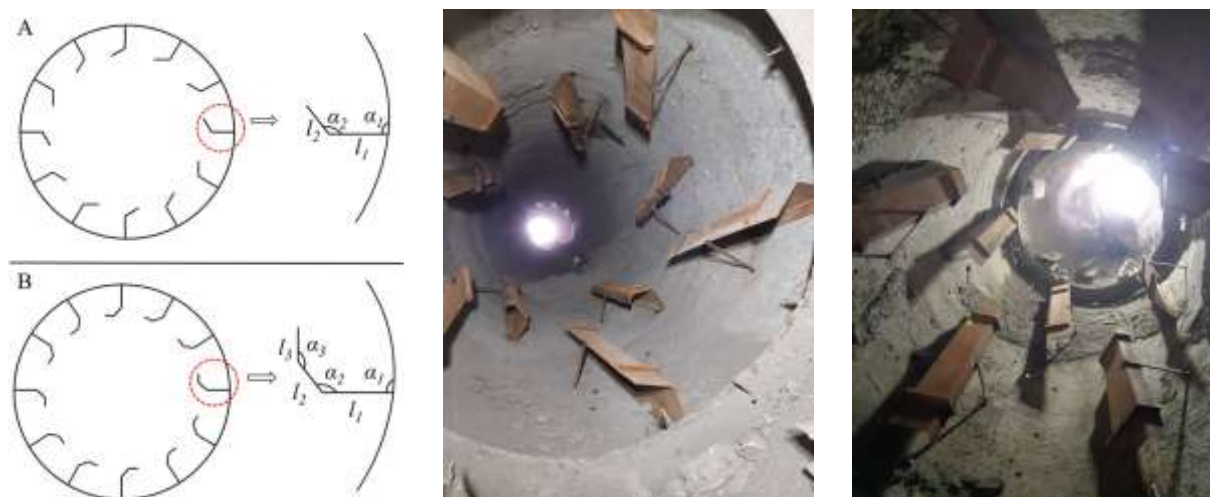
Материалнинг насадкадаги миқдорини, насадкалардан сочилаётган материал ёмғирининг миқдорини билиш аппаратнинг оптимал юкланиш коэффицентини аниқлашда жуда муҳим ҳисобланади. Барабандаги материал миқдорини оптимал кўрсаткичдан кам бўлиши, унинг иш унумдорлигини пасайишига олиб келади. Аксинча, материал миқдорининг ортикча бўлиши аппаратда куритиш жараёнида қатнашмайдиган қатламнинг

ҳосил бўлишига ва аппаратнинг ортиқча юкланишига олиб келади. Бу эса, қуритиш жараёнининг интенсивлигини пасайишига ва ортиқча энергетик ҳаражатларга олиб келади. Жараёндаги барабанли қуритгич материалнинг хусусиятларини ҳисобга олинмай насадка танланса, унинг конструкцияси қуритилаётган маҳсулотга яхши мослашмаган бўлса, бу материални сочиб беришда бир неча салбий ҳолатларга олиб келади. Тадқиқотчилар мавжуд насадкалар билан жиҳозланган қуритгичда барабан юза кесимида материал ёмғирини ҳосил қилишдаги салбий ҳолатларни таҳлил қилишган. Тадқиқотчилар қуйидаги салбий оқибатларни таъкидлайдилар:

Биринчидан, қуритгичда насадкалардан материални нотеккис сочилиши барабан кўндаланг кесими бўйича сочилаётган маҳсулот ёмғирида очик зоналарни ҳосил бўлади. Бу зонанинг ҳосил бўлиши, ҳаво оқимиға қаршиликларсиз, очик йўлнинг бўлишига ва бунинг оқибатида иссиқлик агентида тўлиқ, самарали фойдаланишни пасайтиради, бу эса қуритиладиган материал оладиган иссиқлик микдорини ва қуритиш жараёнининг интенсивлигини камайтиради.

Иккинчидан, қуритгичда очик зонанинг мавжудлиги ҳисобига иссиқлик агенти оқимининг тезлиги ортади, бу эса ўз навбатида материалнинг майда зарраларини иссиқлик агенти оқими билан чиқиб кетишини кўпайтиради, барабандан чиқаётган газларнинг ҳароратини ортишига ва қуритиш жараёнида иситувчи агентнинг ноэффektiv сарфланишига олиб келади.

Қуритгичдаги очик майдонни қисқартириш учун оптимал ечим маълум бир материалнинг физик-кимёвий хусусиятларини ҳисобга олган ҳолда маълум бир минерал ўғитни қуритиш жараёнига мос келадиган насадкани танлашдир. Биз АС-72М цехида икки турдаги насадкаларни таклиф қилдик ва ўрнатдик. Насадканинг мавжуд конструкциялардан авфзаллиги шундаки, биринчидан унинг материални тўкиш қисмининг маълум бир қияликни ташкил этиши қуритгичдаги очик зоналарни кескин камайишини таъминлайди. Иккинчидан қисмларнинг бурчак остида ўрнатилиши, материални насадкага тикилиб қолишини олдини олади. Нам материаллар билан ўтказилган тажрибаларда икки қисмли насадка материални сочиб бериш жараёнида нам материал насадкага ёпишиб қолмаслигини кўрсатди. Шунинг учун, суперфосфат минерал ўғити ишлаб чиқариш технологик чизиғининг барабанли грануляторига ўрнатиш учун икки ва уч қисмли насадкалар танланди. Таклиф этилаётган насадканинг схемаси ва фотосурати 2-расмда кўрсатилган.



2-расм. Таклиф этилган насадкаларнинг схемаси ва фотосурати.

Насадкаларнинг конструктив параметрлари 2-жадвалда келтирилган. Таклиф этилаётган насадкани реал ишлаб чиқариш шароитида синаш, унинг очик зоналарга таъсирини баҳолаш мақсадида иссиқлик алмашиниш юзаларини ҳосил қилувчи насадканинг икки қисмли ва уч қисмли конструкцияси ҳар бири 5 донадан 2,2 мм ли пўлат листлардан ишлаб чиқилди, ҳамда гидродинамик режимлари ва унинг иссиқлик алмашиниш

жараёнларига таъсири тадқиқ этилди. Насадкаларнинг 10 дона ярим саноат нусхаси тайёрланди ва барабанли куритгичга шахмат тартибида 2 зонадан иборат қилиб пайвандланди. Юқори намликдаги ва ёпишқоқ ўғитнинг осон тарқалиши таъминлаш учун барабан бошида икки қисмли насадкалар ўрнатилган. Барабан бўйлаб чала куритилган ва сочиловчан минерал ўғитлар учун уч қисмли насадкалар ўрнатилди.

2-жадвал.

Параметрлар	Бирлиги	Икки қисмли насадка	Уч қисмли насадка
L_1	мм	450	350
L_2	мм	320	350
L_3	мм	-	170
α_1	град	90	90
α_2	град	135	108
α_3	град	-	108
B	мм	1000	1000

Саноат синовларини ўтказиш кетма-кетлиги

1. Барабан кесим юзаси бўйлаб маҳсулотни тарқалишига насадканинг таъсирини визуал баҳолаш;
 2. Насадканинг иссиқлик алмашиниш жараёнига таъсирини тажрибавий аниқлаш;
 3. Насадканинг ўғит гронулометриқ таркибига таъсирини тажрибавий аниқлаш.
- 1-Барабан кесим юзаси бўйлаб маҳсулотни тарқалиши ва очик ҳамда ёпиқ зоналарнинг ҳолатини ўрганиш мақсадида икки босқичли тажрибавий тадқиқотлар ўтказилди.

Биринчи босқичда MATLAB дастуридан фойдаланиб, мавжуд куритгичнинг техник параметрлари асосида барабан кесим юзаси бўйлаб насадкалар шахмат тартибида 2 қатордан иборат қилиб жойлаштирилди. Насадкаларнинг ярим саноат нусхаси шахмат тартибида 2 зонадан иборат қилиб, биринчи зонага икки қисмли ва иккинчи зонага уч қисмли насадкалар ўрнатилди. Жараённинг визуал ҳолати схемаси ишлаб чиқилди ҳамда очик ва ёпиқ зоналарнинг қийматлари биринчи қатор учун тақрибий аниқланди. Унга кўра ёпиқ зона $1,30 \text{ м}^2$ ва очик зона $0,71 \text{ м}^2$ ташкил этди. Иккинчи қатордаги уч қисмли насадка учун мос равишда ёпиқ зона $1,36 \text{ м}^2$ ва очик зона $0,65 \text{ м}^2$ ташкил этди.

Иккинчи босқичда таклиф этилаётган насадканинг ишчи ҳолати ўрганилди. Мавжуд куритгичнинг техник параметрлари асосида барабан кесим юзаси бўйлаб насадкалар шахмат тартибида 2 қатордан иборат қилиб жойлаштирилди (2-расм). Иш жараёнининг фото суратлари олинди ва очик ва ёпиқ зоналарнинг қийматлари биринчи қатор учун тақрибий аниқланди. Унга кўра ёпиқ зона $1,39 \text{ м}^2$ ва очик зона $0,62 \text{ м}^2$ ташкил этди. Иккинчи қатордаги уч қисмли насадка учун мос равишда ёпиқ зона $1,44 \text{ м}^2$ ва очик зона $0,57 \text{ м}^2$ ташкил этди.

Таклиф этилаётган насадканинг ўрнатилган ҳолатида ишлаб чиқарилаётган ўғит гранулометриқ таркибларга ажратилди. Унга кўра ишлаб чиқарилаётган ўғит СМЦ-25 маркали сараловчи элак қурилмасининг лаборатория моделида 10 дақиқа давомида 3 босқичли саралашдан ўтказилди. Элак сеткаларининг ўлчами 1мм ва 10 мм танланди. Олинган маълумотлар 1-жадвалда келтирилган.

Хулоса:

1. Икки ва учта қисмли насадкаларнинг ўрнатилиши барабаннинг кесимини материал пардаси билан қоплаш миқдорини ошириш ва материал билан қопланмаган барабан қисми бўйлаб очик жойларни камайтириш имконини берди. Бу материал пардасининг иссиқ иссиқ ҳаво билан алоқасини оширишга ва иссиқлик алмашинуви жараёнини кучайтиришга имкон берди, бу таклиф қилинган насадкаларни ўрнатгандан сўнг минерал ўғитнинг охирги намлигининг дастлабки 10-14% дан 8,7-11% гача пасайишида акс этади.

2. Иссиқлик алмашинуви жараёнининг кучайиши газ иссиқ ҳаво сарфини камайтиришга имкон берди. Бу тавсия этилган насадкалар ўрнатилгандан кейин минерал ўғитнинг охирги ҳароратининг дастлабки $65-75^\circ\text{C}$ дан $47-53^\circ\text{C}$ гача пасайишига олиб келди.

Насадка ўрнатилиши ҳисобига иссиқлик узатиш жараёни ҳозирги ҳолатга нисбатан 1,7 баробар ошди, жараёнга сарфланган энергия эса 1,24 баравар камайди.

3. Иссиқ ҳаво сарфининг камайиши, жараёнга берилаётган иссиқлик энергиясининг камроқ миқдори туфайли "юмшоқ" қуришти режимини яратишга имкон берди. Бизнинг фикримизча, бу минерал ўғитлар доналарининг ёрилишини камайтирди ва 1 мм дан кичик фракция миқдорини камайтиришга имкон берди. Бу 1 мм дан кичик бўлган фракция миқдорини 41,9% дан 12,7% гача камайтирди.

Адабиётлар

- [1]. Mujumdar, A. S. Mujumdar's Practical Guide to Industrial Drying / A.S. Mujumdar ; edited by S. Devahastin. - Exergex Corporation, 2000. -187 p.
- [2]. Тожиев Р. Ж. и др. Анализ процесса сушки минеральных удобрений в барабанном аппарате //Universum: технические науки. – 2021. – №. 8-1 (89). – С. 31-36.
- [3]. Ахунбаев А.А., Хусанбоев М. Барабан насадқасининг оптимал шаклини тажрибавий аниқлаш. Науч.-техн. Журнал ФерПИ Фергана. 2023 спец вып № 3, 23-27 стр.
- [4]. Тожиев Р.Ж., Ахунбаев А.А., Миршарипов Р.Х. Анализ процесса сушки минеральных удобрений в барабанном аппарате // Universum: технические науки. 2021. №8-1 (89).

САНОАТДАГИ ЧИҚИНДИ ГАЗЛАРНИ ТОЗАЛОВЧИ ИККИ РОТОРЛИ АППАРАТ ГИДРОДИНАМИКАСИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ

А.С. Исомиддинов, К.Д. Мухамадсодиқов, Ф.К. Зайлобиддинов

*Фарғона политехника институти
(Қабул қилинди 26.09.2023 й.)*

Мақолада саноат чиқиндилари билан атмосферага чиқарилаётган газлар, уларни ҳўл усулда ушловчи икки роторли аппаратларда тозалаш самарадорлиги, қурилманинг тузилиши, қурилманинг умумий гидравлик қаршилиги, ишчи суюқликка таъсир этувчи гидродинамик кучлар, қурилманинг битта итуцери тешигидан оқиб чиқадиған суюқликнинг тезлигини аниқлаш масалалари кўриб чиқилган.

Таянч сўзлар: саноат чиқиндилари, атмосфера, газ, ҳўл, қуруқ, икки роторли аппарат, гидравлик қаршилиқ, гидродинамик кучлар, итуцер, газ суюқлик тизими, қаршилиқ коэффициенти босим.

В статье рассмотрены газы, выбрасываемые в атмосферу с промышленными отходами, эффективность очистки в двухроторных устройствах, улавливающих их мокрым способом, конструкция устройства, общее гидравлическое сопротивление устройства, гидродинамические силы, влияющие на рабочей жидкости, а также вопросы определения скорости жидкости, вытекающей из одного соплового отверстия устройства.

Ключевые слова: промышленные выбросы, атмосфера, газ, влажный, сухой, двухроторный аппарат, гидравлическое сопротивление, гидродинамические силы, сопло, газожидкостная система, коэффициент сопротивления, давления.

The article deals with gases emitted into the atmosphere with industrial waste, the cleaning efficiency in two-rotor devices that capture them in a wet way, the design of the device, the total hydraulic resistance of the device, hydrodynamic forces affecting the working fluid, as well as the issues of determining the velocity of the fluid flowing from one nozzle device openings.

Keywords: industrial emissions, atmosphere, gas, wet, dry, two-rotor apparatus, hydraulic resistance, hydrodynamic forces, nozzle, gas-liquid system, drag coefficient, pressure.

Бугунги кунда жахонда атмосфера ҳавосига қора ва рангли металлургия, кимё ва нефт кимёси, қурилиш индустрияси, энергетика ва ёқилғи саноатидан минглаб тонна чанглар ва турли токсик хусусиятга эга бўлган иккиламчи газлар ташланмоқда. Бу ҳолат саноат корхоналари жойлашган ҳудудларнинг экологик ҳолатига салбий таъсир кўрсатади, шунингдек меҳнат шароитлари ва санитария ҳолатини ёмонлашишига сабаб бўлади. Шу сабабли саноат корхоналарининг ишлаб чиқариш жараёнларида ҳосил бўладиган чанг ва

иккиламчи газларни тозалаш, улардан ишлаб чиқариш жараёнларида қайта фойдаланиш ҳамда экологик муаммоларни бартараф этиш муҳим аҳамиятга эга.

Саноат ишлаб чиқариш жараёнида ҳосил бўладиган турли ҳолат (газсимон, суюқ ёки қаттиқ) даги чиқиндиларнинг хоссаларини аниқ билиш уларни ушлаб қолиш ёки нейтраллаш усулини тўғри танлаш, жумладан чанг ушлаш самарадорлигини оширишнинг муҳим омили ҳисобланади.

Мутахассисларнинг маълумотларига қараганда, ҳар йили республикаимиз атмосфера ҳавосига 4 млн.тоннага яқин зарарли моддалар қўшилмоқда. Шуларнинг ярми углерод оксидига тўғри келади.

15% углеводород чиқиндилари

4% олтингугурт қўш оксиди

9% азот оксиди

8% қаттиқ моддаларни ташкил этади

4% га яқин чиқиндилар ўзига хос ўткир захарли моддаларга тўғри келади.

Атмосфера ҳавосини энг кўп ифлослантирувчи элементлар – углерод, азот оксидлари, углеводород ва саноат чанглари.

Бу эса ўз навбатида корхоналардан чиқаётган ташламаларни ўрганиш, самарали ечимларни топиш, қайта ишлаб чиқариш жараёнида фойдаланиш, атмосферани ҳимоя қилиш чора тадбирларини ишлаб чиқишдек долзарб масалаларни қўймоқда.

Саноат иккиламчи газларини тозалашда қўлланилаётган қурилмалар тозаланадиган газнинг физик ва кимёвий таркиби, унинг ўртача ўлчами ҳамда газнинг турли ҳил механизмларига асосланган ҳолда танланади [1,2.] .

Саноат чанглари (айрозоллари)нинг зичлиги, дисперслиги, адгезион хоссалари, абразивлиги, намланиш хоссаси, электр ўтказувчанлиги, чанг заррачаларининг шакли уларнинг физик-кимёвий хоссаларига асосланган ҳолда қурилма ва янги турдаги аппаратларни тадқиқ этиш ишлари асосида яратиш бугунги куннинг ечимини топиши зарур бўлган масалаларидан бири бўлиб қолмоқда.

Саноат чиқинди газлари газ-суюқлик тизимида ҳўл усулда ишловчи икки роторли аппаратда самарали тозаланади (1расм) [3]. Икки роторли аппаратнинг асосий вазифаси ва унга қўйиладиган техник талаблар:

Қурилманинг асосий вазифаси кичик гидравлик қаршилиқда юқори тозалаш самарадорлигини таъминлаш ва энергия сарфини камайтиришдан иборат.

Қурилма асосан кимё саноати ва саноатнинг бошқа соҳаларида ишлаб чиқариш жараёнларида ҳосил бўладиган иккиламчи газларни тозалашда қўлланилади.

Иккиламчи газларни тозаловчи қурилмаларга қўйиладиган техник талаблар бўйича қурилма гидравлик қаршилиги ва суюқлик сарфининг кичик қийматида тозалаш самарадорлиги 95% дан юқори бўлиши лозим [4;5].

Юқорида таъкидланганлар асосида иккиламчи газларни тозаловчи икки роторли қурилмаларга қўйиладиган талабларни қуйидагича шакллантириш мумкин:

қурилманинг тозалаш самарадорлигини 95% дан юқори бўлишини таъминлаш лозим. Бунда ўртача четланиш $\pm 2\%$ дан ошмаслиги керак;

қурилманинг умумий гидравлик қаршилиқ коэффициенти кўпи билан 8 га тенг бўлиши керак;

шлам қувурига ишчи суюқлик тўпланмаслиги лозим;

чангли газ билан бирга қурилмадан чиқиб кетадиган суюқлик томчисининг сарфи кам бўлиши лозим.

Қурилма айланувчи съёмник ва унга иккиламчи газни узатувчи қувур ҳамда вентелятор, суюқликни сепувчи штуцер, суюқлик тўпланадиган ванна ва шлам қувури билан жиҳозланган цилиндрсимон вертикал танадан ҳамда тозаланган газни атмосферага чиқарувчи потрубкадан ташкил топган бўлиб, вентелятор тозаланадиган газ оқимини сўриб олади ва йўналтирувчи қувурга узатади йўналтирувчи қувурга айланувчи съёмник (айланувчи сиёмникка тўртта оралиқ градуси 90 градусдан форсункалар ўрнатилган ва у

$$\xi_{\dot{u}k} = \frac{0,3164l}{d_{\dot{u}} \sqrt[4]{Re}} \quad (4)$$

(2.2) тенгламага (2.4) тенгламани қўйилса, у ҳолда (2) тенглама қуйидаги кўринишга келади, Па.

$$P_{\dot{u}k} = \frac{0,3164l \rho_{ap} v_{\dot{u}k}^2}{2d_{\dot{u}} \sqrt[4]{Re}}, \text{Па} \quad (5)$$

P_{mc} - газ оқимини тарқатувчи съёмникнинг йўналтирувчи тешигидан ўтгандаги йўқотилган босими бўлиб у қуйидаги тенглама орқали аниқланади, Па;

$$P_{mc} = \xi_{mc} \frac{\rho_{ap} \cdot v_{mc}^2}{2}, \text{Па} \quad (6)$$

бунда v_{mc} - газ оқимининг съёмник тешигидан оқиб чиқишдаги тезлиги, м/с; ξ_{mc} -съёмник тешигининг қаршилик коэффиценти бўлиб, уни Б.А.Алиматов ва И.Т.Каримовларнинг қувур тешиги қаршилик коэффицентининг қувур тешиги қалинлигининг тешик диаметрига нисбатига боғлиқ ҳолда ўзгариши бўйича ўтказган тажриба усулидан фойдаланиб аниқланади. У ҳолда ҳисоблаш тенгламасини қуйидагича ёзиш мумкин бўлади;

$$\xi_{mc} = \frac{\delta}{d_m} \quad (7)$$

бунда δ -съёмник тешигининг қалинлиги, мм; d_m -съёмник тешигининг диаметри, мм

(6) тенгламага (7) тенгламани қўйилса, у ҳолда (6) тенглама қуйидаги кўринишга келади, Па.

$$P_{mc} = \frac{\delta \cdot \rho_{ap} \cdot v_{mc}^2}{2d_m}, \text{Па} \quad (8)$$

P_{mc} - газ оқимининг суюқлик муҳитидан ўтгандаги йўқотилган босими бўлиб у қуйидаги тенглама орқали аниқланади, Па;

$$P_c = \xi_c \frac{\rho_{ap} \cdot v_c^2}{2}, \text{Па} \quad (9)$$

бунда v_c - газ оқимининг суюқлик муҳитидан ўтгандаги йўқотилган тезлиги, м/с; ξ_c -ишчи суюқликнинг газ оқимига кўрсатадиган қаршилик коэффиценти бўлиб, уни фақатгина тажриба йўли билан аниқланади.

ρ_{ap} -иккиламчи газ ва ҳаво аралашмаси зичлиги бўлиб, уни қуйидаги тенглама орқали аниқланади. кг/м³;

$$\rho_{ap} = \rho_x + (\rho_g \cdot \gamma), \quad (10)$$

бунда ρ_g – иккиламчи газ зичлиги, кг/м³; ρ_x – ҳаво зичлиги, кг/м³; γ – ҳаво таркибидаги иккиламчи газ миқдори, %.

(5) тенгламага (8) ва (9) тенгламаларни (1) тенгламага қўйилса қуйидаги кўринишга келади.

$$\Delta P_{ym} = \rho_{ap} \left(\frac{0,3164l v_{\dot{u}k}^2}{2d_{\dot{u}} \sqrt[4]{Re}} + \frac{\delta v_{mc}^2}{2d_m} + \frac{\xi_c v_c^2}{2} \right), \text{Па} \quad (11)$$

Ҳосил қилинган (11) тенглама орқали қурилмадаги умумий гидравлик қаршилигини аниқлаш имконига эга бўламиз.

(9) тенгламадаги қаршилик коэффицентини ξ_c аниқлаш мурракаб характерга эга ва турли четга чиқишларни талаб қилади. Шу сабабли қаршилик коэффицентини съёмникнинг газ оқими кучи таъсирида очиқ циклдаги ва суюқлик ичидаги айланишлар сонининг нисбати орқали аниқлаш тенгламасини киритамиз.

$$\xi_c = k \frac{n_{x\bar{o}}}{n_{c\bar{o}}}, \quad (12)$$

бунда $n_{x\bar{o}}$ – съёмникнинг табиий ҳаво босими таъсиридаги айланишлар сони, марта/минут; $n_{c\bar{o}}$ – съёмникнинг сув босими таъсиридаги айланишлар сони, марта/минут; k –тўғрилаш коэффициентлари бўлиб, уни тажриба йўли билан аниқланади.

Ушбу тенгламадан кўринадикки сув босими ёки қовушқоқлигининг ортиши қаршилиқ коэффициентининг кўпайишига сабаб бўлади.

Юқорида келтирилган омилларга асосланиб (11) тенгламага ўзгартириш киритиб, қурилманинг умумий гидравлик қаршилигини қуйидагича аниқлаш мумкин бўлади, Па.

$$\Delta P_{\text{ум}} = \rho_{\text{ар}} \left(\frac{0,3164 l v_{\text{йк}}^2}{2 d_{\text{э}} \sqrt[4]{\text{Re}}} + \frac{\delta v_{\text{мс}}^2}{2 d_{\text{м}}} + k \frac{n_{x\bar{o}} v_c^2}{2 n_{c\bar{o}}} \right) \quad (13)$$

Ишчи суюқликка таъсир этувчи гидродинамик кучларни асослаш. Бунга кўра Б–Б кесимдаги умумий йўқотилган босим қуйидагича тенг бўлади, Па:

$$\Delta P_{\text{сую}} = P_{\kappa} + P_{\text{ш}}, \quad (14)$$

бунда P_{κ} – суюқлик оқадиган қувур ичидаги геометрик босим бўлиб, у қуйидаги тенглама бўйича аниқланади, Па [8;9]:

$$P_{\kappa} = \rho g H, \quad (15)$$

бунда ρ – суюқлик зичлиги, кг/м³; g – эркин тушиш тезланиши, м/с²; H – суюқлик сатҳи баландлиги, м.

$P_{\text{сх}}$ – суюқликни тешиқдан оқиб чиқишидаги йўқотилган босим бўлиб, у Дарси-Вейсбаха тенгламаси бўйича аниқланади, Па;

$$P_{\text{ш}} = \xi_{\text{ш}} \frac{v_c^2 \cdot \rho_c}{2}, \quad (16)$$

бунда v_c – суюқликни тешиқдан оқиб чиқишдаги тезлиги, м/с; $\xi_{\text{сх}}$ – суюқликни штуцер тешигидан оқиб чиқишидаги қаршилиқ коэффициенти бўлиб, у штуцер тешигининг қалинлиги δ ва тешиқ диаметри $d_{\text{сх}}$ га боғлиқ. Қурилмани лойиҳалашда ушбу параметрларни ҳам инобатга олиш зарур. δ ва $d_{\text{сх}}$ га боғлиқ ҳолда қаршилиқ коэффициентини аниқлаш бўйича кўплаб илмий тадқиқот ишлари олиб борилган. Илмий-тадқиқот ишларида қаршилиқ коэффициентини аниқлаш мураккаб ҳарактерга эга ва турли четга чиқишларни талаб этганлиги сабабли умумий қонунлар асосида тажриба йўли билан аниқланади.

Қурилманинг битта штуцери тешигидан оқиб чиқадиган суюқликнинг тезлигини аниқлаш мақсадида Бернулли тенгламасини тадбиқ этиб, қувурдаги босим P_{κ} ва штуцер тешигидаги босим $P_{\text{сх}}$ ни тенг деб қабул қиламиз. У ҳолда (14) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин бўлади [8;9].

$$\rho_c g H = \xi_{\text{ш}} \frac{v_c^2 \cdot \rho_c}{2}. \quad (17)$$

Ҳосил қилинган (4) тенгламадан суюқлик тезлигини аниқлаймиз, м/с:

$$g_c = \sqrt{\frac{2(\rho_c g H)}{\rho_c \xi_{\text{ш}}}} = \sqrt{\frac{2gH}{\xi_{\text{ш}}}}, \quad (18)$$

(5) тенгликдан қурилманинг битта штуцери тешигидан оқиб чиқаётган суюқлик сарфини аниқлаш мумкин бўлади, м³/соат:

$$Q_c = 3600 \pi R^2 v_c = 3600 \pi R^2 \sqrt{\frac{2gH}{\xi_{\text{ш}}}}. \quad (19)$$

Қурилмага ишчи ҳолатда берилаётган суёқлик ёрдамида филтрловчи тўрли материал контакт юзасини тўлиқ намлаш ва чангли газларни юқори тозалаш самарадорлигига еришиш учун штуцерлар сони филтрловчи тўрли материалнинг контакт юзаси узунлиги бўйича танланади. У ҳолда (19) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин бўлади, м³/соат.

$$Q_c = 3600\pi R^2 v_c = 3600n\pi R^2 \sqrt{\frac{2gH}{\xi_{ш}}}, \quad (20)$$

бунда n –суёқликни сочувчи штуцерлар сони, дона.

(20) тенгламадан фойдаланиб қурилмага берилаётган ишчи суёқликнинг умумий сарфини аниқлаш имконига ега бўламиз.

Ишчи суёқликка таъсир етувчи гидродинамик кучларни асослаш. Бунга кўра Б–Б кесимдаги умумий йўқотилган босим қуйидагига тенг бўлади, Па:

$$\Delta P_{сую} = P_{\kappa} + P_{ш}, \quad (21)$$

бунда P_{κ} – суёқлик оқадиган қувур ичидаги геометрик босим бўлиб, у қуйидаги тенглама бўйича аниқланади, Па:

$$P_{\kappa} = \rho g H, \quad (22)$$

бунда ρ – суёқлик зичлиги, кг/м³; g – эркин тушиш тезланиши, м/с²; H – суёқлик сатҳи баландлиги, м.

Қурилманинг битта штуцери тешигидан оқиб чиқадиган суёқликнинг тезлигини аниқлаш мақсадида Бернулли тенгласини тадбиқ етиб, қувурдаги босим P_{κ} ва штуцер тешигидаги босим $P_{сх}$ ни тенг деб қабул қиламиз. У ҳолда (21) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин бўлади [8;9].

$$\rho_c g H = \xi_{ш} \frac{v_c^2 \cdot \rho_c}{2}. \quad (23)$$

Ҳосил қилинган (23) тенгламадан суёқлик тезлигини аниқлаймиз, м/с:

$$v_c = \sqrt{\frac{2(\rho_c g H)}{\rho_c \xi_{ш}}} = \sqrt{\frac{2gH}{\xi_{ш}}}, \quad (24)$$

(24) тенгликдан қурилманинг битта штуцери тешигидан оқиб чиқаётган суёқлик сарфини аниқлаш мумкин бўлади, м³/соат:

$$Q_c = 3600\pi R^2 v_c = 3600\pi R^2 \sqrt{\frac{2gH}{\xi_{ш}}}. \quad (25)$$

Қурилмага ишчи ҳолатда берилаётган суёқлик ёрдамида филтрловчи тўрли материал контакт юзасини тўлиқ намлаш ва чангли газларни юқори тозалаш самарадорлигига еришиш учун штуцерлар сони филтрловчи тўрли материалнинг контакт юзаси узунлиги бўйича танланади. У ҳолда (26) тенгламани қуйидаги кўринишда ёзиш мумкин бўлади, м³/соат.

$$Q_c = 3600\pi R^2 v_c = 3600n\pi R^2 \sqrt{\frac{2gH}{\xi_{ш}}}, \quad (26)$$

бунда n –суёқликни сочувчи штуцерлар сони, дона.

(26) тенгламадан фойдаланиб қурилмага берилаётган ишчи суёқликнинг умумий сарфини аниқлаш имконига ега бўламиз.

Юқорида баён қилинган фикрлардан келиб чиқиб қуйидаги хулосаларни қилиш мумкин.

1. Саноати ривожланган ҳудудлардаги корхоналардан атмосферага чиқарилаётган чиқинди газлар экологик вазиятни ва инсонлар саломатлигини ёмонлашувига сабаб бўлмоқда.
2. Саноат чиқиндиларидаги газларни хўл усулда тозаловчи аппаратлардаги гидродинамик қаршиликнинг камайиши газ тозалаш самарадорлигини ортишига олиб келади.

3. Курилмага ишчи ҳолатда берилаётган суюклик ёрдамида филтрловчи тўрли материал контакт юзасини тўлиқ намлаш ва чангли газларни юқори тозалаш самарадорлигига еришиш учун штуцерлар сони филтрловчи тўрли материалнинг контакт юзаси узунлиги бўйича танланиши керак.

Адабиётлар

- [1]. ГОСТ 17.2.3.02-90. Междугосударственный стандарт Охрана природы. Атмосфера. Сб.ГОСТов. – Москва: Издательство стандартов, 2004. – 16 с.
- [2]. ЎзДст 982-2000. Ўзбекистон республикаси давлат стандарти.
- [3]. Хошимов А.О., Тожиев Р.Ж., Муйдинов. А.А. Қувасой цемент заводи чангларининг асосий манбаалар ва атроф муҳитини муҳофаза қилиш тадбирлари // II Международной научно-практической конференции “Актуальные проблемы внедрения инновационной техники и технологий на предприятиях по производству строительных материалов, химической промышленности и в смежных отраслях” Фергана, 2018. 2 – ТОМ – Б. 384 – 385б.
- [4]. Варваров, В.В. Очистка выбросов при сушке хлебопекарных и кормовых дрожжей. – Известия вузов: Пищевая технология, 1984. – 43 с.
- [5]. Швыдкий В.С., Ладыгичев М.В. Очистка газов. Теплоэнергетик.–Москва, –2002. – 640с.
- [6]. Салимов. З. Кимёвий технологиянинг асосий жараёнлари ва қурилмалари. Том–1.– Тошкент: Ўзбекистон, 1994. – 366 б.
- [7]. Каримов И.Т., Алиматов Б.А., Оғир суюкликни оқиб чиқиш тезлигини аниқлашда ўтказилган тажрибавий тадқиқотлар таҳлили // Фарғона политехника институтининг илмий-техника журнали, – Фарғона, 2019. – №4. – Б. 103–110.
- [8]. B.O. Andersen, N.F.Nielsen, J.H. Walthe. Numerical and yexperimental study of pulse-jet cleaning in fabric filters // Powder Technology. – Netherlands, 2016. – 291, – pr. 284-298.
- [9]. Hassan Ali. Improvement of centrifugal wet scrubber design through laboratory yexperimentation and computational fluid dynamics. Diss. ... PhD. – Queensland, 2017. 227 p.

**NASOS AGREGATLARIDA VA QUVUR UZUNLIGI
TARMOG‘IDA KAVITATSIYA**

S.U. Jonqobilov, Sh.P. Xo‘shiyev, Sh.B. Bahodirov

“Toshkent irrigatsiya va qishloq xo‘jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti” Milliy tadqiqot universitetining Qarshi irrigatsiya va agrotekhnologiyalar instituti

sobirjonkobilov@gmail.com,
xoshiyevshp@gmail.com, bahodirovshohrux2613@gmail.com

(Qabul qilindi 26.09.2023 y.)

Recently, it has become common to regulate technological parameters, pressure and flow in pumping devices, to control cavitation processes in the pump assembly using a frequency-controlled electric drive, and to change the rotation speed of the pump impeller and, accordingly, to correct the operating technological parameters of the pump unit.

Key words: pump units, cavitation processes, impeller rotation speed, losses in the pump assembly, amplitude and frequency of pressure changes.

Nasos qurilmalarida texnologik parametrlarni, bosim va oqimni tartibga solish uchun yaqinda keng tarqalgan bo‘lib, chastotali boshqariladigan elektr haydovchi yordamida nasos majmuasida kavitatsiya jarayonlarini boshqarish hamda nasos pervanesinin aylanish tezligini o‘zgartirish va shunga mos ravishda nasos agregatining ish texnologik parametrlarini to‘g‘irlash.

Tayanch so‘zlar: nasos agregatlari, kavitatsiya jarayonlar, pervanesinin aylanish tezligi, nasos majmuasida yo‘qotishlar, amplituda va bosim o‘zgarishlar chastotasi.

В последнее время стало общепринятым регулировать технологические параметры, давление и расход в насосных устройствах, управлять кавитационными процессами в насосном агрегате с помощью частотно-управляемого электропривода, изменять скорость вращения рабочего колеса насоса и, соответственно, корректировать рабочие технологические параметры насосного агрегата.

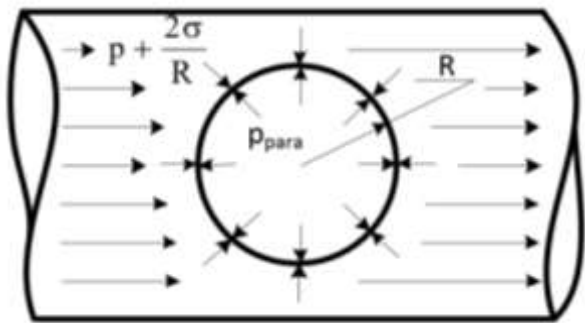
Ключевые слова: насосные агрегаты, кавитационные процессы, скорость вращения рабочего колеса, потери в насосном агрегате, амплитуда и частота изменения давления.

Nasoslarni paydo bo'lishi va rivojlanishi shuni ko'rsatadiki, nasoslarga avvalo suvni yuqoriga ko'tarib berish uchun mo'ljallangan gidravlik mashina deb qaralgan. Ammo, hozirgi vaqtda, nasoslarni qo'llanish sohalari juda ko'p va xilma-xildir. Shaharlarni ichimlik suvi bilan ta'minlash va ulardagi iflos suvlarni chiqarib tashlash, sanoat korxonalari hamda elektrostansiyalarni texnik suv bilan ta'minlashdan tashqari, yerlarni sug'orish va zax qochirish, energiyani yuqoriga to'plash hamda materiallarni tashishda qo'llaniladi [1,3,12].

Nasos ichida uning suv oqib o'tadigan qismida kavitatsion zona yuzaga kelganida haydalayotgan suyuqlik muhiti oqimini boshqarish uchun mo'ljallangan yo'naltiruvchi yuzalarning samarali shakli hamda ana shu muhit o'tadigan yo'lning o'zi ham o'zgaradi. Kavitatsion pufakchalar paydo bo'lishi, rivojlanishi va emirilishiga energiya sarfi bilan birga bu shunga olib keladiki, nasos ishi energetik parametrlari (uzatish, nasosning to'liq dami) pasayishi va FIKning tushib ketishi nasosdagi kavitatsiya paydo bo'lishining bevosita oqibati bo'lib chiqadi [2,6,8].

Nasos ishchi g'ildiragining parraklararo kanallarida kavitatsion zonalar hosil bo'lishi va ular keltirib chiqaradigan haydalayotgan suyuqlik muhiti zichligining o'zgarishi qator hollarda nasos rotori disbalansi, nasos vali deformatsiyalari va yo'naltiruvchi podshipniklarning notekis siyqalanishi yuzaga chiqishiga olib keladi. Bunday sharoitlardagi nasosning aylanib turgan ishchi g'ildiragi va nasos korpusining qo'zg'almas elementlari orasidagi zazorning muqarrar kattalashishi hajmiy yo'qotishlar ko'payishiga va butun nasos uskunasi energetik parametrlari tushib ketishiga olib keladi. Uzun quvurlar tarmog'iga ega bo'lgan murakkab nasos uskunalarida kavitatsion zonalarining paydo bo'lish, yana ko'proq darajada, ularning emirilish jarayoni gidravlik zarb hosil bo'lishiga olib kelib, unda bir zumlik bosim ushbu nasos uskunasi uchun ishchi bo'lgan bosimdan bir necha marta ortib ketishi mumkin [2,4,10].

Sanoat va kommunal issiqlik va suv ta'minoti uchun nasos majmualari murakkab elektro-gidravlik tizimdir, jumladan: nasos agregatlari, ko'p hollarda tartibga solinmagan elektr haydovchi, gidrodinamik tarmoq va vaqt o'zgaruvchan ish rejimiga ega bo'lgan iste'molchi. Nasos tizimlarining ishlashi vaqtida nasos agregatining ish rejimini joriy suv sarfiga mos ravishda o'zgartirish kerak. Nasosning texnologik parametrlarini tartibga solishning eng samarali usuli nasos pervanesinin aylanish tezligini sozlanishi elektr haydovchi yordamida o'zgartirishdir.



1-rasm. Statik muvozanatda bug' ko'pikining yuzasiga ta'sir qiluvchi kuchlar.

Nasos stantsiyasining bosim manifoltidagi bosim pasayganda va gidravlik tizimdagi suyuqlik harakatining harorat rejimi o'zgarganda, bug' yoki gaz bilan to'ldirilgan bo'shliqlarning davriy shakllanishi va qulashi bilan birga bo'lgan kavitatsiya jarayonlari sodir bo'ladi (kavitatsiya bo'shliqlari). Kavitatsiya jarayonlari nasoslarning g'ildiraklari va assimilyatsiya quvurlarida, aloqa tarmog'ining torayishi va burilish joylarida, sifon quvurlarida sodir bo'ladi, bu esa 6...20% amplitudali gidravlika tizimida bosim va oqimning o'zgarishiga olib keladi. Ushbu parametrlarning nominal qiymati, quvur liniyasining tiqilib qolishi va ish mahsulotini tashish uchun kuch yo'qotishlarining ko'payishi, gidravlik oqim kuchining 30% gacha bo'lgan gidravlika jihozlarning eskirishini oshiradi [4,5,12].

Maqola suv va issiqlik ta'minoti nasos qurilmalarida texnologik parametrlarni: bosim va oqimni tartibga solish uchun yaqinda keng tarqalgan bo'lib, chastotali boshqariladigan elektr haydovchi yordamida nasos majmuasida kavitatsiya jarayonlarini boshqarish usulini taklif qiladi. Nasos pervanesinin aylanish tezligini o'zgartirish va shunga mos ravishda nasos agregatining ish texnologik parametrlarini to'g'rilash gidravlika tizimidagi kavitatsiya zonalarining ko'rinishini nazorat qilish va gidravlika uskunalarini kavitatsiyadan himoya qilishni ta'minlash imkonini beradi.

Kavitatsiya gidrodinamika hodisasi sifatida, etarlicha batafsil Rojdestvenskiy V.V., Piersol I.S., Prandtl L., Birkogoff G., Altshul A.D. va boshqalarning ishlarida ko'rib chiqiladi, ular

gidravlik mashinalar pervanellarida mahalliy qarshiliklarda yuzaga keladigan kavitatsiya jarayonlarini nazariy va eksperimental tadqiq qilishni ta'minlaydi.

Kavitatsiya gidrodinamika hodisasi sifatida quvurlarda, nasos pervanellarida va gidravlik turbinalar pichoqlarida kuzatiladi va uskunaning tebranishining kuchayishi, materialning eroziv vayron bo'lishi, nasos va quvur liniyasi uskunalarining ishlash xususiyatlarining o'zgarishi bilan birga keladi [2,3,7].

Kavitatsiya hodisasini yaxshiroq tushunish uchun bug' bilan to'ldirilgan kavitatsiya pufakchasining o'sishi va yo'q qilinishi jarayonini batafsil ko'rib chiqaylik. Shunday qilib, aralashmalarsiz suyuqlik to'yingan bug'larining p_{para} bosimiga teng p bosim bilan harakat qilganda, u qaynaydi va natijada $2\sigma/R$ sirt taranglik kuchlarini hisobga olgan holda R radiusli bug' pufakchalari suyuqlik tomonidan uzatiladi. Ular yuqori bosimli hududga oqadi va kondensatsiyalanadi. $P < (P_{para} - 2\sigma/R)$ sharti bajarilganda, qabariq o'sadi; $P > (P_{para} - 2\sigma/R)$ da – pufak qisqaradi.

Ko'pgina hollarda suyuqlik oqimi ma'lum miqdorda erimagan gazni o'z ichiga oladi, ularning eng kichik pufakchalari radiusi $R_0 \approx 10^{-9}$ m ga teng. pufakchalarning o'sishi, uning yuzasi orqali gaz tarqalishi u yoki bu yo'nalishda sodir bo'ladi. Boyl-Mariott qonunini hisobga olgan holda bunday bug'-gaz pufakchasining statik muvozanat tenglamasi ko'rinishga ega, P_a :

$$P = P_{para} + \left(P_0 + P_{para} + \frac{2\sigma}{R_0} \right) \frac{R_0^3}{R^3} - \frac{2\sigma}{R} \quad (1)$$

bu erda R - pufakning radiusi, m;

σ – sirt koeffitsienti kuchlanish, N/m;

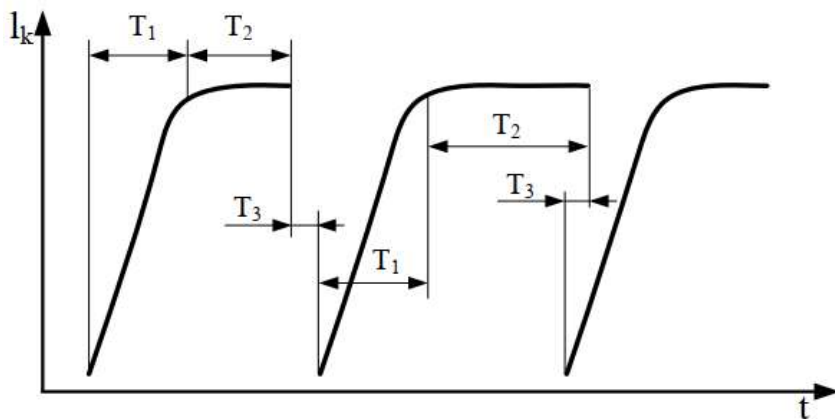
P_0 – pufakchaga ta'sir etuvchi dastlabki bosim, Pa;

R_0 – pufakning dastlabki radiusi, m.

Olingan bug'-gaz pufakchalari, taxminan, millimetrlarning o'ndan bir qismi, oqim bilan harakatlanadi va ular yuqori bosim zonasiga kirganda, qulab tushadi va shu bilan ulkan bosimni (taxminan 10^3 MPa)

rivojlantiradigan zarba to'liqini hosil qiladi. Bunday holda, ulardagi gaz eriydi va natijada paydo bo'lgan bo'shliq katta tezlashuv bilan suyuqlik bilan to'ldiriladi.

Ko'pgina hollarda, pufakchalarning o'sishi va qulashi (yo'q qilish) jarayonlari kavitatsiya bo'shlig'ining rivojlanishining quyidagi xarakterli bosqichlariga bo'linadi: kavitatsiya



2-rasm. Vaqt bo'yicha kavitatsiya bo'shlig'ining rivojlanish bosqichlari.

bo'shlig'ining T_1 o'sishi, uning paydo bo'lish nuqtasida ajralishi, u erda yangi bo'shliq paydo bo'lishi (stabilizatsiya vaqti T_2 kavitatsiya bo'shlig'ining l_k uzunligi), kavitatsiya bo'shlig'ining ajratilgan qismini T_3 g'orlarini yo'q qilish. Bunday holda, keyingi bo'shliq avvalgisini yo'q qilishdan keyin ham, undan oldin ham paydo bo'lishi mumkin.

Ishlar shuni ko'rsatadiki, kavitatsiya pufakchasi diametri 0,002 s dan 6 mm gacha o'sishi va 0,001 sekunda to'liq qulashi mumkin va 1 sm² maydonda kavitatsiyaning ma'lum sharoitlarida 30 milliondan ortiq kavitatsiya pufakchalari paydo bo'lishi va qulashi mumkin. [2,5,11].

Suyuqlik bilan to'ldirilgan quvurda kavitatsiyani aniqlash uchun intruziv bo'lmagan texnika taqdim etiladi. Ushbu texnika quvurga o'rnatilgan bir juft tashqi sensordan kelgan signallar orasidagi muvofiqlik funktsiyasidan foydalanadi. Kavitatsiya bo'lmagan sharoitda signallar orasidagi faza tuzilishi barqaror bo'lib, yuqori muvofiqlikni beradi. Kavitatsiyaning mavjudligi barqarorlikni buzadi va kogerentlikning sezilarli pasayishiga olib keladi. Texnika sensorlar sifatida

piezo akselerometrlar va PVDF bobinlari yordamida tekshirildi. Ikkinchisi chiziqli uzatish funktsiyasi orqali quvurning ichki bosimi pulsatsiyalariga bog‘liq elektr zaryadini chiqaradi. PVDF lasan sensori tomonidan kavitatsiyani aniqlash klassik akselerometrlar erishganidan yuqori natijalarni berishi aniqlandi.

Xulosa shuni ko‘rsatadi, suyuqlik oqimida harakatlanuvchi jismlar kavitatsiya jarayonlarini nazorat qilishning mavjud usullari quvurlarni himoya qilish moslamalarini (suv-havo tanklari, aeratsiya klapanlari, suv kirish idishlari, suv ustunlari) o‘rnatish, suyuqlikka qo‘shimchalar qo‘shish va suyuqlik yoki havoni kavitatsiya maydoniga kiritishga asoslangan. Yuqorida sanab o‘tilgan usullar kavitatsiyaning halokatli xususiyatlarini sezilarli darajada pasayishiga olib keladi, ulardan foydalanish qiyin va qimmat. Karelin V. Ya., Gryanko L. P. asarlarida, Altshulya A.D., Pilipenko V.V. va boshqalar nasos pervanining aylanish chastotasini kamaytirish, kavitatsiya jarayonlarining mavjudligi yoki ularning to‘liq yo‘qligi sababli nasos majmuasida yo‘qotishlar, amplituda va bosim o‘zgarishlar chastotasini sezilarli darajada kamaytirishga olib kelishini ko‘rsatdi.

Adabiyotlar

- [1]. Алалыкин Г. Б., Годунов С. К., Киреева И. Л., Плинер Л. А. Решение одномерных задач газовой динамики в подвижных сетках. М., Наука, 1970, 112 с.
- [2]. Рахматулин Х.А., Мирхамидова Х.Б. Гидравлический удар в трубах круглого сечения при движении многофазных сред. - Изв. АН УзССР, сер. техн. наук: Механика, 1970, № 5, с. 27...30.
- [3]. Арифжонов А.М., Жонкобилов У.У. Гидравлический удар в однородных и газожидкостных напорных трубопроводах. Монография. Тошкент, ТИИИМСХ, 2018. - 142 с.
- [4]. Жонкобилов У.У. Исследование вакуума при гидравлическом ударе с учетом растворенного газа. Инновационное развитие. Международный научный журнал. г. Пермь, №2, 2017, с. 6.
- [5]. Жонкобилов У.У. Жонкобилов С.У. Экспериментальное исследование коэффициента политропы при гидравлическом ударе с воздушно-водяном потоком. Журнал «Архитектура. Строительства. Дизайн», Ташкент, №4, 2019. - С.193-195.
- [6]. Онищенко Г.Б. Электропривод турбомеханизмов/Г.Б. Онищенко, М.Г. Юньков.- М. :Энергия, 1972.240 с.
- [7]. Лезнов Б. С. Экономия электроэнергии в насосных установках / Б.С. Лезнов.- М.: Энергоатомиздат, 1991. - 144 с.
- [8]. Лезнов Б. С. Энергосбережение и регулируемый привод в насосных и воздухоудных установках / Б. С. Лезнов – М. : Энергоатомиздат, 2006. – 360 с.
- [9]. Карелин В. Я. Насосы и насосные станции / В. Я. Карелин, А. В. Минаев. - М. : Стройиздат, 1976. - 320 с.
- [10]. Карелин В. Я. Насосные станции с центробежными насосами / В. Я. Карелин, Р. А. Новодережкин. - М. : Стройиздат, 1983. - 204 с. 6. Контаутас Р. К. Электропривод для насосных станций / Р. К. Контаутас // Жилищное и коммунальное хозяйство. – 1985. - № 8. - С. 29–31.
- [11]. Кострюкова В. А. Основы гидравлики и аэродинамики / В. А. Кострюкова. – М. : Высшая школа, 1975. – 220 с.
- [12]. Попович М. Г. Электромеханические системы автоматического управления та электроприводы: [навч. посібник] / М. Г. Попович, О. Ю. Лозинський, В. Б. Клепиков. – К. : Либідь, 2005. – 680 с.

УДК 677.02

АРРАЛИ ЖИН АРРАЛИ ЦИЛИНДРИ ОЛТИ ҚИРРАЛИ ВАЛИНИНГ СТАТИК ҲИСОБИ

Б. Миржалолзода, М.М. Абдувахидов, А. Умаров, А.А. Акбаралиев

*Наманган муҳандислик-технология институти, Ўзбекистон, akmal.umarov@mail.ru
(Қабул қилинди 26.09.2023 й.)*

Тадқиқот ишида аррали жин аррали цилиндрни учун таклиф қилинган 6 қиррали валнинг статик ҳисоби олиб борилган. Бунда SolidWorks компьютер дастуридан фойдаланилган. Тақомиллаштирилган вални пахта тозалаши корхоналарида қўллаш ва келтирилган ҳисоб методикасини бошқа ишчи органларни статик таҳлил қилишида фойдаланишига тавсия қилинади.

В исследовании проведен статический анализ шестигранного вала предложенного для пильного цилиндра пильного джигана. Здесь использовалась компьютерная программа SolidWorks. Совершенствованный вал рекомендуется к применению на хлопкоочистительном заводе, а приведенную методику расчета – в статическом анализе других рабочих органов.

The study carried out static analysis of the hexagonal shaft proposed for the saw cylinder saw gin. The computer program SolidWorks was used here. The improved shaft is recommended for use at a cotton gin, and the above calculation method is recommended for use in a static analysis of other working bodies.

Калим сўзлар: аррали жин, аррали цилиндр, вал, SolidWorks, статик ҳисоблаш, кучлар, буровчи момент, кучланиш, кўчиш, деформация, мустаҳкамлик захираси.

Ключевые слова: пильный джиг, пильный цилиндр, вал, SolidWorks, статический расчет, силы, вращающий момент, напряжение, перемещение, деформация, запас прочности.

Keywords: saw gin, saw cylinder, shaft, SolidWorks, static calculation, forces, torque, stress, displacement, deformation, margin of safety.

Қириш. Аррали жинларда аррали цилиндр энг катта ташқи юкланишлар таъсирида бўлади. Аррали цилиндр деталарининг етарлича бўлмаган мустаҳкамлиги ва бикрлиги, ҳамда тебранишлар жинлаш жараёнини ёмонлашишига ва толанинг сифатини бузилишига олиб келиши мумкин. Шунинг учун вал, арра дисклари, арра дискларининг тишлари, кистирмалар ва қисувчи шайбаларнинг куч ҳисобларини бажариш жуда муҳим.

1-расмда аррали цилиндр вали ва унга таъсир этувчи юкланишларнинг ҳисоб схемаси келтирилган. Валга таъсир этувчи ташқи юкланишларга қуйидагилар киради:

- таянчлар орасидаги валга таъсир этувчи тенг тақсимланган юкланиш (хомашё валиги оғирлиги таъсирини, кичиклиги учун, ҳисобга олмаймиз)

$$q_1 = \frac{G_v + G_{ar} + G_q + G_{q.sh.}}{l_0}, \quad (1)$$

бу ерда: G_v – таянчлар орасидаги вал оғирлиги, кг;

G_{ar} – арралар оғирлиги, кг;

G_q – кистирмалар оғирлиги, кг;

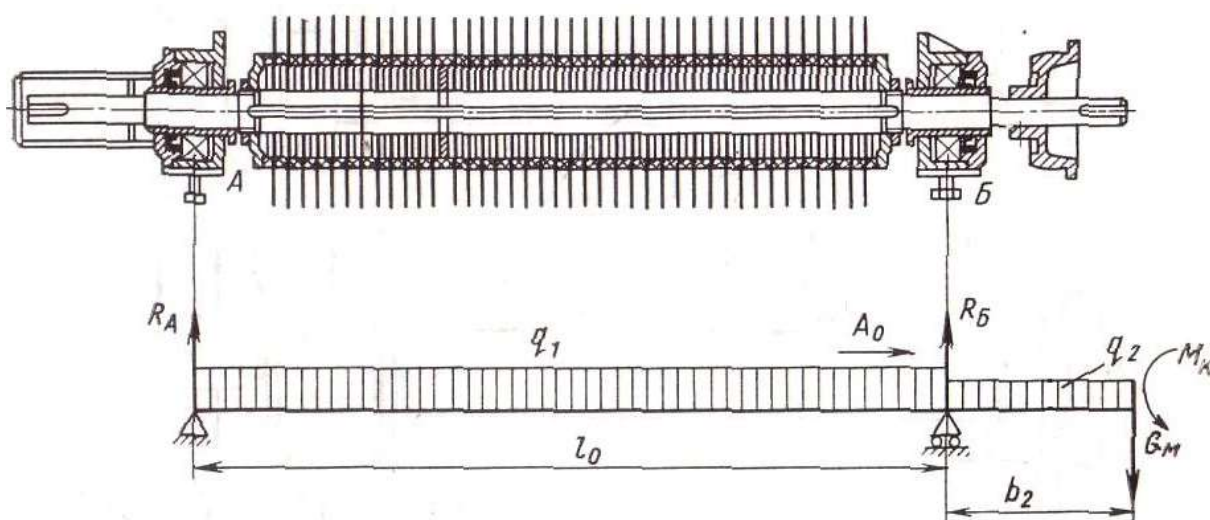
$G_{q.sh.}$ – қисувчи шайба оғирлиги, кг;

- валнинг консол қисмида тенг тақсимланган юкланиш q_2 ;

- арраларни ўқий қисиш кучи A_0 ($A_0 = 20 \cdot 10^3 \text{ N}$);

- муфта массаси G_m ;

- электромоторнинг буровчи моменти M_b .



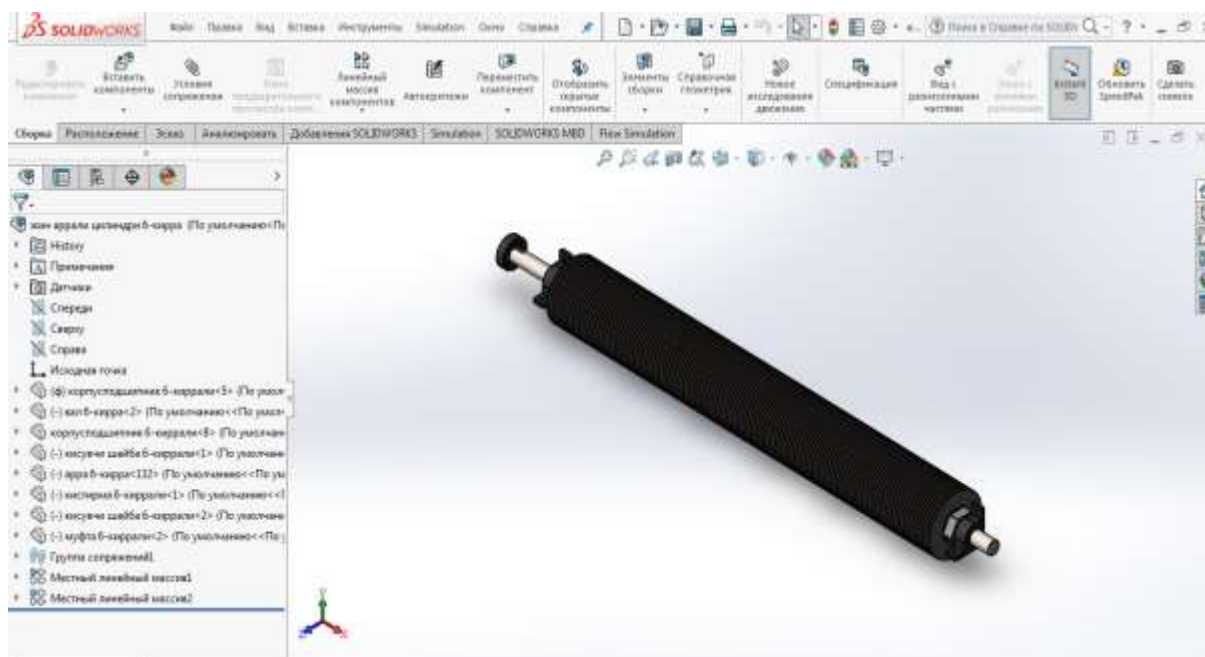
1-расм. Аррали цилиндр вали ва унга таъсир этувчи юкланишларнинг ҳисоб схемаси.

Аррали цилиндрга таъсир этаётган буровчи момент M_b

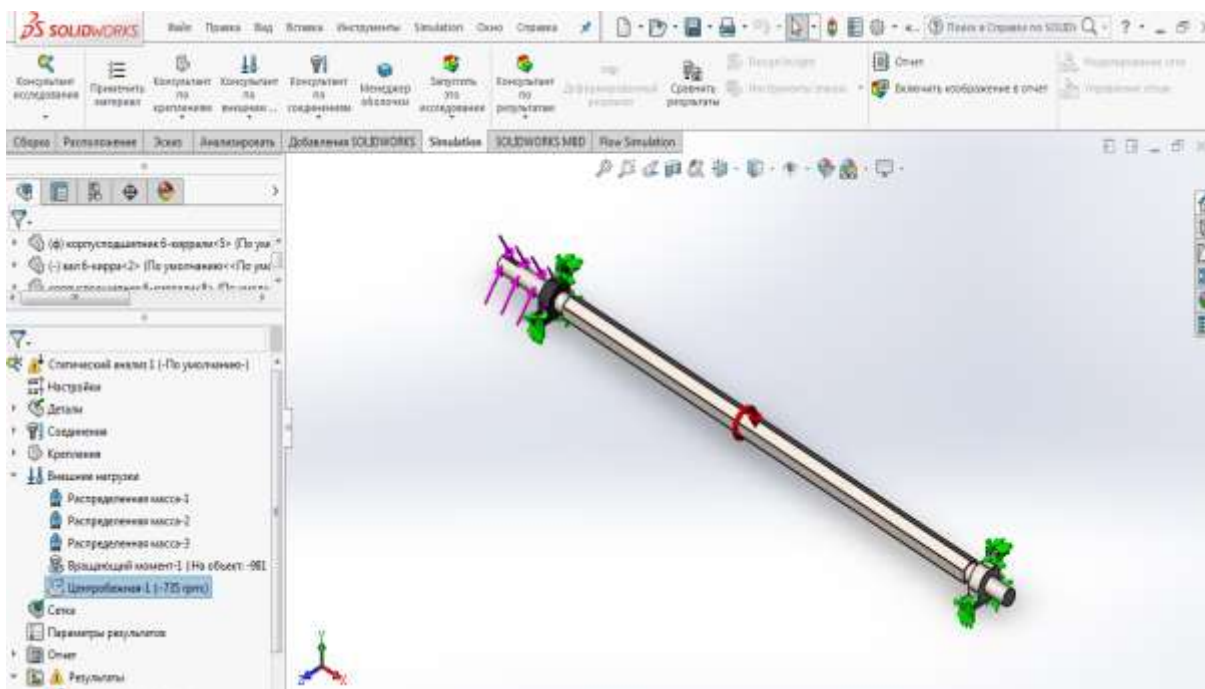
$$M_b = 9550 \cdot \frac{N}{n} \quad \text{Nyuton} \cdot m, \quad (2)$$

бу ерда: N – аррали цилиндрга узатиувчи кувват (4ДП-130, 5ДП-130 жинлар учун $N = 75 \text{ kVt}$, ДПЗ учун $N = 45 \text{ kVt}$);
 n – аррали цилиндрнинг айланиш тезлиги ($n = 730 \text{ ayl/min}$).

$$M_b = 9550 \cdot \frac{75}{730} = 981 \quad \text{Nyuton} \cdot m.$$



а)



б)

2-расм. 6 қиррали валли аррали цилиндрнинг 3D кўриниши (а) ва ташқи кучларни қўйилиши (б).

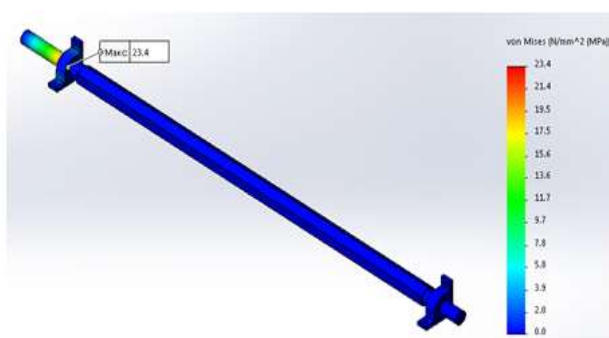
Турли хил валлар учун олинган маълумотлар

Валнинг тури	Арранинг массаси, кг	Валнинг массаси, кг	Аррали цилиндр массаси, кг	Валга тушадиган масса, кг	Валнинг максимал кучланиши, МПа	Валнинг максимал кўчиши, мм	Валнинг максимал деформацияси	Валнинг мустаҳкамлик захираси
Юмалок вал								
1-вариант	0,54212	161,76	319,82	296,32	24,0	0,33	0,00017	7,4
2-вариант					24,0	0,32	0,00018	7,7
8-қиррали вал								
1-вариант	0,54759	148,37	307,14	283,64	60,2	0,22	0,00062	3,7
2-вариант					72,4	0,21	0,00065	3,7
6-қиррали вал								
1-вариант	0,55189	137,86	297,52	274,02	23,4	0,040	0,00014	11,6
2-вариант					23,3	0,039	0,00014	11,4
Фарқи (юмалок ва 6-қирраники)	0,00977	-23,9	-22,3	-22,3	-0,7	-0,28	-0,00003	3,7
Фарқи, %	1,8	-14,8	-7,0	-7,5	-2,9	-84,8	-16,7	48,1

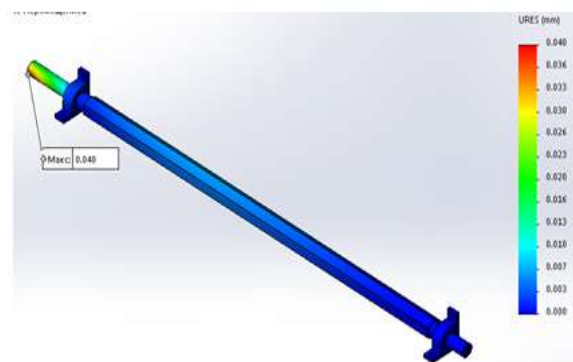
1-вариант – вал ариқчаси (қирраси) тепага қарагандаги ҳолат;

2-вариант – вал 90 градусга бурилгандаги ҳолат;

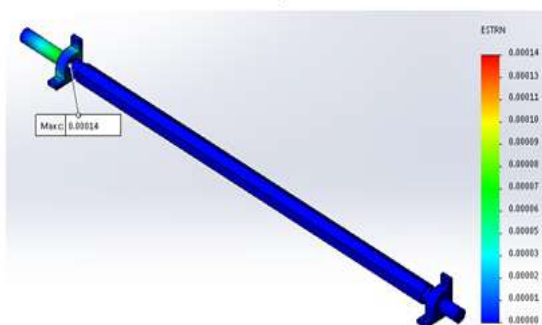
"-" ишораси – камайганини, "+" ишораси – ортганини билдиради.



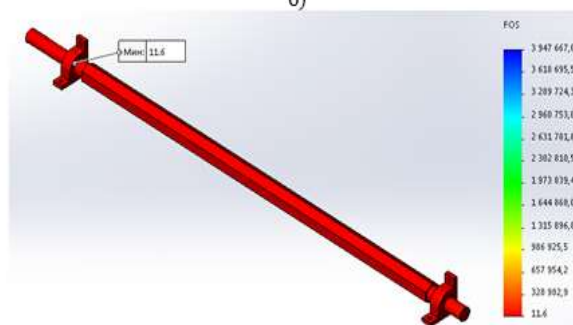
а)



б)

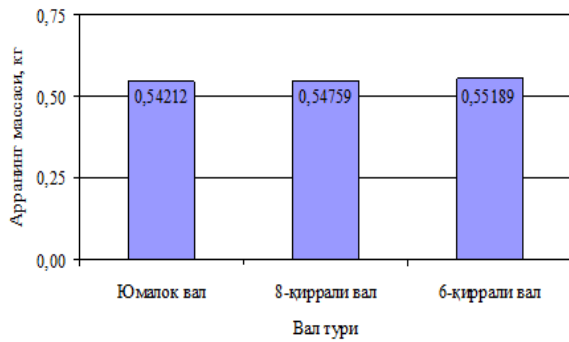


в)

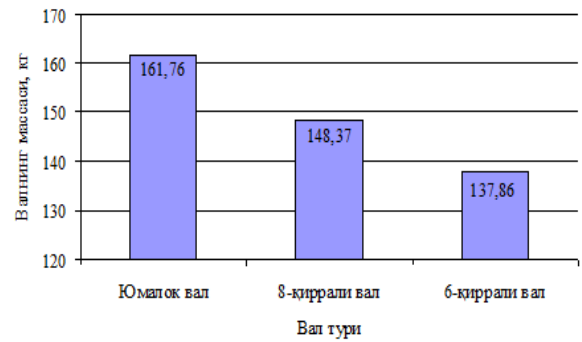


г)

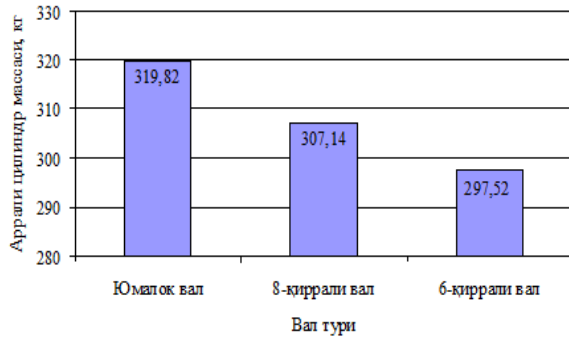
3-расм. Аррали цилиндр 6 қиррали валнинг кучланиш (а), кўчиш (б), деформация (в) ва мустаҳкамлик захираси (г) эпюралари.



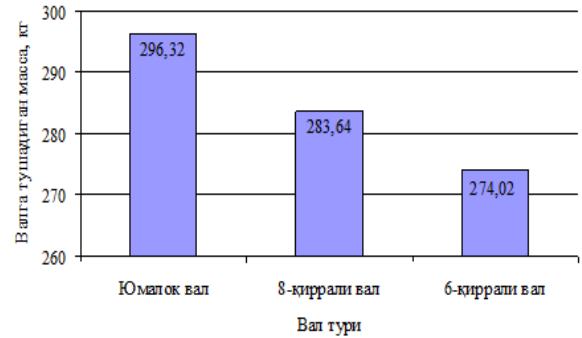
а)



б)

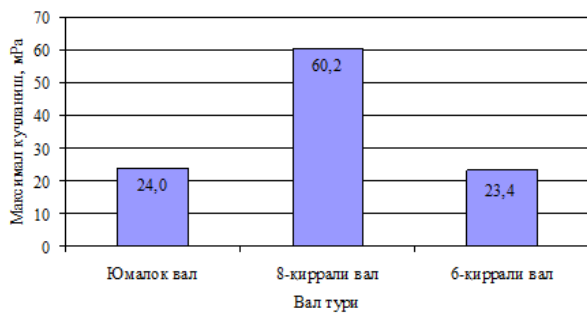


в)

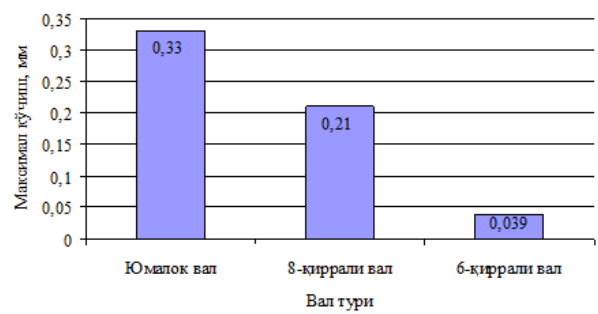


г)

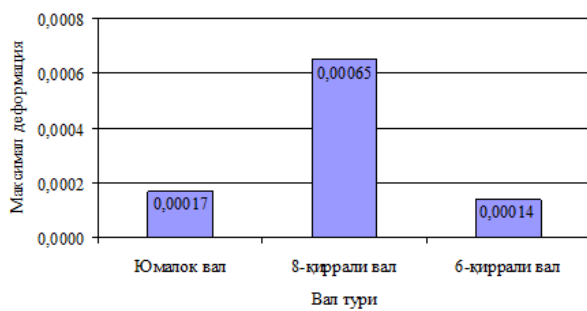
4-расм. Турли профилдаги валлар учун арранинг массаси (а), валнинг массаси (б), аррали цилиндр массаси (в) ва валга тушадиган массанинг (г) солиштирма гистограммалари.



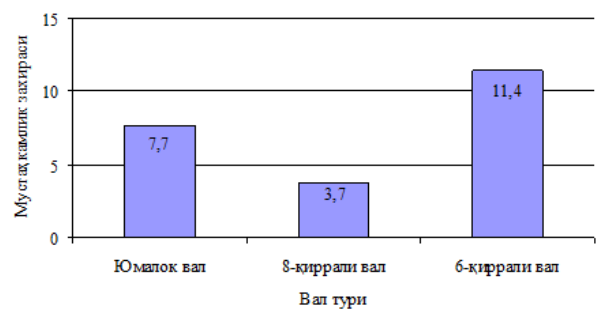
а)



б)



в)



г)

5-расм. Турли профилдаги валлар учун максимал кучланиш (а), кўчиш (б), деформация (в) ва мустаҳкамлик захирасининг (г) солиштирма гистограммалари.

6 қиррали вал ҳисобини SolidWorks нинг Simulation пакетидан фойдаланиб, бажарамиз. Бунинг учун аррали цилиндрнинг деталлари ўлчамлари бўйича 3D да алоҳида чизиб чиқилади, материал танланади ва йиғма ҳосил қилинади (2,а-расм). Ҳисобни соддалаштириш учун, юқоридаги ҳисоб схема (1-расм) бўйича таъсир этаётган кучларни таъсир жойига қўйиб чиқилади (2,б-расм).

q_1 , q_2 , G_m ларни аниқлаш учун SolidWorks нинг **Анализировать** функциясида фойдаланиб, **Массовые характеристики** га босамиз. Очилган ойнакдан детал массаси қанчалигини аниқлаймиз. Турли профилдаги валлар учун олинган маълумотлар 1-жадвалда келтирилган. Аниқланган куч ва моментларни ўрнига қуйиб, **Запустить это исследование** га қирамиз ва ҳисобни амалга оширамиз. Валимизнинг эпюралари рангли тасвирланади (3-расм).

3-расмда **Напряжение** (кучланиш), **Перемещение** (қўчиш), **Деформация** ва **Запас прочности** (мустаҳкамлик захираси) эпюралари келтирилган. Ўнг томондаги рангли эпюрада уларнинг қийматлари тасвирланган.

Солиштирма гистограмма (4-5-расм) лардан кўриниб турибдики, 6 қиррали валнинг максимал қўчиши 0,04 мм, мустаҳкамлик захираси коэффицентининг энг кичик қиймати 11,6 га тенг. Валлар учун қўчиш 0,3-0,4 мм ва коэффицент $[n] \geq 1,5 \div 2,5$ бўлиши керак. Демак, таклиф этилаётган валимиз талабларга жавоб беради.

Адабиётлар

- [1]. Г.И.Мирошниченко. Основы проектирования машин первичной обработки хлопка. М., «Машиностроение», 1972. 486 с.
- [2]. Под общ. ред. А.И.Макарова. Основы проектирования текстильных машин. М., «Машиностроение», 1976, 416 с.
- [3]. A.A.Umarov va boshq. “Paxta sanoatida muhandislik tahlil” fanidan amaliy mashg‘ulotlarni bajarish uchun uslubiy qo‘llanma. Namangan, 2021, 143 b.
- [4]. A.Umarov, D.M.Kurbonov, B.Mirjalolzoda. Paxta tozalash korxonasi jihozlarining detallarini statik tadqiq qilish. “Пахта-тўқимачилик кластерларида хомашёни чуқур қайта ишлаш асосида маҳсулот ишлаб чиқариш самарадорлигини оширишнинг иқтисодий, инновацион-технологик муаммолари ва халқаро тажриба” мавзусида Халқаро илмий-амалий анжуман материаллари. 2-том. Наманган ш., Ўзбекистон, 27-май, 2022. с. 81-84.
- [5]. A.A.Umarov, B.Mirjalolzoda, Adham Umarov. 6 қиррали вални критик айланиш сонини ҳисоби. “То‘қимачилик ва yengil sanoatda innovatsion texnologiyalarni joriy qilish istiqbollari” mavzusida o‘tkazilgan halqaro ilmiy-amaliy anjumanining maqolalar to‘plami. 1-tom. Namangan sh., O‘zbekiston, 16-17 may, 2023. с. 71-74.

УДК 678.66.017:66.018.666.321

WAYS TO INCREASE THE SERVICE LIFE OF OIL AND GAS PRODUCTION EQUIPMENT BY USING HETEROCOMPOSITE MATERIALS ON THE SURFACE OF STEEL STRUCTURES

E. Rakhmatov

University of Economics and Pedagogy (Karshi)

erkinrakhmatov@rambler.ru

(Received November 2 nd, 2023)

На основе анализа результатов исследования в области полимерного материаловедения и реальных производственно-полевых испытаний изучен процесс коррозионного разрушения металлоконструкций, эксплуатируемых на предприятиях Узбекистана. Проведены исследования по химическому составу подтоварной воды, являющийся основным коррозионным фактором, приводящим к потере металла и выходу из строя оборудования. Предложены составы гетерокомпозитных материалов для защитных покрытий.

Ключевые слова: коррозия, оборудования, металлоконструкция, гетерокомпозит, полимер, наполнитель, коррозионная среда, каолин, эпоксидная смола.

Материалиунослик соҳасида полимерлар асосидаги материалларни фундаментал тадқиқотлари ва реал ишлаб чиқариш синовлари тадқиқотлари натижалари таҳлили асосида Ўзбекистон корхоналарида ишлайдиган металл конструкцияларни коррозия туфайли ишдан чиқиши ўрганилган. Металл конструкциялар ва ускунанинг ишдан чиқишига олиб келадиган асосий коррозив омиллар бўлган ер ости сувларининг кимёвий таркиби бўйича тадқиқотлар ўтказилди. Ҳимоя қопламалари учун гетерокомпозит материалларнинг композициялари таклиф этилади.

Таянч сўзлар: коррозия, жиҳозлар, металлоконструкция, гетерокомполит, полимер, тўлдирувчи, коррозия мухит, каолин, эпоксид смоласи.

On the basis of analysis of the results of research in the field of polymer material science and real production-field tests the process of corrosion damage of metal structures operated at the enterprises of Uzbekistan is studied. Studies on chemical composition of bottom water, which is the main corrosive factor leading to metal loss and failure of equipment, have been carried out. Compositions of heterocomposite materials for protective coatings are proposed.

Keywords: corrosion, equipment, metal structure, heterocomposite, polymer, filler, corrosive environment, kaolin, epoxy resin.

Introduction

Today, during the period of intensive development of the oil and gas refining and chemical industries, there is a need to develop new materials based on polymers, and coatings based on them used in mechanical engineering, justified ensuring the operational reliability of process equipment along with improving its design, it is important to create new highly effective organomineral materials and coatings, technologies for their production and use.

It is known that the use of polymer materials and composites based on them is gaining great momentum in fundamental and applied research in materials science. The mechanisms of structural transformations in the interphase layers of polymer-filler, polymer-modifier, polymer-metal have been studied, depending on the intended use of composite materials, in particular in technological machines and structures operating under conditions of corrosion and wear, the application and development of technology for the production of structural materials. The obtained research results in the field of polymer materials science open up ways for their use in areas of design technology that are critical in terms of operational parameters and replacing existing ineffective materials with composite materials that ensure the performance of structures and mechanical engineering parts in various extreme conditions in order to reduce the impact of aggressive components.

There are also known studies on the study of the mechanism of formation of the interfacial structure in the production of multifunctional heterocomposite coatings from organomineral materials, mechanical modification of mineral fillers in the development of new materials and technologies to improve the reliability of equipment for storing and transporting oil and gas products. At the same time, there are aspects of solving some issues related to their use in production under real conditions due to the lack of technology for producing and using large-gabote structures.

It is well known that corrosion is the destruction of the surface of metals and their alloys in a specific environment. However, some metals generally exhibit higher corrosion resistance than others, and this may be due to factors such as chemical components, the nature of electrochemical reactions, and others [1].

However, the term corrosion is given a different definition in the international normative document, which states: "The physicochemical interaction between a metal and its environment, which leads to changes in the properties of the metal and which can often lead to deterioration of the function of the metal, the environment or the technical system of which it is a part. «they are» [2].

The main problem of the global economy has been and remains the protection of metals from corrosion destruction. One example can be given that the costs associated with corrosion, even in developed countries, vary from 1 to 3.5% of GDP.

It can be noted that in our country, where the oil and gas industry is one of the leading sectors of the economy in terms of contribution to GDP, scientific and technical activities related to solving problems with corrosion are becoming extremely relevant, since hundreds of fields are currently successfully operating where several thousand tanks are in operation and containers made of metal structures that urgently need protection from corrosion and wear.

The extreme importance of corrosion protection makes it a leading economic and applied problem for all countries.

In this regard, leading foreign scientists, including the USA, Germany, Belgium, Canada, Turkey, China, etc., are conducting research on the development of methods and means for protecting equipment of the oil and gas complex, studying the mechanism of corrosive decomposition of metals in various environments and obtaining various materials intended purpose [3-5].

Scientists from neighboring countries have developed methods and means to increase the operational reliability of machines and mechanisms with the targeted use of metal-polymer systems for corrosion protection [6-8].

The works of domestic scientists are also devoted to the noted aspect of the scientific and technical problem [9-12]. Research has been carried out on the rational use of local minerals in various areas of the economy.

It can be noted that selecting the right materials is a powerful tool to combat severe corrosion. Failures resulting from corrosion can be very costly, so preventing or reducing these impacts becomes very important to industries. Fatal failure caused by corrosion can be significantly reduced by using anti-corrosion coatings with superior chemical and mechanical properties than the original material.

Objects of research

Currently in operation is an extensive fleet of steel tanks, which are designed for storing oil, petroleum products and auxiliary reagents. As a rule, tanks with a service life of more than 10 years are made of low-carbon steels that have insufficient corrosion resistance [5-7].

The tank body is subject to intense corrosion from both the external (atmospheric corrosion) and internal (various types of corrosion, the manifestation of which is determined by the activity of the stored products) sides.

In connection with the emerging need to develop measures for corrosion protection of metal structures operated in the oil and gas industry, the operating conditions of the enterprise's technological equipment were studied in order to develop and targeted application of anti-corrosion coatings on the internal and external surfaces of tanks. The organization of experimental testing work was planned in compliance with the requirements of the comprehensive instructions developed jointly with the enterprise's specialists.

Based on the analysis of the above information, for the practical implementation of the research results, we have planned the development and use of organomineral heterocomposite materials (OHCM) based on epoxy resin (ED-20 and ED-16), which make it possible to obtain casting compounds and coatings from them in production conditions.

Applied research was carried out on problematic production equipment and tanks for the collection and storage of oil and gas condensate of oil and gas production enterprises of the Republic of Uzbekistan (Fig. 1).



a



b



c

a- Reservoir RVS400 for collection and storage of gas condensate; b- corrosive areas of the upper surface of the equipment; c- metal corrosion in component parts technological process for draining produced water.

Fig. 1. Corrosive destruction of equipment operating in the oil and gas industry.

For protective coatings, epoxy binders ED-20 and ED-16 were used as a binder, which are the most practical from a technological point of view, components of heterocomposite materials and coatings made from them for use in technological equipment. The hardener used is polyethylene polyamine (PEPA), plasticizer – dibutyl phthalate (DBP), as well as a structure former – chemical modifier from local industrial waste and products of Angren Kaolin LLC, grades AKF-78, AKS-30, AKT-10.

Analysis of research results

Based on the above analysis of theoretical research, we identified the need to conduct applied research to analyze the composition of produced water, and studying the process of corrosion of equipment for storing oil and petroleum products in the “Loading and Loading of Products” workshop of the Shurtan Oil and Gas Production Directorate to study the properties of coatings based on organomineral heterocomposite materials in various environments.

A sample of water taken from the Shakarbulok field, transparent, colorless, without sediment, with the smell of petroleum products.

The analyzed water is a weak brine of the calcium chloride type with a density of 1.081 g/cm³, with a total mineralization of 113.8 g/l, metamorphism ($r_{Na/rCl}$) of 0.91, sulfate coefficient ($r_{SO4/rCl}$) of 0.007 and chlorine -bromine coefficient (Cl/Br) – 353. The reaction of the medium (pH-7.53) is slightly alkaline.

The ionic-salt composition of water is dominated by chlorine ions - (68.7 g/l) and alkali metals (Na) - (40.6 g/l), calcium ions - (2.96 g/l) 5.3 times more than magnesium ions (5.35 g/l), sulfate - and bicarbonate - ions are 0.67 g/l and 0.89 g/l, respectively.

In the microcomponent composition of water, the background value of iodine is higher - 14.8 mg/l, bromine - 194.67 mg/l, boron oxide - 111.64 mg/l.



a) upper part (5-6 zones), b) middle part (3-4 zones), c) lower part (1.2 zones), d) bottom of the tank, e) uneven corrosion of the tank surface, f) destruction of the tank surface in the process corrosion.

Fig.2. Photographs of the surfaces of tanks for the collection and storage of oil and oil and gas products damaged in the process of corrosive destruction.

The collected water sample from the Northern Guzar field is transparent, colorless with the smell of hydrogen sulfide and a brown colloidal sediment.

The analyzed water is a very weak brine with a density of 1.023 g/cm³, with a total mineralization of 35.7 g/l, metamorphization (rNa/rCl) of 0.93, sulfate coefficient (rSO₄/rCl) of 0.01 and chlorine bromine coefficient (Cl/Br) – 202. The reaction of the medium (pH=7.85) is slightly alkaline.

The ionic-salt composition of water is dominated by chlorine ions - (20.8 g/l) and alkali metals (Na) - (12.6 g/l), calcium ions - (0.92 g/l), magnesium ions (0.14 g/l), sulfate and bicarbonate ions are 0.31 g/l and 0.89 g/l, respectively. The microcomponent composition of the water contains iodine - 4.8 mg/l, bromine - 102.68 mg/l, boron oxide - 62.78 mg/l.

Analysis of the results of a study of corrosion destruction of the surface of tanks showed that not only that part of the equipment that comes into contact with oil and petroleum products (Fig. 2 b) and produced water (Fig. 2 c, d), but also the upper part (Fig. 2 a) is subject to the corrosion process.), which is explained by the fact that vapors of SO₂, CO₂, and mineralized produced water collect on the surface of the tank, leading to corrosion of the structural steel from which tanks and containers for storing and collecting oil and petroleum products are made. At the same time, in the process of electrochemical corrosion, uneven corrosion occurs with prevailing ulcerative corrosion destruction (Figure 2 e, f) which leads to a decrease in the wall thickness of the equipment leading to production losses.

The results obtained showed that the relative water-jet wear resistance of epoxy compositions filled with kaolin of the AKF-78, AKS-30, AKT-10 grades in water-abrasive media is always higher compared to the abrasive wear resistance in dry friction. The highest water-jet wear resistance in both dry and liquid friction is observed in samples kept in an aqueous environment, and the lowest - in samples kept in an H₂SO₄ environment (Table 1).

Table 1.

Relative waterjet wear resistance of coatings in various environments

Coatings	Exposure time, (in days)				
	5	10	15	20	25
	In the aquatic environment				
No filler	0,366	0,365	0,364	0,364	0,364
KPM+AKT-10	0,389	0,388	0,388	0,387	0,387
KPM+AKS-30	0,238	0,236	0,233	0,232	0,232
KPM+AKF-78	0,114	0,114	0,113	0,112	0,111
	In NaCl medium (5%)				
	5	10	15	20	25
	In H ₂ SO ₄ environment (5%)				
No filler	9,254	0,255	0,254	0,253	0,252
KPM+AKT-10	0,261	0,262	0,263	0,261	0,261
KPM+AKS-30	0,152	0,151	0,150	0,149	0,149
KPM+AKF-78	0,093	0,093	0,092	0,091	0,091

The main performance property of coatings is microhardness, which characterizes mechanical resistance to external influences.

Based on the fact that the surfaces of technological containers are exposed to thermal and radiation effects of the environment, it is advisable to use coatings containing electrically conductive fillers, such as graphite, soot, etc. in small quantities. This is due to the fact that the outer surfaces of the containers are exposed to the thermal and radiation effects of the environment. Fillers-graphite, carbon black, and other ingredients—increase the light stability and radiation resistance of coatings [13].

Conclusions

Based on theoretical and applied research on the influence of the quantitative and qualitative composition of ions in electrolyte solutions on the corrosion process, studies have been carried out to study the ionic composition of produced water and corrosion damage to oil and petroleum product storage tanks operated at the production facility of JSC "Shurtan Oil and Gas Production Directorate" "UZBEKNEFTGAZ"). The prevailing influence of the ulcerative type of corrosion destruction with uneven corrosion under the influence of the ionic composition of produced water leading to corrosion of structural steel has been revealed. Based on the conducted research, optimal compositions of corrosion-abrasive-resistant materials for heterocomposite coatings for metal structures used in the production and preparation of oil and gas for transportation have been proposed.

References

- [1]. Api Popoola, OE Olorunniwo, O Ige. Corrosion Resistance Through the Application of Anti-Corrosion Coatings/ Additional information is available at the end of the chapter <http://dx.doi.org/10.5772/57420>.
- [2]. ISO 8044-1999: Corrosion of metals and alloys – Basic terms and definitions, ISO/TC 156 Corrosion of metals and alloys, 3rd ed., ISO Publications
- [3]. A. Gandhi. Storage Tank Bottom Protection Using Volatile Corrosion Inhibitors\\ Supplement to Materials Performance, January 2001.p.28-30.
- [4]. M. Alexandre, P. Dubois. M. Alexandre, P. Dubois. Polymer-layered silicate nanocomposites: preparation, properties and uses of a new class of materials// Materials Science and Engineering: R: Reports Volume 28, Issues 1–2, 15 June 2000, Pages 1-63.
- [5]. M.I. Abdou1 , H.El-Sayed Ahmed , M.A. Wahab. Enhancement of anti-corrosion and mechanical properties of alkyd-based protective paints for steel petroleum structures incorporating natural limonite pigment// Cogent Engineering ISSN: (Print) 2331-1916 (Online) Journal homepage: <https://www.tandfonline.com/loi/oaen20>.
- [6]. Медведева М.Л. Коррозия и защита оборудования при переработке нефти и газа. Москва. «Нефть и газ» РГУ им.И.М.Губкина, 2005. -311с.
- [7]. Медведева М.Л., Мурадов А.В., Прыгаев А.К.. Коррозия и защита магистральных трубопроводов и резервуаров: Учебное пособие для вузов нефтегазового профиля. - М.: Издательский центр РГУ нефти и газа имени И.М. Губкина
- [8]. Техника и технологии сбора и подготовки нефти и газа /Земенков Ю.Д., Александров М.А., Маркова Л.М., Дудин С.М., Подорожников С.Ю., Никитина А.В./ — Тюмень: ТНГУ, 2015 — 160 с.
- [9]. Ziyamukhamedova, U., Evlen, H., Nafasov, J., Jalolova, Z., Turgunaliyev, E., & Rakhmatov, E. (2023). Modeling of the process of mechano activation of filler particles in polymer composites. In E3S Web of Conferences (Vol. 401, p. 05027). EDP Sciences.
- [10]. Khalimov, S., Nishonov, F., Begmatov, D., Mohammad, F. W., & Ziyamukhamedova, U. (2023). Study of the physico-chemical characteristics of reinforced composite polymer materials. In E3S Web of Conferences (Vol. 401, p. 05039). EDP Sciences.
- [11]. Evlen, H., Ziyamukhamedova, U., Juraev, D., & Abdurkarimov, M. (2023). Additive manufacturing of bionanomaterials for biomedical applications based on Ti6Al4V and PLA: a systematic review. In E3S Web of Conferences (Vol. 401, p. 03040). EDP Sciences.
- [12]. Ziyamukhamedova, U., Bakirov, L., Donaev, S., Miradullaeva, G., & Turgunaliyev, E. (2023). Study of structure formation processes in matrices of mixed components with reinforcing natural fillers. In E3S Web of Conferences (Vol. 401, p. 05074). EDP Sciences.
- [13]. Основы обеспечения эксплуатационной надёжности гетерокомполитных полимерных материалов для деталей машин /Под общей ред. д.т.н., проф А.Б.Джумабава// Muxr press. –Ташкент, 2018. - 404с.

“STRIP-TILL” ТЕХНОЛОГИЯСИНИ АМАЛГА ОШИРУВЧИ КОМБИНАЦИЯЛАШТИРИЛГАН МАШИНА

А.А. Дускулов¹, Ҳ.С. Махмудов¹, И.Ж. Авазов¹, О.Т. Юлдашев²

¹“Тошкент ирригация ва қишлоқ хўжалигини механизатсиялаш муҳандислари институти”

Миллий тадқиқот университети,

²Қўқон давлат педагогика институти

(Қабул қилинди [18.11.2023](#) й.)

Мақолада мамлакатимизда қишлоқ хўжалик тармогини ривожлантирилишининг аҳамияти, картошка етиштирилишининг ҳолати ва қишлоқ хўжалиги экинларини етиштиришда қўлланилаётган инновацион технологияларнинг қисқача таҳлили берилган. Текис ва гўза пайкалларида етиштирилган галладан, эртаги сабзавот ва оралиқ экинлардан бўшаган экин майдонларига йўлаклар ишлов бериб, бир йўла ўғитлаш ва картошка уруғларини экиш мумкинлигининг асоси келтирилган. Комбинациялаштирилган картошка экиш машинасининг тузилиши ва технологик иш жараёни тўғрисида маълумот берилган.

Таянч сўзлар: энергия, ресурс, технология, тупроқ, галла, картошка, ангиз, комбинациялаштирилган, секция, ишчи қисм, картошка экиш машинаси.

В статье приведены краткий анализ актуальности развития агропромышленного комплекса, состояния картофелеводства в нашей стране и инновационных технологий, используемых при выращивании сельскохозяйственных культур, на основе которых предложен технология и техническое средства, позволяющий полосной обработки почвы с одновременным внесением удобрений и посадки картофеля, на полях освободившихся от озимых, ранних овощей и промежуточных культур.

Ключевые слова: энергия, ресурс, технология, почва, зерновые культуры, картофель, стерня, комбинированное, секция, рабочая часть, картофелесажалка.

The article provides a brief analysis of the relevance of the development of the agro-industrial complex, the state of potato growing in our country and innovative technologies used in growing crops, on the basis of which a technology and technical means are proposed that allow strip tillage with simultaneous application of fertilizers and planting potatoes in fields freed from winter crops, early vegetables and intercrops.

Keywords: energy, resource, technology, soil, grain crops, potatoes, stubble, combined, section, working part, potato planter.

Кириш. Ҳар қандай мамлакатда давлат бошқарувининг асосий вазифаларидан бири мамлакат ҳудудида яшаётган аҳолини сифатли ва мўл озиқ-овқат маҳсулотлари билан кафолатли равишда таъминлаш ва уни ташкиллаштириш ҳисобланади. Шунинг учун ҳам истеъмолбоп маҳсулотларни етиштирадиган соҳа ва тармоқларга катта эътибор берилиб келинади.

Мамлакатимизда ҳам бу йўналишда миллий иқтисодиётни жадал ривожлантириш ва юқори ўсиш суръатларига эришишга қаратилган. Жумладан, Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 23 октябрдаги ПФ-5853-сон “Ўзбекистон республикаси қишлоқ хўжалигини ривожлантирилишининг 2020-2030 йилларга мўлжалланган стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида”ги, 28 январ 2022 йилдаги ПФ-60-сонли “2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги фармонларида озиқ-овқат маҳсулотлари хавфсизлигини таъминлаш ва истеъмол рақшонини яхшилаш, иқтисодиёт тармоқларида барқарор юқори ўсиш суръатларини таъминлаш мақсадида, мамлакат қишлоқ хўжалигини илмий асосда интенсив ривожлантириш ва аҳоли жон бошига ялпи ички маҳсулотни 1,6 бараварга оширишни кўзда тутди [1,2]. Бундай вазифаларни амалга ошириш учун мамлакатимиз қишлоқ хўжалигида кенг ислохотлар ўтказилмоқда, ишлаб чиқариш тармоқларида ресурстежамкор технологияларни жорий этиш, уларни замонавий техникалар билан таъминлаш борасида муайян ишлар амалга оширилмоқда. Натижада 2022 йилда мамлакатимизнинг ички маҳсулоти 5,7 % га ошган. Бундай ўсиш суръатларини мамлакатимизнинг картошкачилик тармоғида ҳам кузатиш мумкин. 2020 йилда 3143,5 минг тонна, 2021 йилда эса 3033 минг тонна картошка етиштирилган. 2022 йилда эса 4100 минг

тонна картошка етиштириш режалаштирилган [3]. Бундай кўрсаткичларни мамлакатимизнинг суғорилиб экин экиладиган майдонлар тупроғи унумдорлигини сақлаш ва яхшилаш, ундаги микрофауна ва микрофлораларнинг ривожланиши учун қулай шароит яратиш ҳисобига янада яхшилаш мумкин. Бунинг учун ишлов бериладиган экин майдони юзасини доимий равишда, аста-секинлик билан ўсимлик қолдиқлари билан қоплаб боришга тўғри келади. Бундай ёндошув тупроқдаги микроорганизмларнинг озикланиш шароитини енгил парчаланадиган органик моддалар билан доимий равишда тўйинтириб бориш ҳисобига яхшилашни, тупроққа қуёш нурларининг тўғридан-тўғри тушишидан сақланишни таъминлайди. Ўсимликлар илдиз тизимига салбий таъсир кўрсатадиган ҳарорат режимининг яхшиланишига олиб келади [4,5].

Кўрсатиб ўтилган шароитларни, тупроққа ишлов беришнинг ресурстежамкор технологияларидан бирини, жумладан тупроққа йўлаклар ишлов бериш (Strip-till) технологиясини қўллаш йўли билан таъминлаш мумкин. Тупроққа ишлов беришнинг ушбу технологиясида экин майдонининг ўсимлик уруғлари экиладиган зонаси тупроғига белгиланган кенглик b да ва тайинланган чуқурлик a да йўлаклар ишлов берилади, лозим бўлса ўғитлар солинади ва ишлов берилган йўлаклар тупроғига уруғлар экилади. Бунда экин майдонининг фақат белгиланган зонаси, яъни йўлаги тупроғига ишлов берилганлиги учун, экин майдонининг қолган $2/3$ қисми юзаси (70 % атрофида) га ишлов берилмайди. Ўғитлар ўсимлик илдизлари жойлашадиган зонага, йилда бир маротаба, кузда ёки баҳорда тупроқни юмшатиш пайтида солинади [6]. Амалга оширилган тажрибалар, экин экиладиган майдонга йўлаклар ишлов бериш технологиясини амалда қўллаш ҳосилдорликни 25 % га ошириш, минерал ўғитлар сарфини 50 % гача тежаш мумкинлигини кўрсатган [7,8].

Мамлакатимиз деҳқончилигида ушбу, тупроққа йўлаклар ишлов бериш (Strip-till) технологиясидан самарали фойдаланиш мумкин. Чунки мамлакатимизнинг тупроқ-иқлим шароитда суғорилиб етиштириладиган ўсимликлардан икки, айрим ҳолатларда уч маротаба ҳосил олиш имконини беради. Ушбу тупроққа йўлаклар ишлов бериш (Strip-till) технологиясидан суғориладиган экин майдонларида етиштириладиган кузги ғалла, эртаги сабзавот ва оралик экинлардан бўшаган ерларга такрорий: ёзги картошка, маккажўхори, кунгабоқор ва бошқа экинлар, айниқса картошкаларни экиб, етиштириш афзалроқдир. Чунки ушбу технологиядан ва уни амалга оширадиган техникалардан фойдаланиш натижасида экинлардан кўзланган ҳосилни олиш билан бир қаторда, ўсимлик уруғлари экиладиган майдон тупроғига механик ишлов бериш даражасини камайтиради, экинлари йиғиштириб олинган майдон юзаси ва анғизда қолган ўсимлик поялари ва илдизлари, қишлоқ хўжалик агрегатлари ғилдиракларининг майдон тупроғига таъсирини қисман бўлсада камайтиради, ҳимоялайди, бегона ўтларнинг ўсишига қаршилик кўрсатади, тупроқ намлигини сақлаш йўналишида “мулча” вазифасини ҳам ўтайди, тупроқни сув ва ҳаво эрозиясига учрашидан сақлайди ва пировард натижада тупроқ унумдорлигини ошириш имконини яратади.

Материаллар ва методлар

2023 йилда мамлакатимизнинг деҳқончилик қилинадиган 1 миллион 186,7 минг гектар суғориладиган экин майдонларига кузги бошоқли экинлар экиш режалаштирилган [4]. Шулардан 452 минг гектар (38 %) экин майдонлар очик ва текис майдонларни, 737,5 минг гектар (62 %) экин майдонлари эса ғўза етиштирилган экин майдонларини ташкил қилади. Республикамизда деҳқончилик қилиш учун ноёб тупроқ-иқлим шароитга эга бўлганлиги сабабли, экин экиладиган майдонлардан рационал фойдаланиш, аҳолини сифатли ва мўл қишлоқ хўжалик маҳсулотлари билан таъминлаш мақсадида, ғалладан, эртаги сабзавот ва оралик ўсимликлардан бўшаган экин майдонларига турли хил: картошка, маккажўхори, кунгабоқор ва бошқа такрорий экинлар экиш ва улардан сифатли ва юқори маҳсулотлар етиштириш мақсадга мувофиқдир.

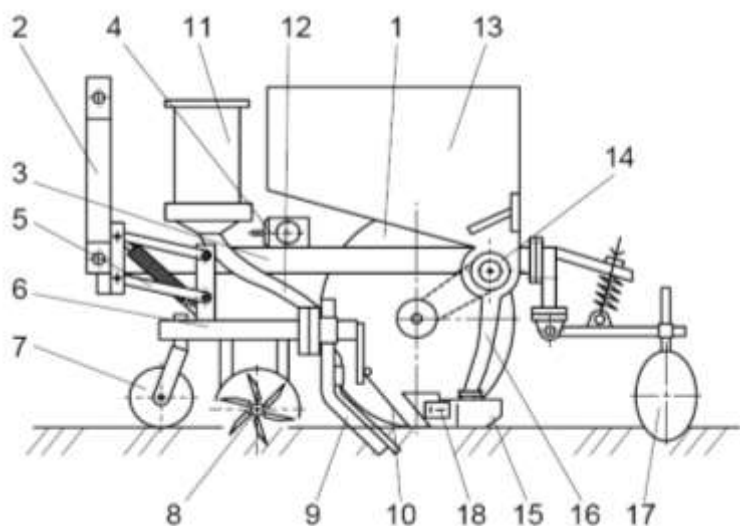
Бунинг учун текис ва очик ҳамда ғўза пайкалларда етиштирилган ва ғалласи йиғиштириб олинган экин майдонларига такрорий экинлар, жумладан картошка экиш мумкин. Чунки маҳаллий тупроқ-иқлим шароитида кузда экилган ғалла кейинги йилнинг баҳор ойларида тўлиқ ривожланиб, унинг ҳосили июн ойи бошларида тўлиқ пишиб етилади ва уларни йиғиштириб

олиш бошланади. Картошкаларни ёзги мавсумда экиш муддати худди шу пайтларга тўғри келади [9]. Бунда картошка ва бошқа экинларни экиш учун ғалладан, эртаги сабзавот ва оралиқ экинлардан бўшаган экин майдонлари ўсимлик қолдиқларидан тозаланади, тупроқ қатламини ағдармасдан шудгорланади, чизелланади, мола бостирилади ва экиш ишлари амалга оширилади. Экин майдони тупроғига бундай ишлов бериш тупроқнинг тўлиқ юмшатилишини, унинг ҳаво билан тўйинтирилиш жараёнининг яхшиланишини, экин қолдиқлари, зараркунандалар, органик ва яшил ўғитларнинг тупроқ билан тўлиқ кўмилишини таъминийди. Аммо, майдон юзаси тупроғининг юмшатилиши, унинг эрозияга чалинишини кучайтиради, микроалоқа балансининг бузилиши ва “парник эффекти” ҳосил бўлишига олиб келадиган тупроқдаги углероднинг ҳавога ажралиб чиқиб кетишига сабаб бўлади. Булар тупроқнинг унумдорлигига салбий таъсир кўрсатади.

Бундан ташқари, экин майдонини шудгорлаш, чизеллеш ва мола бостириш ишларини тўлиқ амалга ошириш учун бир қатор агрегатлардан фойдаланишга тўғри келади. Улардан фойдаланиш эса ёнилғи, энергия, ресурс ва турли харажатларнинг кўп сарфланиши билан бир қаторда ишлов берилган экин майдони тупроғининг шудгорлаш, чизеллаш ва мола бостириш агрегатлари ғилдираклари ва ишчи қисмлари таъсирида қайта зичланишига олиб келади. Бундай ҳолат экилган экиннинг дуркун ривожланиши ва ҳосил беришига салбий таъсир кўрсатади. Шунинг учун ҳам мамлакатимиз ҳудудларида етиштириладиган кузги ғалла, эртаги сабзавот ва оралиқ экинларидан бўшаган экин майдонларига такрорий экинлар, жумладан ёзги картошкаларни, ресурстежамкор технология (Strip-till) ва уни амалга оширадиган техник воситалар ёрдамида экиш долзарб масалалардан бири ҳисобланади.

Натижалар ва муҳокамаси. Ушбу технология асосида ғўза пайкалларида етиштирилган ва ғалласи ўриб-йиғиштириб олинган экин майдонларига ёзги картошкаларни экиш технологияси ишлаб чиқилди. Ушбу технология 60, 76 ва 90 см кенг қаторлаб экилган ғўза пайкалларида етиштирилган ғалладан бўшаган экин майдонларининг жўяклари тупроғига бир пайтнинг ўзида 20-25 см кенглик (*b*) да ва 20 смгача чуқурлик (*a*) да ишлов беришни ва ишлов берилган тупроққа ўғит солиш, картошка уруғларини экишни кўзда тутди. Бунда тупроғига ишлов берилган пушталар орасида 35-65 см кенгликдаги эгат ичи тупроғига ишлов берилмайди. Кейинчалик картошкаларни сифатли ундуриб олиш учун тупроғига ишлов берилмаган эгатлар бўйлаб суғориш, картошка қаторлари ораси тупроғини юмшатиш, картошка тупларига тупроқ тортиш ва бошқа ишларни амалга оширилиши мумкин.

Анғизга ёзги картошка экиш технологиясини амалга ошириш мақсадида комбинациялаштирилган картошка экиш машинасининг конструктив-технологик схемаси ишлаб чиқилди (1-расм). Ушбу комбинациялаштирилган картошка экиш машинаси 0.9 ва 1.4 сифга мансуб бўлган тракторларга осилиб ишлатилади. У картошка уруғларини қаторлар ораси кенглиги 60, 76 ва 90 см бўлган икки қаторга экишга мўлжалланган. У асосан учта асосий қисмдан, яъни тупроққа йўлаклаб ишлов берадиган тупроқ юмшаткич секциялар, ўғитлаш аппаратлари ва картошка экиш машинаси мажмуидан ташкил топган.



1-расм. Комбинациялаштирилган картошка экиш машинасининг конструктив-технологик схемаси: 1-таянч-ҳаракат узатгич ғилдирак; 2-осгич; 3-рама; 4- редуктор; 5-параллелограмм механизми осгич; 6-грядил; 7-таянч ғилдиракча; 8-тупроқ фрезаси; 9-ўғит солгич; ер текислагич; 11-ўғитлаш аппарати; 12-ўғит ўтказгич; 13-бункер; 14-дисксимон микдорлаш аппарати; 15-экич; 16-уруғўтказгич; 17-сферик диски тупроқ кўмгич; 18-тупроқ сургич.

Комбинациялаштирилган картошка экиш машинасининг тупроқ юмшаткич секциялари, ўғит микдорлаш аппаратлари ва картошка экиш машинаси ғилдирак 1 ва осгич 2 яхлит рама 3 га ўрнатилган бўлиб, унинг тупроқ юмшаткич секцияларининг фаол ҳаракатланадиган ишчи қисмлари ва ўғитлаш аппарати тракторнинг ҚОВ дан карданли вал, редуктор 4 ва занжирли узатмалар ёрдамида ҳаракат олиб ишлайди. Машинанинг картошка микдорлаш аппаратлари эса таянч ғилдирак 1 дан занжирли узатма орқали ҳаракатга келтирилади.

Машинанинг тупроқ юмшаткич секцияси параллеллогараммли осгич 5 ли грядил 6 дан ва унга кетма-кет ўрнатилган, грядил ҳолатини ер юзасига нисбатан доимий равишда бир хил баландликда ушлаб туришга мўлжалланган таянч ғилдиракча 7, анғиздаги ўсимлик қолдиқларини қирқиб, тупроқ қатламини тайинланган чуқурликда ва кенгликда майдалаб, юмшатишга мўлжалланган фаол ишчи қисми -тупроқ фрезаси 8, ўғит солгич 9 ишлов берилган тупроқни қисман зичлаб текислайдиган тароқсимон тупроқ текислагич 10 лардан ташкил топган.

Комбинациялаштирилган картошка экич иккита АТД-2 турдаги ўғитлаш аппарати 11 билан жиҳозланган, уларнинг ҳар бири меъёрланган ўғитларни ўғит ўтказгич 12 орқали ўғит солгич 9 га узатиб беради.

Машинанинг картошка экичи бункер 13, дисксимон микдорлаш аппарат 14, экич 15, уруғ ўтказгич 16, тупроқ кўмгич сферик диск 17 лардан ташкил топган.

Картошка экиш машинасининг микдорлаш аппарати, эластик материалдан тайёрланган қайтаргич билан жиҳозланган катакчали диск бўлиб, кожух ичига жойлаштирилган ва бункернинг таг қисмига ўрнатилган.

Катакчали дискнинг цилиндрик сиртида бир нечта катакчалар ҳосил қилинган. Катакчаларнинг ён томонлари дискнинг текис ён деворлари билан тўсилган. Катакчанинг таг қисми дискнинг цилиндрик сиртидан бошланиб, дискнинг ички томонига эвалвента шаклида эгилган ҳолда, ажратиб олинадиган картошка туганагининг ўлчамига тенг чуқурликкача кириб борган ва яна радиал йўналишда дискнинг цилиндрик юзасига тик кўтарилиб, унинг ён деворлари билан биргаликда катакча ҳосил қилган [10, 11].

Картошка экичда тупроққа ўтмас бурчак остида кирадиган экич қўлланилган. У ишлов берилган йўлакча тупроғи юзасида ҳосил бўлган кесакларни ва ўсимлик қолдиқларини картошка экиладиган зонадан ўнг ва чап тамонга суриб, экич ҳаракатланадиган йўлакчани тозалайдиган тупроқ-кесак сургич 18 билан жиҳозланган. Картошка экичнинг тупроқ кўмгичи ўзаро симметрик ва бир бирига қарама-қарши ҳужум бурчаги остида ўрнатилган иккита сиферик дисклардан ташкил топган бўлиб, у экич ҳосил қилган эгатга ўтказилган картошка туганаклари ва эгатни тупроқ билан кўмишга мўлжалланган.

Анғизга йўлакча ишлов бериб, картошка экиладиган комбинациялаштирилган картошк экиш машинасининг технологик иш жараёни қуйидагича амалга ошади. Агрегат ҳаракатланганида грядилга ўрнатилган тупроқ фрезаси тупроқни 20-25 см кенгликда, экиш чуқурлигига тенг чуқурликда йўлакча ҳосил қилиб тупроққа ишлов беради ва юмшатади. Бир пайтнинг ўзида ўғитлаш аппарати билан микдорланган ўғитлар, ўғит ўтказгич ёрдамида ўғит солгичга узатиб берилади ўғитларни тайинланган чуқурликка солиб кетади. Экичнинг тупроқ-кесак сургичи ишлов берилган тупроқ юзасидаги кесаклар ва ўсимлик қолдиқларини ўнг ва чап тамонга суриб экичнинг сифатли ишлаши учун шароит яратиб беради. Тайинланган экиш чуқурлигига ўрнатилган экич ишлов берилган тупроқда ариқча олади. Худди шу пайтда микдорлаш аппарати билан бункердаги умумий картошка массасидан ажратиб олинган картошка туганаги уруғ ўтказгичга ва у орқали экич тайёрлаган эгатчага келиб тушади. Сферик диски тупроқ кўмгич эгатчада жойлашган картошка туганаги ва экич ҳосил қилган эгатчани тупроқ билан кўмади, тупроқни қисман зичлаб кетади.

Комбинациялаштирилган картошка экиш машинасининг тупроқни йўлакча юмшатадиган секциясининг таянч ғилдиракчаси тупроқ фрезаси билан тупроққа ишлов бериш чуқурлигини ва ўғит солгич билан ўғит солиш чуқурлигини талаб этиладиган чуқурликка ўрнатишни таъминлайди. Секциянинг параллелограммли механизми пружинаси эса ишчи қисмларнинг ишлов бериладиган ер релефидан нусха олиб ҳаракатланишини ва

уларнинг тупроққа ботиши учун керак бўладиган босим кучи билан таъминлайди.

Хулосалар

1. Ишлаб чиқилган комбинациялаштирилган картошка экиш машинаси текис ва ғўза пайкалларида етиштирилган бошоқли, эртаги сабзавот ва оралиқ ўсимликлар ҳосили йиғиштириб олинган экин майдонлари тупроғига Strip-till технологияси бўйича 20-25 см гача кенгликда ва 20 смгача чуқурликда йўлаклар ишлов бериш ва бир йўла тупроққа ўғит солиб, картошка уруғларини экишни таъминлайди.

2. Таклиф этилган комбинациялаштирилган картошка экиш машинасидан фойдаланиш картошка уруғларини экиш учун ҳосили йиғиштириб олинган экин майдонларини шудгорлаш, чизеллаш ва мола бостириш ва экиш агрегатлари ишларини битта агрегатда амалга ошириши ҳисобига энергия, ресурс ва харажатларни тежаш ҳамда картошкаларнинг ҳосилдорлигини ошириш имконини яратади.

Адабиётлар

- [1]. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2019 йил 23 октябрдаги ПФ 5853-сон “Ўзбекистон республикаси қишлоқ хўжалигини ривожлантиришнинг 2020-2030 йилларга мўлжалланган стратегиясини тасдиқлаш тўғрисида” ги фармони.
- [2]. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 28 январ 2022 йилдаги ПФ-60-сон “2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида” ГИ фармони
- [3]. 3.AGRO.UZ > Новости > Видеорепортажи > Посев озимых зерновых: сроки, подбор семян, агротехнология.
- [4]. Reicosky, D. C. Reduced Tillage: impact on carbon, soil quality and so much more; Vortrag GKB Jahrestagung, Braunschweig, Januar 2013.
- [5]. Reicosky, D. C., The Benefits of No- tillage, FAO and CAB International Saxton, K. E. 165 2007, No Tillage Seeding in Conservation Tillage, 2006. -81с.
- [6]. Reicosky, D. C. et. al. Reduced Environmental Emissions and Carbon Sequestration, FAO and CAB International 2007, No Tillage Seeding in Conservation Tillage, 2006.
- [7]. Сафин Х.М. Агротехнические особенности использования Strip-Till технологии в растениеводстве (рекомендации производству)/ Уфа, Мир печати, 2017. – 44 с.
- [8]. Сафин Х.М. Технология Strip-Till в системе сберегающего земледелия: теория и практика внедрения. – Уфа: Мир печати, 2013.-72с.
- [9]. Узбекский НИИ овощебахчевых культур и картофеля. Рекомендации по срокам посадки повторного картофеля и овощных культур/ [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.cawater-info.net/ca/index.php?option=comcontent&view=article&id=200>: (дата обращения: 8.11.2022).
- [10]. Ихтиро IAP №07351. Картошка экиш машинасининг микдорлаш аппарати
- [11]. Duskulov A., Makhmudov Kh. To the determination of the main parameters of the disk planter of a potato planter. AEGIS-2022 IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1076 (2022) 012019 IOP Publishing doi:10.1088/1755-1315/1076/1/012019.

УДК 657.6:008

УЧЕТ ПАССАЖИРСКИХ ПЕРЕВОЗОК В УСЛОВИЯХ АВТОМАТИЗИРОВАННОГО УПРАВЛЕНИЯ ПАССАЖИРОПОТОКОМ

Б.И. Базаров¹, А.А. Эрнazarов²

¹Ташкентский государственный транспортный университет

²Джизакский политехнический институт

¹Тел. +998(94)649-92-75 ¹E-mail: baxtbb@mail.ru

²Tel. +998(93)940-41-23 ²E-mail: aziz-ernazarov@mail.ru

(Получена [18.11.2023](#) г.)

Развитие городских образований требует оптимизации управления пассажиропотоками в транспортной сети пассажирских перевозок. Обеспечение эффективности управления транспортными потоками предусматривает усовершенствование учета с использованием инновационных систем NFC-валидации и GPS-навигации одновременно у всех участников пассажирских перевозок. Целью исследования является предоставление предложений по совершенствованию методики учета расходов и доходов деятельности перевозчиков и эмитентов электронных проездных билетов для NFC-валидаторов в условиях информационного взаимодействия

всех участников пассажирских перевозок для обеспечения эффективности автоматизированного управления пассажиропотоками в городских перевозках.

Ключевые слова: учет, расходы и доходы, валидация оплаты за проезд, транспортные предприятия перевозчики, эмитенты электронных проездных билетов.

Shahar tuzilmalarining rivojlanishi yo'lovchi tashish transport tarmog'ida yo'lovchilar oqimini boshqarishni optimallashtirishni talab qiladi. Transport oqimlarini boshqarish samaradorligini ta'minlash yo'lovchi tashishning barcha ishtirokchilarida bir vaqtning o'zida NFC-validatsiya va GPS-navigatsiya innovatsion tizimlaridan foydalangan holda buxgalteriya hisobini takomillashtirishni nazarda tutadi. Tadqiqotning maqsadi shahar transportida yo'lovchilar oqimini avtomatlashtirilgan boshqarish samaradorligini ta'minlash uchun yo'lovchilar tashishning barcha ishtirokchilarining axborot o'zaro ta'siri sharoitida NFC validatorlari uchun tashuvchilar va elektron yo'l chiptalari emitentlarining xarajatlari va daromadlarini hisobga olish metodologiyasini takomillashtirish bo'yicha takliflar berishdir.

Kalit so'zlar: buxgalteriya hisobi, xarajatlar va daromadlar, yo'l haqini tekshirish, transport korxonalari tashuvchilar, elektron yo'l chiptalari emitentlari.

The development of urban formations requires optimization of passenger traffic management in the passenger transportation network. Ensuring the efficiency of traffic flow management provides for the improvement of accounting using innovative NFC validation and GPS navigation systems simultaneously for all participants in passenger transportation. The purpose of the study is to provide proposals for improving the methodology of accounting for expenses and income of carriers and issuers of electronic travel tickets for NFC validators in the conditions of information interaction of all participants in passenger transportation to ensure the effectiveness of automated passenger traffic management in urban transportation.

Keywords: accounting, expenses and income, fare validation, transport companies carriers, issuers of electronic travel tickets.

1. Введение

Активное развитие городских агломераций на принципах смарт-города предполагает эффективное управление пассажиропотоками. Для оптимизации предоставления транспортных услуг целесообразно использовать новейшие компьютерно-коммуникационные технологии в учете, контроле и управлении деятельностью перевозчиков. В частности, перспективной технологией является NFC-валидация (беспроводная передача данных на малых расстояниях) оплаты пассажирами за проезд в общественном транспорте. Операторами автоматизированных систем NFC-валидации целесообразно назначать независимые институты для обеспечения эффективного и достоверного учета и контроля за финансово-хозяйственной деятельностью перевозчиков.

Таковыми хозяйственными единицами могут быть предприятия любой формы собственности, которые способны осуществлять эмиссию и погашение электронных проездных билетов, и обслуживание системы NFC-валидации. Эмитенты электронных проездных билетов должны быть сертифицированы и допущены независимой комиссией на конкурсных условиях для обеспечения непрерывного функционирования в длительной перспективе. Также операторы автоматизированных систем управления пассажиропотоками должны обеспечивать своевременное и эффективное перераспределение средств за предоставление транспортных услуг от пассажиров к перевозчикам.

2. Постановка проблемы.

Цель исследования заключается в предоставлении предложений по совершенствованию методики учета расходов и доходов деятельности перевозчиков и эмитентов электронных проездных билетов для NFC-валидаторов в условиях информационного взаимодействия всех участников пассажирских перевозок для обеспечения эффективности автоматизированного управления пассажиропотоками в смарт-городе.

3. Анализ последних исследований и публикаций.

Влияние инновационных компьютерно-коммуникационных технологий на бухгалтерский учет предприятий по предоставлению транспортных пассажирских услуг

исследовали отечественные и зарубежные ученые. В частности, авторы объяснили необходимость внедрения инновационного учета и управления в условиях автоматизации пассажирских перевозок с использованием современных компьютерно-коммуникационных технологий [1]. Определен перечень технических устройств (в том числе валидаторы оплаты за проезд), которые могут быть использованы в автоматизации учета [2]. Другой перспективной технологией, которая, значительно трансформирует методику бухгалтерского учета у пассажирских перевозчиков, имеется система спутникового глобального позиционирования [3]. Исследованы особенности информационного обеспечения менеджмента транспортных предприятий, использующих пассажирский электротранспорт с автоматизированными счетчиками электроэнергии [4]. Аналогичные исследования особенностей управления общественным транспортом были проведены, которые определили содержание учетной информации в формировании базы данных на принципах Big Data [5].

Также в научном пространстве известны исследования перспектив усовершенствования методики и организации бухгалтерского учета у участников рынка пассажирских перевозок. Наиболее актуальными являются исследования, в которых обоснована важность бухгалтерского учета в моделировании пассажиропотоков в транспортной сети общественных образований [6]. Аналогичные исследования провели авторы, которые объяснили определяющее влияние бухгалтерского учета на управление рисками в финансировании организации городских пассажиропотоков [7]. Проведена систематизация вариативных методы калькулирования и учета себестоимости услуг пассажирских перевозок [8]. Для минимизации себестоимости услуг по перевозке пассажиров предложен порядок детализированного учета всех расходов на организацию городских пассажиропотоков [9]. Также разработана методика управления транспортными предприятиями в режиме реального времени на основе учетной информации о транспортных расходах [10].

Однако приведенные публикации не учитывают независимость и публичность эмитентов электронных проездных документов в исследовании методики учета и управления деятельностью участников пассажирских перевозок. Также Ученые не уделяют должное внимание в установлении информационной взаимосвязи между информационными системы предприятий, предоставляющих транспортные услуги, и операторами систем автоматизированного управления пассажиропотоками. Необходимость одновременного усовершенствования методики учета у всех участников публичных пассажирских перевозок определяет актуальность темы научной статьи и ее основную цель.

4. Методы исследования.

Гипотеза исследования основывается на позиционировании эмитентов электронных проездных билетов как независимых операторов систем автоматизированного управления пассажиропотоками, что требует оптимизации учетного отражения их финансово-хозяйственной деятельности в комплексе с усовершенствованием учета деятельности пассажирских перевозчиков.

Теоретическую и методическую основу исследования составляют общенаучные, специальные и эмпирические методы познания социально-экономических процессов. В исследовании использован сравнительный анализ для установления предыдущего опыта автоматизации учета деятельности участников рынка пассажирских услуг; метод научной абстракции, инновационный и логический методы-для усовершенствования методики учетного отражения доходов и расходов эмитентов электронных проездных билетов и транспортных предприятий.

5. Экспериментальные результаты

Операторы автоматизированных систем управления пассажиропотоками осуществляют: выпуск электронных билетов, поддержку системы NFC-валидации в рабочем состоянии, валидацию и погашение разрешительных документов на проезд в общественном

транспорте [12]. Функционирование автоматизированной системы NFC-валидации сопровождается значительными затратами операторов-эмитентов электронных проездных билетов. Наибольшая доля таких расходов приходится на заработную плату работников предприятий, обслуживающих программно-техническое обеспечение автоматизированной системы (операция 1.4 к рис. 1). Часть персонала предприятия вынуждена работать на постоянной основе в круглосуточном режиме для своевременной реакции на внештатные ситуации и выход из строя автоматизированной системы NFC-валидации. Но большинство работников могут работать удаленно не полный рабочий день. Как следствие, расходы на заработную плату вместе с обязательными начислениями в фонды социального страхования (1.5) составляют основу себестоимости услуг по эмиссии и погашению электронных проездных билетов. Также к расходам эмитентов относится стоимость материальных носителей электронных проездных билетов, таких как: бумага, пластик, NFC-чипы, магнитные ленты и т.д. (1.1).

Для оптимизации затрат операторов системы NFC-валидации целесообразно использовать услуги сторонних организаций (1.6), которые могут приобщать к процессам технического выпуска электронных проездных документов, программирования учетно-управленческих функций, монтажа и обслуживания технического оборудования и тому подобное. Благодаря аутсорсингу программно-технического обслуживания

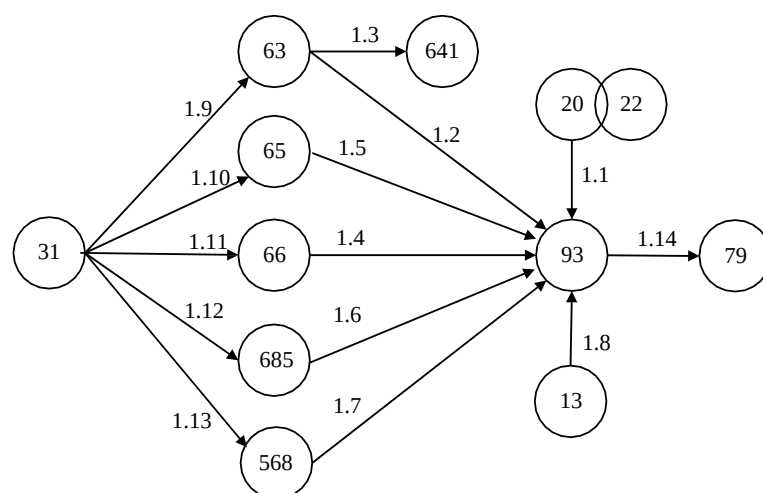


Рис. 1. Схема учета расходов эмитента электронных проездных билетов для NFC-валидаторов.

системы NFC-валидации возможно уменьшить капитальные затраты эмитентов электронных проездных билетов, а также амортизационные отчисления. Амортизация программного и технического обеспечения эмитентов предусматривает формирование экономического механизма компенсации износа NFC-валидаторов, систем пропуска пассажиров, терминалов автоматического пополнения проездных билетов и программных компонентов информационной системы обслуживания пассажиров и т.п. (1.8). На основе данных о количестве перевезенных пассажиров с технических устройств системы NFC-валидации перевозчики формируют и выставляют счета оператору. Сформированные счета направляются эмитентам электронных проездных документов (1.2). В то же время отражается налоговый кредит по НДС в части стоимости услуг, предоставленных транспортными предприятиями (1.3). Из средств, вырученных от реализации электронных проездных документов, эмитенты осуществляют оплату выставленных перевозчиками счетов (1.9). Также эмитенты электронных проездных документов могут осуществлять перечисление средств со счетов в банке в пользу: Пенсионного фонда и институтов социального страхования (1.10), работников на персональные карточные счета (1.11), сторонних организаций и предприятий (1.12) и тому подобное.

Разъяснение условных обозначений:

- 1.1. отражены расходы на изготовление электронных проездных билетов;
- 1.2. принят к оплате счет транспортной организации за предоставленные транспортные услуги без учета НДС;
- 1.3. отражен налоговый кредит по НДС в части стоимости услуг, предоставленных транспортной организацией;
- 1.4. начислена заработная плата работникам эмитента электронных проездных билетов для NFC-валидаторов;

- 1.5. проведены обязательные начисления на заработную плату работников эмитента электронных проездных билетов;
- 1.6. приняты к оплате счета сторонних организаций за предоставленные услуги;
- 1.7. отражены другие расходы эмитента электронных проездных билетов;
- 1.8. начислена амортизация оборудования системы NFC-валидации;
- 1.9. оплачены счета транспортных организаций со счетов банка эмитента электронных проездных билетов для NFC-валидаторов;
- 1.11. перечислена заработная плата работникам на карточные счета;
- 1.12. погашена задолженность перед сторонними организациями со счетов в банке;
- 1.13. осуществлены другие платежи со счетов в банке эмитента электронных проездных билетов для NFC-валидаторов;
- 1.14. списаны расходы эмитента электронных проездных билетов на уменьшение финансового результата.

Эмитенты электронных проездных билетов выступают также посредниками в трансфере денежных средств от пассажиров до транспортных предприятий – поставщиков услуг пассажирских перевозок. Учет поступления денежных средств и доходов эмитента электронных проездных билетов отражен на рис. 2. в конце дня или рабочей смены средства от приобретения электронных проездных билетов необходимо зачислять на счета в банке эмитента (операция 2.1 с рис. 2), что с позиции бухгалтерского учета является целевым финансированием (целевым поступлением).

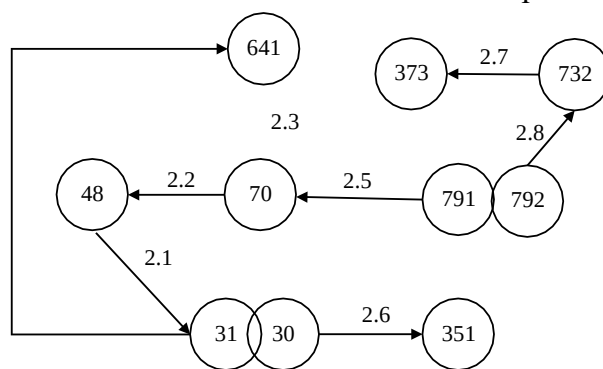


Рис. 2. Схема учета доходов эмитента электронных проездных билетов для NFC-валидаторов.

Разъяснение условных обозначений:

- 2.1. получены средства за реализованные электронные проездные билеты от граждан;
- 2.2. отражена стоимость электронных проездных билетов в части предоставленных услуг транспортными организациями вместе с вознаграждением эмитенту и НДС;
- 2.3. отражено налоговое обязательство по НДС в части предоставленных услуг эмитентом электронных проездных билетов;
- 2.4. погашена задолженность перед бюджетом со счетов в банке;
- 2.5. отнесен доход от предоставления услуг на увеличение финансового результата от операционной деятельности;
- 2.6. открыты эквиваленты денежных средств (депозитные вклады, казначейские векселя, денежные сертификаты) за счет средств счетов в банке;
- 2.7. начислены проценты за хранение средств на счетах банка;
- 2.8. отнесены доходы финансовой деятельности на увеличение финансового результата от финансовых операций.

После поступления от перевозчиков информации из системы NFC-валидации о реальном количестве перевезенных пассажиров за определенный период времени происходит формирование дохода эмитента (2.2). Одновременно необходимо отразить налоговое обязательство по НДС в части предоставленных услуг (2.3). Полученные денежные средства эмитенты могут сразу использовать для погашения долгов, например для уплаты НДС в бюджет (2.4) и тому подобное. Следует учесть, что денежные средства, полученные от пассажиров, составляют ценный инвестиционный ресурс для эмитентов электронных проездных билетов. Средства до момента перечисления перевозчикам находятся в распоряжении эмитентов. Эти средства можно вкладывать в текущие финансовые инвестиции (2.6), в частности: депозитные вклады, казначейские векселя, денежные сертификаты. Эмитенты электронных проездных билетов получают финансовые доходы в форме процентов от текущих финансовых инвестиций (2.7). Полученные доходы в

конце отчетного периода увеличивают финансовые результаты функционирования эмитента (2.5 и 2.8).

Совершенствование учета финансовых результатов деятельности эмитентов электронных проездных билетов целесообразно проводить в комплексе с предприятиями, которые предоставляют транспортные услуги. Расходы и доходы участников публичных пассажирских перевозок связаны. От доходов перевозчиков напрямую зависит доходность деятельности эмитентов. Доля вырученных денежных средств от предоставления транспортных услуг остается эмитенту. Поэтому операторы систем автоматизированного управления пассажиропотоками заинтересованы в их росте, а также, в оптимизации деятельности перевозчиков.

Аналогично и расходы участников публичных пассажирских перевозок находятся во взаимозависимости. Для определения себестоимости предоставления транспортных услуг расходы эмитентов и перевозчиков, непосредственно связанных с основной деятельностью, могут аддитивно аккумулироваться. Каждый из участников публичных пассажирских перевозок, основываясь на информации о собственных расходах, определяет общую стоимость электронных проездных билетов с учетом желаемого уровня рентабельности. Однако процесс калькулирования себестоимости транспортных услуг должен быть публичным для обеспечения независимого контроля за процессами ценообразования. Поэтому эмитенты электронных проездных билетов и предприятия, предоставляющие транспортные услуги, могут осуществлять взаимный контроль, что дополнительно обеспечивает достоверность учетной информации об их расходах. Схему учета расходов деятельности перевозчиков приведена на рис. 3.

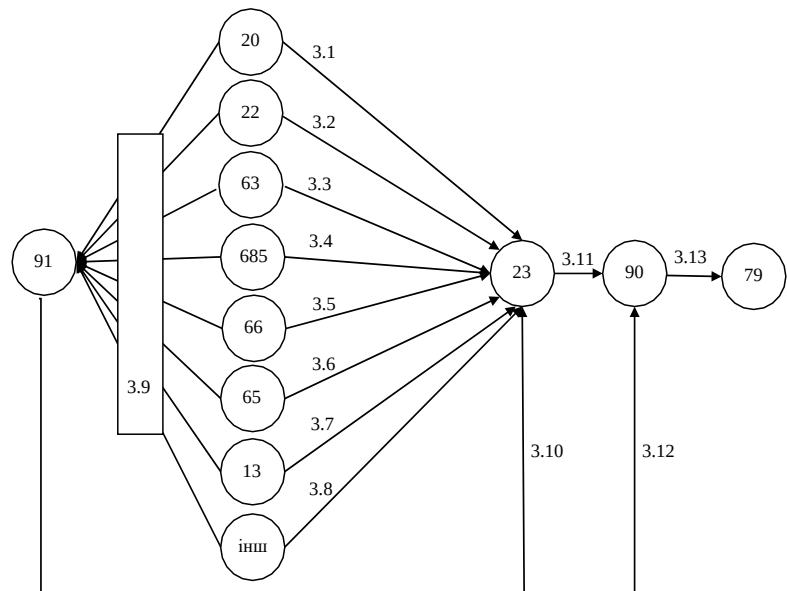


Рис. 3. Схема учета расходов основной деятельности предприятий по перевозке пассажиров.

Разъяснение условных обозначений:

- 3.1. Списано топливо, запасные части и другие производственные запасы на нужды функционирование общественного транспорта;
- 3.2. Списано МБП на нужды общественного транспорта;
- 3.3. принято к оплате счета от поставщиков и подрядчиков за работы и услуги по обслуживанию автотранспорта;
- 3.4. принято к оплате счета других сторонних организаций за работы и услуги по обслуживанию общественного транспорта;
- 3.5. начислена заработная плата работникам общественного транспорта;
- 3.6. проведены обязательные начисления на заработную плату работников;
- 3.7. начислена амортизация транспортных средств;
- 3.8. отражены другие расходы транспортных предприятий;
- 3.9. отражены общепроизводственные расходы транспортных предприятий;
- 3.10. отнесены распределенные общепроизводственные расходы на себестоимость услуг транспортных предприятий;
- 3.11. списана производственная себестоимость услуг транспортных предприятий;
- 3.12. отнесена нераспределенная часть общепроизводственных расходов на

себестоимость реализованных услуг;

3.13. себестоимость реализованных услуг списана на уменьшение финансовых результатов от операционной деятельности;

На основе информации из систем GPS-навигации и NFC-валидации каждого транспортного средства целесообразно оперативно осуществлять автоматизированное списание материальных запасов, таких как топливо-смазочные материалы и запасные части (3.1). По похожей методике необходимо отражать в учете списание МБП на функционирование общественного транспорта (3.2). Данные системы глобального позиционирования и автоматизированного управления пассажиропотоками также можно использовать для автоматизированного начисления основной и дополнительной заработной платы персоналу перевозчиков (3.5) и обязательных отчислений в фонды социального страхования (3.6). По производственному методу на основе количественных показателей функционирования транспортных средств целесообразно проводить начисление амортизации транспортных средств (3.7). В функционировании пассажирских перевозчиков могут присутствовать услуги поставщиков и подрядчиков (3.3) и других сторонних организаций по обслуживанию, ремонта транспортных средств (3.4), а также – прочие расходы предприятий транспортной сферы (3.8). Расходы транспортных предприятий, которые не связаны напрямую с предоставлением транспортных услуг, и информация о которых не поддается

сбору с использованием технологий GPS-навигации и NFC-валидации, целесообразно относить к общепроизводственным (3.9). Эти затраты подразделяются на распределенные и нераспределенные с соответствующим включением в себестоимость транспортных услуг (3.10) и списанием на операционные расходы предприятия (3.12). Для аккумуляции приведенных расходов сначала формируется, а позже – списывается себестоимость транспортных услуг (3.11) с последующим ее учетом при расчете финансовых результатов функционирования транспортных предприятий (3.13).

Для определения конечных финансовых результатов деятельности перевозчиков необходимо учесть также их доходы. Схема учета доходов основной деятельности перевозчиков отражена на рис. 4.

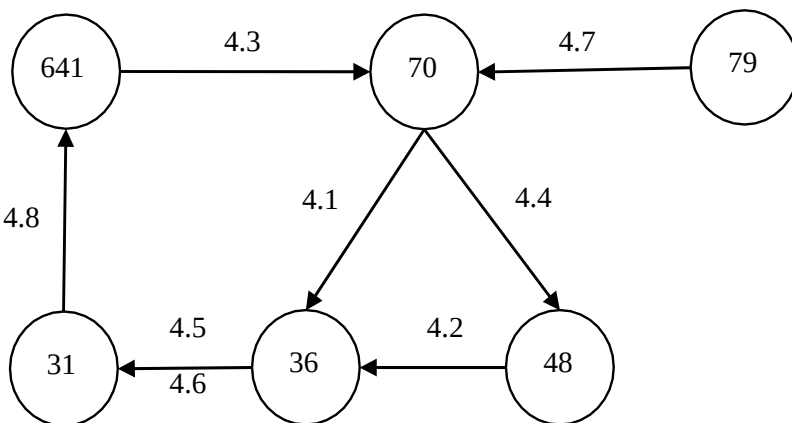


Рис. 4. Схема учета доходов основной деятельности предприятий по перевозке пассажиров.

Разъяснение условных обозначений:

4.1. выставлен счет эмитенту электронных проездных билетов на стоимость услуг по перевозке пассажиров вместе с НДС;

4.2. выставлен счет территориальным подразделениям местной власти для возмещения стоимости перевозки льготных категорий граждан;

4.3. отражены обязательства по НДС в части предоставленных услуг;

4.4. отражен доход от предоставления услуг по перевозке льготных категорий граждан;

4.5. зачислены на счет в банке средства от эмитента электронных проездных билетов для NFC-валидаторов за предоставленные транспортные услуги;

4.6. зачислены на счет в банке средства из бюджета как компенсация за перевозку льготных категорий граждан;

4.7. доходы от предоставления транспортных услуг населению отнесены на

увеличение финансового результата от операционной деятельности;

4.8. погашена задолженность по НДС перед бюджетом со счетов в банке.

Информация о количестве перевезенных пассажиров из системы NFC-валидации необходима для определения доходов перевозчиков. Основной доход транспортных предприятий может формироваться из двух источников в зависимости от категории перевозимых лиц: платежеспособных и льготных пассажиров. На основе данных за определенный отчетный период перевозчики могут формировать и выставять счета эмитентам электронных проездных билетов на стоимость услуг по перевозке пассажиров (4.1). Дополнительно необходимо отражать в бухгалтерском учете налоговые обязательства по НДС в части предоставления транспортных услуг (4.3). Аналогично происходит выставление счетов территориальным органам местной власти, являющимся распорядителями бюджетных средств, на стоимость услуг по перевозке льготных категорий граждан, имеющих право на бесплатный или частично платный проезд (4.2). Полученные поступления из различных источников формируют финансовый результат перевозчиков от операционной деятельности (4.7). Оплата выставленных счетов эмитентам (4.5) и государственным институтам (4.6) приводит к безналичному зачислению денежных средств на банковские счета перевозчиков.

Следовательно, одновременный учет информационных процессов в системе автоматизированного управления пассажиропотоками на основе технологии NFC-валидации и GPS-навигации обеспечивает усовершенствование методики учета расходов и доходов у всех участников рынка пассажирских перевозчиков. Комплексное исследование порядка возникновения и учетного отражения доходов и расходов эмитентов электронных проездных билетов и перевозчиков позволяет оптимизировать процессы управления публичными пассажирскими перевозками.

Выводы и перспективы дальнейших исследований.

Развитие городских агломераций на принципах смарт-города предполагает эффективное управление пассажиропотоками. Для оптимизации деятельности пассажирских перевозчиков необходима имплементация технологии NFC-валидации в сочетании с GPS-навигацией. Инновационные компьютерно-коммуникационные технологии рекомендовано использовать для усовершенствования учета на предприятиях эмитентов электронных проездных билетов и пассажирских перевозок. Информацию о системе автоматизированного управления пассажиропотоками с использованием технологий NFC-валидации и GPS-навигации целесообразно использовать для определения качественных показателей функционирования пассажирского транспорта. На основе данных о количестве перевезенных пассажиров целесообразно определять расходы и доходы транспортных предприятий. Посредником в процессе получения выручки от предоставления транспортных услуг пассажирам являются эмитенты электронных проездных документов. Поэтому себестоимость перевозки одного пассажира целесообразно рассчитывать через аддитивный поочередный учет расходов перевозчиков и эмитентов электронных проездных билетов. Эмитентам рекомендовано признавать денежные средства, поступившие от реализации электронных проездных билетов, как целевое поступление (целевое финансирование). Часть из целевых фондов эмитента является его доходом с позиции бухгалтерского учета. Остальные денежные средства эмитент электронных проездных документов перечисляет в пользу перевозчиков в соответствии с выставленными счетами пропорционально количеству перевезенных пассажиров. Дополнительным источником доходов перевозчиков являются компенсации из городского или государственного бюджета стоимости транспортных услуг, предоставленных льготным категориям граждан.

Предложенная методика параллельного признания и учета доходов и расходов одновременно у эмитентов электронных проездных документов и пассажирских

перевозчиков обеспечивает оптимизацию управления у всех участников рынка пассажирских перевозок. В итоге совершенствование методики учета деятельности пассажирских перевозчиков приведет к оптимизации: транспортных маршрутов, качества предоставления услуг, достоверности учетного отражения социально-экономических процессов, своевременности принятия управленческих решений и тому подобное.

Однако дальнейшие основательные исследования требуют перспективы имплементации автоматизированной системы управления пассажиропотоками для обеспечения контроля за функционированием пассажирских перевозчиков и транспортной сетью общественных образований в смарт-городе.

Список литературы

- [1]. Терентьев Вячеслав Викторович Внедрение интеллектуальных систем на автомобильном транспорте // НиКСС. 2018. №1 (21). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/vnedrenie-intellektualnyh-sistem-na-avtomobilnom-transporte> (дата обращения: 25.11.2023).
- [2]. Volkov S., Pyshnyy V. Technology of the device to automate accounting the transport stream. *Alternative energy sources in the transport-technological complex: problems and prospects of rational use of*. 2016. № P. 205–208. DOI: <https://doi.org/10.12737/17935>
- [3]. Yuan C.-W., Wang J.-W. & Lu Y.-P. Transportation economic accounting based on transportation satellite account. *Journal of Traffic and Transportation Engineering*. 2009. № 9. P. 108–113.
- [4]. Dirks Nicolas, Schiffer Maximilian, Walther Grit. On the integration of battery electric buses into urban bus networks. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*. 2022. № 139. 103628. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.trc.2022.103628>
- [5]. Würtz Samuel, Bogenberger Klaus, Göhner Ulrich. Big Data and Discrete Optimization for Electric Urban Bus Operations. *Transportation Research Board Annual Meeting - TRBAM2022*. 2022. DOI: <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.13335.70563>
- [6]. Ambrosi Grigore. Modeling of public passenger transport systems. *Univsum: Technical sciences*. 2021. № 89. DOI: <https://doi.org/10.32743/UniTech.2021.89.8.12207>
- [7]. Yi Sui, Fengjing Shao, Xiang Yu, Rencheng Sun, Shujing Li, Public transport network model based on layer operations, *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, Volume 523, 2019, Pages 984-995, ISSN 0378-4371, <https://doi.org/10.1016/j.physa.2019.04.269>.
- [8]. Yaroslav Shamlitskiy, Anatoly Popov, Nazar Saidov, Daria Rogova, Alexey Efimov, Methods and Algorithms for Detecting Urban Passenger Traffic, *Transportation Research Procedia*, Volume 68, 2023, Pages 426-432, ISSN 2352-1465, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2023.02.057>.
- [9]. Irina Ulitskaya, Julia Vasilyeva, Elena Telushkina, Svetlana Glagoleva, Development of the logistics system of urban public passenger transport, *Transportation Research Procedia*, Volume 63, 2022, Pages 2857-2865, ISSN 2352-1465, <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.06.332>.
- [10]. Li, H.H., Fu, H.R., Li, W.H., 2021. Analysis of logistics distribution path optimization planning based on traffic network data. *Computer Optics* 45.1, 154-160. <https://doi.org/10.18287/2412-6179-CO-732>
- [11]. Giannopoulos, A.G., 2020. Developing smart city transport applications: lessons and suggestions based on the EU experience. *Models and Methods for Researching Information Systems in Transport* 1, 20

АНАЛИЗ НАДЕЖНОСТИ ВАГОНОВ МЕТРОПОЛИТЕНА ПО ДАННЫМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ОТКАЗОВ

П.К. Абдурахмонов, Ю.Н. Мансуров, С.Б. Намозов, Х.А. Рахматов, Р.М. Йулдошов

*Ташкентский государственный транспортный университет
(Получена [18.11.2023](#) г.)*

Abstract. A large amount of data on subway car failures was collected as a result of long-term studies of the fleet of car repair enterprises in Uzbekistan and interviews with their technical staff. These failure data are essential for the preservation of the subway system, extending the service life of the trains. By preliminary processing (virtual analysis, screening, refinement and classification) of the initial data and statistical analysis, a model for the distribution of faults was established, and then the reliability characteristics of the cars. Reliability characteristic values can be used to schedule preventive maintenance of trains to reduce train downtime as well as train

accidents.

Keywords: subway, train composition, analysis, breakdowns, statistics, analysis model, car reliability indicators

Аннотация: Ўзбекистон вагон таъмирлаш корхоналари паркини узоқ муддатли тадқиқ этиши ва уларнинг техник ходимлари ўртасида ўтказилган сўров натижасида метро вагонларининг ишдан чиқиши ҳақидаги кўплаб маълумотлар тўпланди. Ушбу носозлик маълумотлари метро тизимини сақлаб қолиш, поездларнинг ишлаш муддатини узайтириш учун жуда муҳимдир. Дастлабки маълумотларни олдиндан қайта ишлаш (виртуал таҳлил, скрининг, аниқлаштириш ва таснифлаш) ва статистик таҳлил орқали носозликларни тақсимлаш модели, сўнгра вагонларнинг ишончилиги хусусиятлари ўрнатилди. Ишончилиكنинг характерли қийматлари композитсияларнинг ишламай қолишини, шунингдек, метродаги бахтсиз ҳодисалар сонини камайтириш учун профилактик техник хизмат кўрсатишни режаслаштириш учун ишлатилиши мумкин.

Таянч сўз ва иборалар: метро, поезд таркиби, таҳлил, бузилишлар, статистика, таҳлил модели, вагонларнинг ишончилиги кўрсаткичлари.

Аннотация: Большое количество данных об отказах вагонов метро было собрано в результате долгосрочных исследований парка вагоноремонтных предприятий Узбекистана и опроса их технических сотрудников. Эти данные об отказах имеют важное значение для сохранения системы метрополитена, продления срока службы составов. Путем предварительной обработки (виртуального анализа, скрининга, уточнения и классификации) исходных данных и статистического анализа установлена модель распределения неисправностей, а затем характеристики надежности вагонов. Характеристические величины надежности можно использовать для составления графика профилактического технического обслуживания составов, чтобы уменьшить их простои, а также количество несчастных случаев в метрополитене.

Ключевые слова: метрополитен, состав поезда, анализ, поломки, статистика, модель анализа, показатели надежности вагонов.

Введение. Ташкентский метрополитен работает с 1977 года, когда протяжённость линии составляла всего 12,2 км. На сегодняшний день узбекская компании метрополитена накопили большое количество данных об отказах, и эти данные действительно отражают условия эксплуатации в полевых условиях. Однако в данных есть определенные недостатки, многие из них не соответствуют единым стандартам или получены из сложных ресурсов данных, и в них может отсутствовать важная информация. Такое положение характерно для многих метрополитенов мира [1-5].

Крупномасштабное расширение сети метро в Узбекистане началось в последние годы, с появлением наземной части подвижного состава. Естественно, строительство новых линий, станций требует решения вопросов предотвращения аварий и внезапных происшествий для обеспечения повышенной безопасности пассажиров, улучшения комфорта их передвижения. Таким образом, как анализировать и обрабатывать такие сложные крупномасштабные данные о сбоях в работе метро, подвижного состава метрополитена, чтобы обеспечить безопасность городского железнодорожного транспорта, стало основной темой исследований в области исследования надежности метро.

В работах китайских ученых представлен метод оценки срока службы, основанный на трехпараметрической оценке максимального правдоподобия Вейбулла в отношении износа компонентов высокоскоростных автопоездов [6,7].

В [8-10] был создан новый метод управления данными по техническому обслуживанию компонентов и исторических данных об отказах поездов, что привело к повышению их надежности на 30%, соответственно и увеличению срока службы подвижного состава метро.

Другие выполнили анализ надежности для системы тележки железных дорог на основе данных, собранных сетью беспроводных датчиков. Проблема с этим методом заключалась в том, что неопределенность во временной области не учтена [11].

В [12] исследователи приняли случайный процесс и теорию надежности для исследования правил распределения отказов и надежности компонентов рельсового транспортного средства.

Существующие анализы надежности на основе данных об отказах в основном были сосредоточены на пассажирских и грузовых вагонах железнодорожного подвижного состава. Метрополитену уделяли мало внимания.

Целью настоящей работы является разработка метода анализа надежности подсистем метрополитена, отказов деталей вагонов метрополитена, а также алгоритма распределения отказов подвижных составов метро.

Для достижения основной цели в работе решены следующие **задачи**:

- для каждой подсистемы получены количество отказов и среднее время работы между отказами;
- установлена интенсивность отказов в зависимости от вспомогательных систем, тяги, ходовой части, тормозной системы, а также системы контроля и диагностики.

Метод оценки параметров и основы построения модели (предварительные подготовительные результаты). Надежность подвижного состава метро можно использовать только при известном распределении срока службы. Неизвестное распределение обычно использует вероятностный метод бумажного графика и аналогичный метод графической оценки для изучения распределения. Таким образом, в работе использован в основном графический анализ надежности и времени отказа [13-15].

Путем дальнейшего изучения формы кривой определяли модель надежности данных об отказах.

Если модель распределения данных о групповых отказах неизвестна, теория анализа выживания может предположить, что данные о групповых отказах соответствуют всем моделям.

Метод анализа выживаемости может эффективно решать проблемы неопределенного интервала времени отказа в рамках механизма цензурированных данных о транспортных средствах метрополитена для получения более обоснованных результатов анализа надежности. Поэтому в работе использовали технологию анализа выживаемости для выполнения анализа надежности транспортных средств метро с целью точного определения рабочего состояния ключевых систем метро, включая выявление сбоев, выполнение технического обслуживания и обеспечение безопасности работы метро.

Метод анализа выживаемости имеет особые преимущества при обработке и анализе цензурированных данных при применении непараметрического, параметрического и полупараметрического анализа выживаемости и обеспечение работы метро.

Анализ выживания — это технология статистического анализа времени выживания. На основе данных, собранных в ходе эксперимента или опроса, он статистически анализирует время выживания объектов с циклом выживания и представляет результаты в виде функции выживания, функции плотности вероятности, функции шкалы опасности и среднего значения срока службы [12,13].

На рис. 1 показана блок-схема анализа надежности посредством определения модели распределения отказов с использованием теории анализа живучести. Ниже приведен пример анализа и обработки результатов, т.е. обработка статистики данных о неисправностях.

В состав вагонов метрополитена входят ходовая часть, тяговая система, тормозная

система, система управления и диагностики, вспомогательная система. Все эти подсистемы играют значительную роль в обеспечении надежности и безопасности эксплуатации подвижного состава метро. В метро часто случаются аварии и аварии из-за быстрого развития системы городского транспорта метро. Поэтому в данном примере исследовали надежность ключевых подсистем вагонов метрополитена.

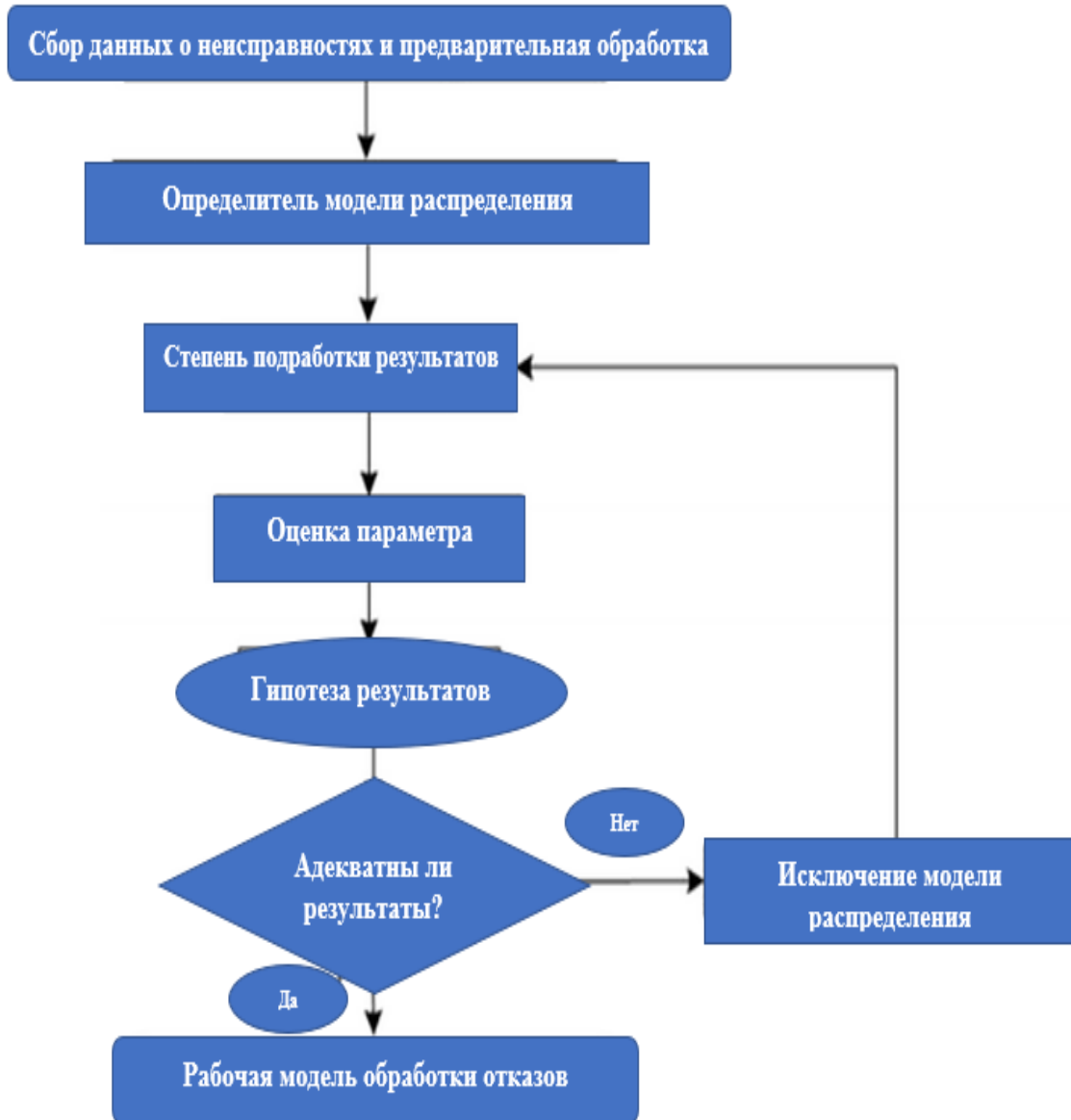


Рисунок 1. Блок-схема определения модели распределения отказов.

Исходные данные об эксплуатационных отказах, охватывающих пять вышеуказанных систем, были проверены и рассчитаны статистически, включая в общей сложности 8000 записей с января 2017 г. по декабрь 2022 года. Каждый отказ был записан с указанием его номера, даты возникновения, номера транспортного средства, описания отказа и последствий отказа. На рис. 2 показана статистика ежегодных отказов каждой подсистемы, дверной системы вагонов, системы освещения и других элементов вспомогательной системы. На рис. 3 показана статистика данных. Отсортировав данные по количеству отказов, мы обнаружили, что большинство отказов было связано со вспомогательными системами, за которыми следовали тяговая система, ходовая часть, тормозная система и системы контроля и диагностики.

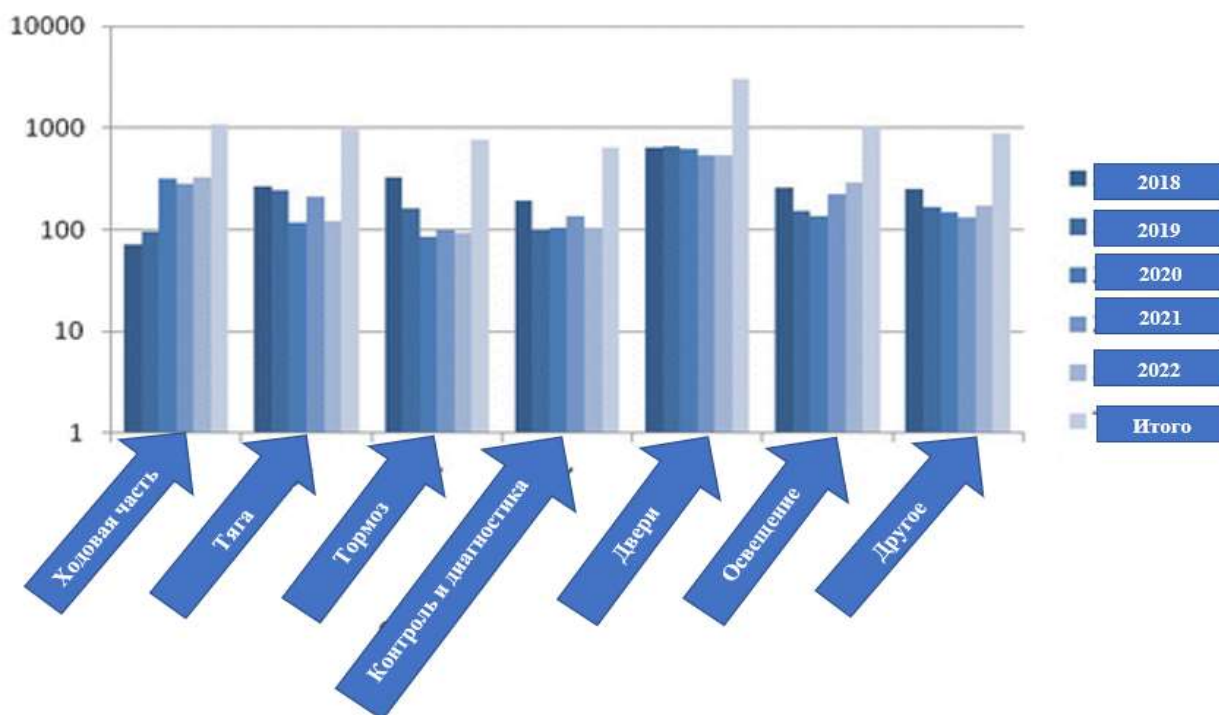


Рисунок 2. Годовая диаграмма распределения неисправностей ключевой системы.

Поскольку большинство данных о распределении срока службы транспортных средств метрополитена являются цензурированными данными, мы используем анализ выживаемости в системном времени между сбоями для их обработки.

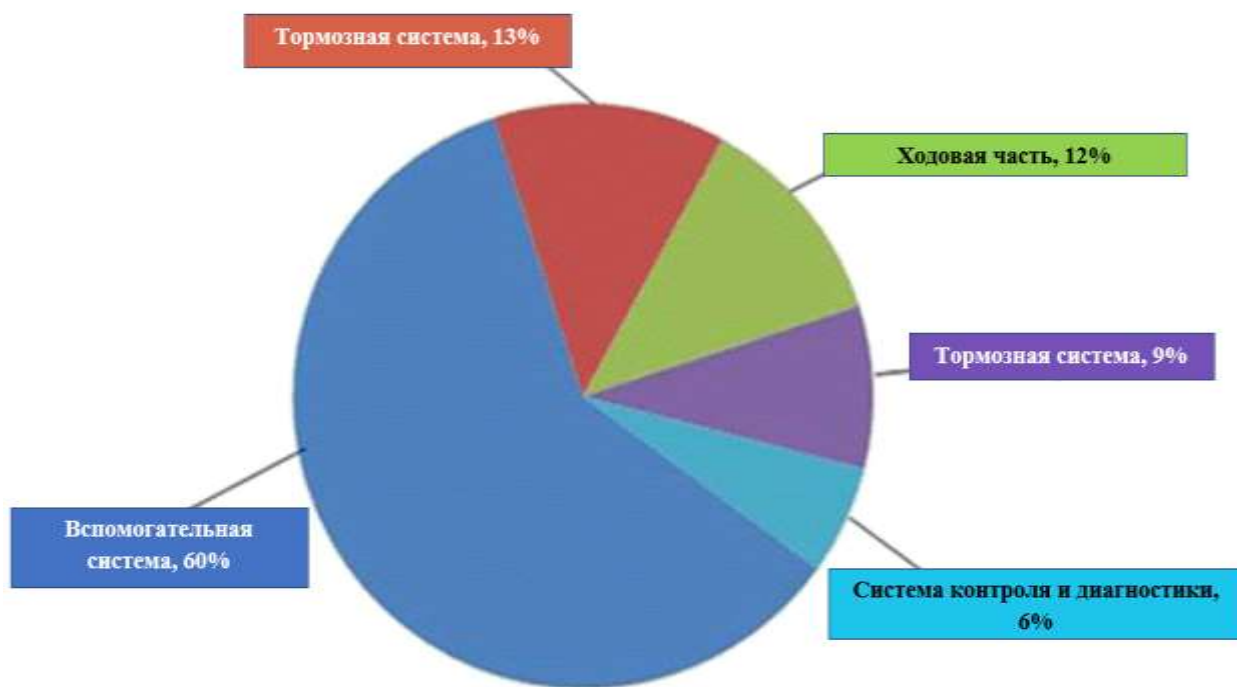


Рисунок 3. Статистика эксплуатационных отказов ключевых узлов метрополитена.

В статистике данных о неисправностях цензурированные данные в основном включают две категории. Один тип — это данные с цензурой интервалов, если работы по техническому обслуживанию надежны, а отказ происходит между капитальными ремонтами, включая последний, поэтому время отказа представляет собой интервал, неопределенное значение и неизвестное конкретное время отказа. Один вид - это правильные цензурированные данные, статистический период начала и конца будет иметь цензурированные данные, а время сбоя превышает определенное значение отслеживаемого. В работе использована общая функция распределения отказов для цензурированных данных с целью максимального правдоподобия оценки параметров, расчета статистики и выбора адекватной функции распределения.

Результат и обсуждение. На основе достоверных данных рассчитана статистика работы на отказ. Инструмент «Статистика надежности/выживаемости» использовали для выполнения оценки максимального правдоподобия для четырех распределений, один из которых необходимо было выбрать (экспоненциальное распределение, логарифмическое нормальное распределение, двухпараметрическое распределение и трехпараметрическое распределение Вейбулла). На рис.4 показан примерный график распределения срока службы тяговой системы. В табл.1 представлены значение n , статистическая переменная, экран для оптимального распределения и оценка параметра, полученная с помощью метода оценки максимального правдоподобия.

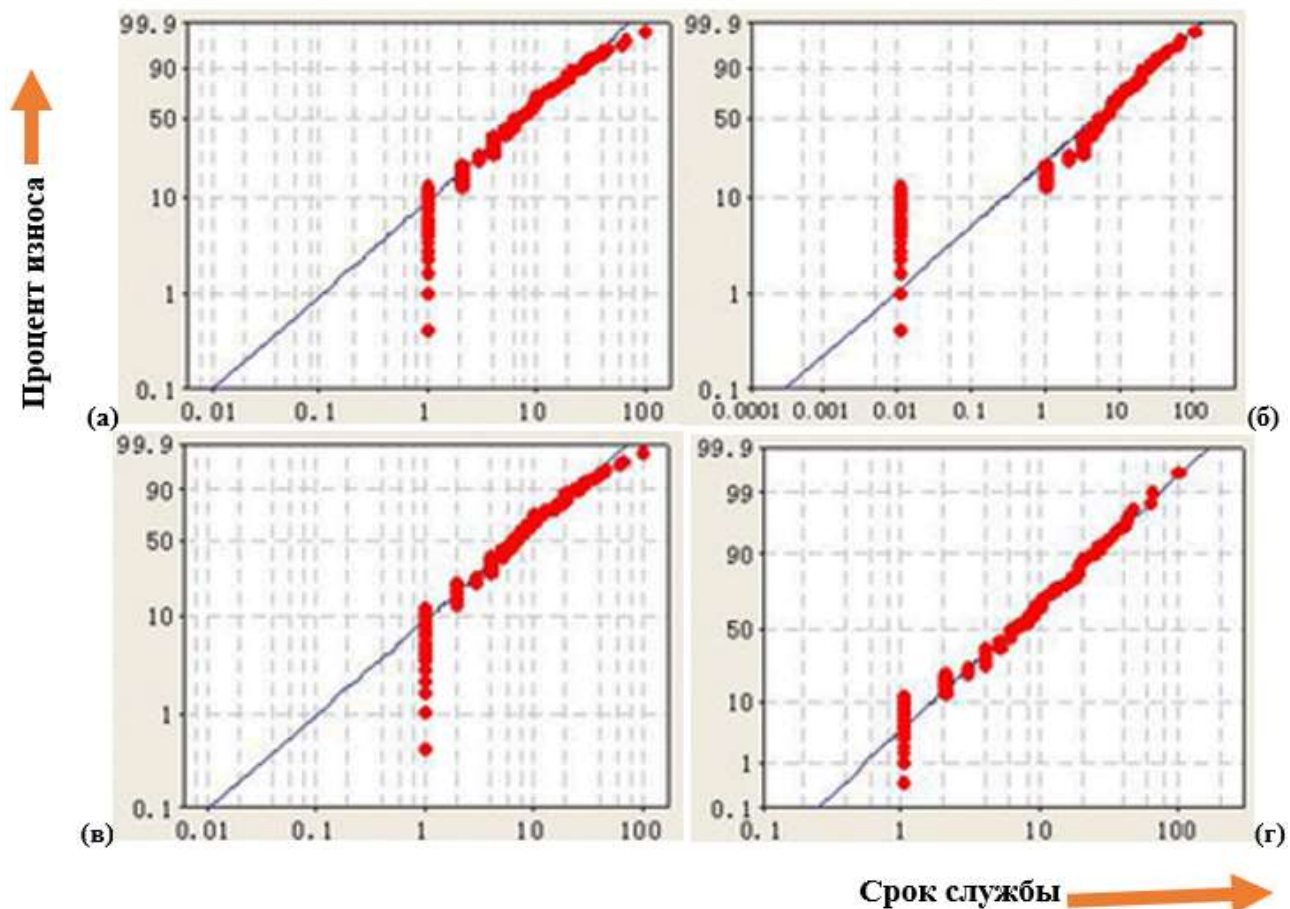


Рисунок 4. Степень соответствия распределения срока службы тяговой системы по распределениям: (а) – двухпараметрическое Вейбулла, (б) – трехпараметрическое Вейбулла, (в) – экспоненциальное; (г) – логарифмическое нормальное.

Таблица 1.

Таблица проверки соответствия распределения неисправностей ключевых подсистем

Подсистемы	Модель распределения	n	Статистическая переменная	Оптимальное распределение	Параметр
Ходовая часть	Двухпараметрический анализ Вейбулла	0,249	0,704	2 параметрический Вейбулл	Форма 0,9124 Масштаб 13.5450
	Трехпараметрический анализ Вейбулла	0,007	1,325		
	Экспоненциальный	0,253	0,921		
	Логарифмическая нормальная	0,097	0,876		
Тяговая система	Двухпараметрический Вейбулл	0,086	1.380	2 параметрический Вейбулл	Форма 0,9940 Масштаб 10.6495
	Трехпараметрический анализ Вейбулла	< 0,005	5.463		
	Экспоненциальный	0,021	1,705		
	Логарифмическая норма	0,052	1.700		
Тормозная система	Двухпараметрический Вейбулл	0,014	1.120	Логарифмическая нормальное	Местоположение 2.3693 Масштаб 1.3003
	Трехпараметрический анализ Вейбулла	0,224	0,657		
	Экспоненциальный	< 0,003	3,376		
	Логарифмическая норма	0,236	0,644		
Система контроля и диагностики	Двухпараметрический Вейбулл	0,242	0,672	Логарифмическая нормальное	Местоположение 2.5573 Масштаб 1.3581
	Трехпараметрический анализ Вейбулла	0,123	0,796		
	Экспоненциальный	0,005	2,277		
	Логарифмическая норма	0,353	0,595		
Вспомогательная система	Двухпараметрический Вейбулл	0,096	1,974	Логарифмическое нормальное	Местоположение 1.4915 Масштаб 0,9349
	Трехпараметрический анализ Вейбулла	<0,005	4.060		
	Экспоненциальный	0,010	2.080		
	Логарифмическая норма	0,080	1,016		

Установлено, что средняя наработка на отказ ходовой части, системы тяги, тормозной системы, системы контроля и диагностики, вспомогательных систем составила 14, 11, 25, 32 и 7 суток. Средняя наработка на отказ, а именно интенсивность отказов, увеличивалась в следующем порядке: вспомогательные системы, тяговая система, ходовая часть, тормозная система, системы контроля и диагностики. Эти результаты согласуются с количеством отказов, собранным из полевых данных.

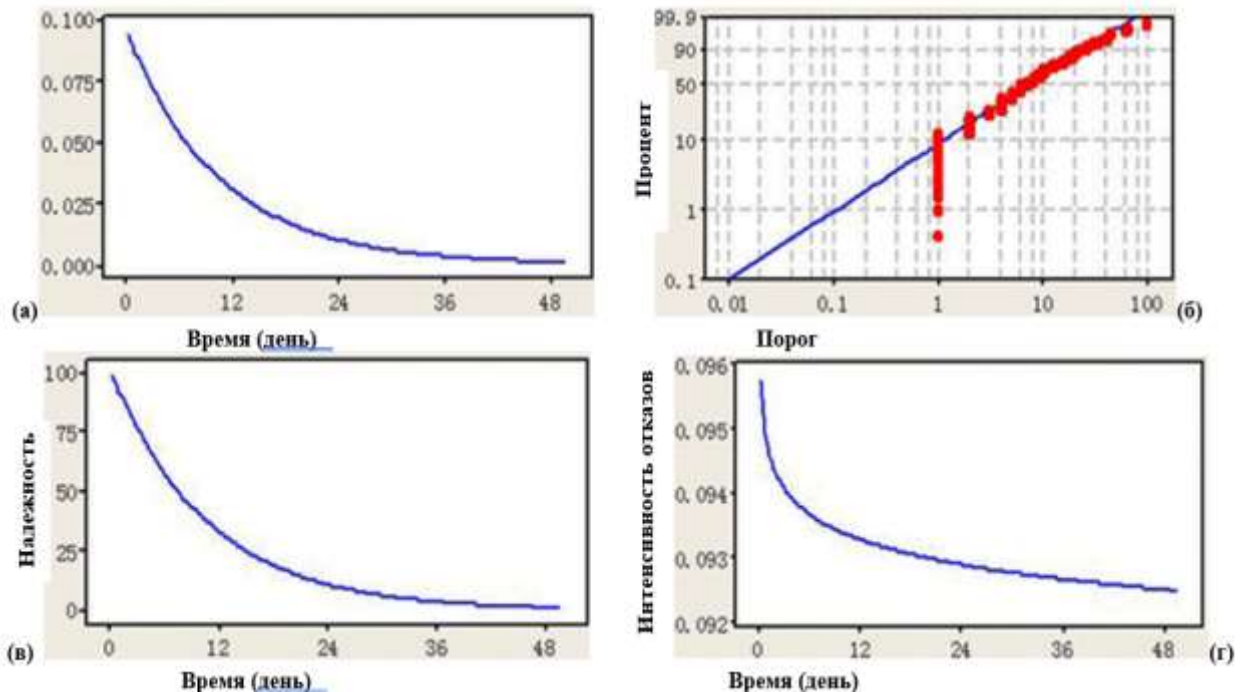


Рисунок 5. Характеристики надежности тяговой системы: (а) – функция надежности; (б) – распределение Вейбула; (в) – функция надежности; (г) – функция интенсивности отказов.

Функциональная модель характеристик надежности может использоваться для прогнозирования различных характеристик надежности, таких как надежность, ненадежность и среднее время наработки на отказ. Кроме того, система метро может уменьшить количество происшествий за счет составления графиков технического обслуживания транспортных средств в соответствии с характерными переменными. Техническое обслуживание следует планировать через день, чтобы соответствовать требованиям надежности ходовой части. Аналогичным образом можно составить план технического обслуживания для другой подсистемы.

Выводы. На основе данных об отказах в работе вагонов метрополитена разработан метод анализа надежности подсистем метрополитена на основе теории анализа живучести. Путем фильтрации, классификации и предварительной обработки данных об отказах для каждой подсистемы были получены количество отказов и среднее время работы между отказами. Результаты показали, что интенсивность отказов увеличивалась в следующем порядке: вспомогательные системы, система тяги, ходовая часть, тормозная система, системы контроля и диагностики. Была определена оптимальная модель распределения отказов каждой подсистемы, что позволяет составить график технического обслуживания транспортного средства, что заметно снизит количество отказов подсистем.

Функции характеристики надежности можно использовать для получения научной оценки переменных характеристики надежности. В связи с быстрым строительством и все более сложной внутренней системой метро, функция надежности будущего метро имеет определяющее значение для строительства и системного обслуживания. В будущем анализ надежности метро получит широкое внимание и долгосрочное развитие.

Благодарности. Авторы благодарят сотрудников вагоноремонтных предприятий Узбекистана, работников метрополитена города Ташкента за помощь в получении статистических данных, необходимых для данной работы.

Список литературы

- [1]. S Derrible, C Kennedy. The complexity and robustness of metro networks. *Physica A* 389(17), 3678–3691 (2010).
- [2]. Y Hamdouch, HW Ho, A Sumalee, G Wang. Schedule-based transit assignment model with vehicle capacity and seat availability. *Transp. Res. Pt. B-Methodol.* 45(10), 1805–1830 (2011).
- [3]. D Cousineau. Fitting the three-parameter Weibull distribution: review and evaluation of existing and new methods. *IEEE Trns. Dielectr. Electr. Insul.* 16(1), 281–288 (2009).
- [4]. MT Huynh, A Hopkins, R Norris. The completeness and reliability of threshold and false-discovery rate source extraction algorithms for compact continuum sources. *Publ. Astron. Soc. Aust.* 29(3), 229–243 (2012).
- [5]. M Gholami, RW Brennan. Comparing two clustering-based techniques to track mobile nodes in industrial wireless sensor networks. *J. Syst. Sci. Syst. Eng.* 25(2), 177–209 (2016).
- [6]. JH Kim, JW Jin, JH Lee. Failure analysis for vibration-based energy harvester utilized in high-speed railroad vehicle. *Eng. Fail. Anal.* 73, 85–96 (2017).
- [7]. S Giappino, D Rocchi, P Schito. Cross wind and rollover risk on lightweight railway vehicles. *J. Wind Eng. Ind. Aerodyn.* 153, 106–112 (2016).
- [8]. Z Ye, LC Tang, H Xu. A distribution-based systems reliability model under extreme shocks and natural degradation. *IEEE Trans. Reliab.* 60(1), 246–256 (2011).
- [9]. AA Shabana, JR Sany. A survey of rail vehicle track simulations and flexible multibody dynamics. *Nonlinear Dyn.* 26(2), 179–212 (2001).
- [10]. S-T Jiang, TL Landers, TR Rhoads. Assessment of repairable-system reliability using proportional intensity models: a review. *IEEE Trans. Reliab.* 55(2), 328–336 (2006).
- [11]. F Shi, Z Zhou, J Yao, H Huang. Incorporating transfer reliability into equilibrium analysis of railway passenger flow [J]. *Eur. J. Oper. Res.* 220(2), 378–385 (2012).
- [12]. MK Ardakani, L Sun. Incremental algorithm for adaptive routing incorporating traveler information. *Comput. Oper. Res.* 39(12), 3012–3020 (2012).
- [13]. Y(M) Niea, X Wua, JF Dillenburgb, PC Nelsonb. Reliable route guidance: a case study from Chicago. *Transp. Res. Pt. A-Policy Pract* 46(2), 403–419 (2012).
- [14]. D Canca, A Zarzo, PL González-R. A methodology for schedule-based paths recommendation in multimodal public transportation networks. *J. Adv. Transp* 47(3), 319–335 (2013).
- [15]. K Wang, L Li, T Zhang, et al. Nitrogen-doped graphene for supercapacitor with long-term electrochemical stability. *Energy* 70, 612–617 (2014).

**TAKOMILLASHTIRILGAN PAXTA REGENERATORIDA O‘TKAZILGAN
TADQIQOTLAR NATIJALARI**

T. Tuychiev, A. Gafurov, M.X. Axmedov, N. Xoshimova

Toshkent to‘qimachilik va yengil sanoat instituti
(Qabul qilindi 12.01.2024 y.)

Maqolada TST AGRO klaster tarkibidagi Mustaqilik paxta tozalash korxonasining quritish-tozalash bo‘limiga takomillashtirilgan paxta regeneratorini tadqiq etib, olib borilgan tajriba sinovlari natijalari keltirilgan. Tadqiqot natijalariga ko‘ra, takomillashtirilgan paxta regeneratorining tozalash samaradorliklari ish unumdorlikka mos ravishda 93,26%, 92,5 % va 90,39 % ni tashkil etib, regeneratorning texnik pasportida ko‘rsatilgan tozalash samaradorlikka nisbatan ish unumdorliklar bo‘yicha 13,26 %; 12,5 % va 10,39 %ga yuqori bo‘lishiga erishilgan. Takomillashtirilgan paxta regeneratorida paxta chigitining mexanik shikastlanganligi mavjud paxta regeneratoriga nisbatan 0,51 %ga kam bo‘lishiga erishilgan.

Kalit so‘zlar: paxta, ifloslik, namlik, tozalash texnologiyasi, regenerator, tozalagich.

Аннотация. В статье представлены результаты экспериментальных испытаний, проведенных при применении усовершенствованного регенератора хлопка в **химчисточном** отделении хлопкоочистительного предприятия «Мустакилик» кластера «ТСТ АГРО». По результатам исследования эффективность очистки улучшенного регенератора хлопка составляет 93,26%, 92,5% и 90,39% соответственно, по эффективности по сравнению с эффективностью

очистки, указанной в техническом паспорте регенератора 13,26%, 12,5% и на 10,39% выше. В усовершенствованном регенераторе хлопка механическое повреждение семян хлопчатника снижено на 0,51% по сравнению с существующим регенератором хлопка.

Ключевые слова: хлопок, грязь, влага, технология очистки, регенератор, очиститель.

Abstract. The article presents the results of experimental tests conducted by applying the improved cotton regenerator to the drying-cleaning department of the Mustaqilik cotton ginning enterprise within the TST AGRO cluster. According to the results of the study, the cleaning efficiency of the improved cotton regenerator is 93.26%, 92.5%, and 90.39%, respectively, in terms of efficiency compared to the cleaning efficiency specified in the technical passport of the regenerator 13.26%; 12.5% and 10.39% higher. In the improved cotton regenerator, the mechanical damage of the cotton seed was reduced by 0.51% compared to the existing cotton regenerator.

Keywords: cotton, dirt, moisture, cleaning technology, regenerator, cleaner.

Kirish

Hozirgi vaqtda O'zbekiston paxta-to'qimachilik klaster tizimidagi paxta tozalash korxonalarini kerakli ilmiy-texnik bazasini yaratish, zamonaviy paxtani qayta ishlash texnologiyalarini yaratishda va zamon talablariga to'g'ri keladigan uskunalar, agregatlar, asbob va apparatlar bilan ta'minlash yo'lida katta faoliyat ko'rsatmoqda.

O'tgan 6÷7 yil davomida O'zbekistonda paxtani dastlabki ishlash texnologiyasi va texnika yo'nalishida sezirarli o'zgarishlar bo'ldi. Bunga asosan, paxta tozalash korxonalarini paxta-to'qimachilik klaster tizimiga o'tishi ijobiy natijalar berdi. Yangidan yaratilgan zamonaviy texnologik uskunalar asosida mashina va qo'l terimi paxtalarini ishlab chiqarishda uning (paxta tolasi, chigiti) tabiiy xususiyatlarini saqlab qolishni ta'minlaydigan ilg'or texnologiyalar ishlab chiqarishga joriy etilmoqda.

«Paxtachilik sohasida bozor tamoyillarini keng joriy etish chora-tadbirlari to'g'risida»gi 2020 yilning 6 martida qabul qilingan prezident farmoniga binoan, respublikada paxta xomashyosi ishlab chiqarish va majburiy sotish rejasi, uning narxini davlat tomonidan belgilash amaliyoti bekor qilingan.

O'zbekiston so'nggi yillarda paxta eksportini yildan yilga kamaytirmoqda. Xususan, 2016 yilda 416 ming tonna, 2017 yilda 278,9 ming tonna, 2018 yilda esa 115,6 ming tonna paxta tolasi eksport qilingan. Paxta tolasini respublikamizda chuqur qayta ishlash bo'yicha olib borilgan amaliy ishlar natijasida tola eksporti so'ng yillarda kamayish dinamikasini ko'rishimiz mumkin. 2021 yilda paxta tolasini eksporti butunlay to'xtalib, mahalliy tolani qayta ishlash korxonalari qo'shimcha qiymatli mahsulotlar ishlab chiqarishga yo'naltirildi. 2022 yilda esa, qo'shimcha Tojikiston respublikasidan o'tgan O'zbekistonga 17,3 million dollarlik 6,6 ming tonna paxta eksport qilingan. Bu 2021 yilning shu davridagiga nisbatan 3,3 barobar ko'p.

Muammoni o'rganilganlik darajasi

Lugachev A.YE. tomonidan olib borilgan tadqiqot ishida [1] yirik iflosliklardan tozalash seksiyasiga paxtani tayyorlash texnologiyasi ishlab chiqilgan. Bunda paxtani arrachali baraban yuzasiga bir tekisda uzatish va ilashtirish imkoniyati yaratilgan. Kiritilgan yangiliklar hisobiga paxtani tozalash jarayonida iflosliklar tarkibiga qo'shilib ketishi kamayishiga va tozalash samaradorligini oshishigiga erishilgan.

Rajabov O. va boshqalar tomonidan olib borilgan tadqiqot ishida mayda iflosliklardan tozalash mashinasida to'rli yuzaning o'rniga kolosnikli panjarani o'rnatib tajribalar olib borilgan. Kolosniklarning shakli oltiqirra bo'lib, mayda iflosliklardan tozalash uskunasi o'rnatilib tajribalar olib borilganda uskunaning tozalash samaradorligi mavjud to'rli yuzaga nisbatan 2.7% oshganligini va paxta tarkibidagi mayda iflosliklar miqdori 0.07% ga kamayishiga erishilgan [2].

Murodov O. va boshqalar tomonidan olib borilgan tadqiqot ishida yirik iflosliklardan tozalagichning kolosnikli panjarasining tebranishlarini matematik model asosida tadqiq etilgan etilgan. Olingan natijalarni sonli hisob ishlarida tebranishshning kolosnik konstruktsiya ko'rsatkichlariga bog'liqlik grafiklari olingan [3].

Djurayev A. va boshqalar tomonidan olib borilgan tadqiqot ishida yangi konstruktsiyadagi paxta regeneratori ishlab chiqilgan. Tadqiqotlarda elektro dvigatelning mexanik-dinamik tavsiflari,

harakatni uzatuchi mexanizmlarning inersion va qayishqoqlik xususiyatlari, regeneratsiya qilinayotgan mahsulotlarning texnologik yuklamalarini inobatga olgan holda regeneratorning ishchi qismlari va ularning ko'rsatkichlari aniqlangan [4].

Rajabov O. va boshqalar tomonidan olib borilgan tadqiqot ishida paxtaning turli xil selekion navlarida mayda iflosliklardan tozalash jarayonida qoziqchali barabanning aylanish tezliklarini mayda iflosliklarga bog'liqligi tadqiq etilgan. Shuningdek, tadqiqot ishida qoziqchali barabanlarning aylanish tezliklarini chigitning mexanik shikastlanganligiga bog'liqlik grafiklari qurilgan. Amaliy tajribalar asosida mayda iflosliklardan tozalash uskunasi ishlar jarayoni asoslangan[5].

Djurayev A. va boshqalar tomonidan olib borilgan tadqiqot ishida yirik iflosliklardan tozalash uskunasi tahlilari asosida uskunaning tozalash samaradorligini yuqori bo'lishini ta'minlovchi takomillashtirilgan ko'p qirrali kolosniklar ishlab chiqilgan. Tadqiqot natijalariga ko'ra, tozalash samaradorlik oshgani bilan mahsulotning sifat ko'rsatlari xam saqlab qolinishiga erishilgan [6].

Bir qator tadqiqotlarda tozalash uskunalarining ishchi qismlarini takomillashtirish orqali tozalash samaradorligini oshirish va mahsulot sifatini saqlab qolish bo'yicha izlanishlar olib borilgan [7-15].

Amaliy tadqiqotlar

Tajribalarda mashina terimidagi namligi 7,7 % va iflosligi 40,1 % bo'lgan S65-24 seleksiya navidagi paxta xomashyosida amaliy tadqiqotlar o'tkazildi. UXK tozalash liniyasida ifloslik shneklaridan chiqqan paxta xom ashyosi 1000 kg namuna olindi. Regeneratorga yuqorida ko'rsatilgan ifloslik va namlikdagi paxta namunasi uzatilib, qayta ishlandi va tozalangan chigitli paxtada quyidagi natijalar olindi.

Ta'minlagichlar 9 ayl/daq bilan harakatlanganda UXK tozalash liniyasi shneklaridan chiqqan paxta namunasining dastlabki ifloslik 40,1 % (1-rasm) bo'lganda, tozalashdan keyingi paxta tarkibidagi ifloslik 2,7 % ni (2-rasm) tashkil etdi.



1-rasm.



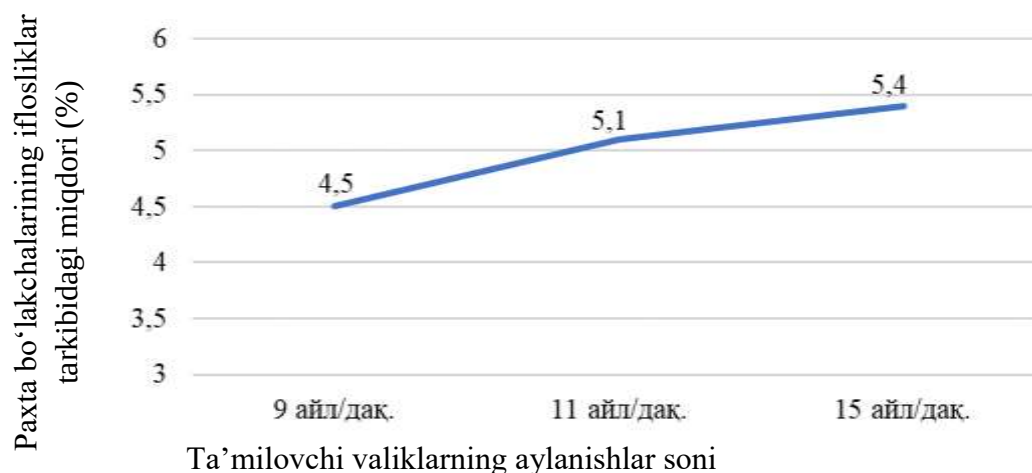
2-rasm

Bundan tashqari tozalashdan keyin chiqqan ifloslikdan 193,07 g namuna olinib, uning tarkibi tekshirilganda, ifloslik 178,22 g ni bir chigitli paxta 8,88 g va uluk va erkin tolalar 5,57 g tashkil qildi.

Ta'minlagichlar 11 ayl/daq bilan harakatlanganda RX regeneratorda tozalashdan o'tkazilgandan keyingi paxta tarkibidagi ifloslik 3 % ni tashkil etdi. Shuningdek, tozalash jarayonida ajralgan iflosliklar tarkibi tekshirilganida, olingan 222,27 g namunada ifloslik 204,11 g ni, bir chigitli paxta bo'lakchalari 13,86 g va uluk va erkin tolalar 2,96 g tashkil etdi.

Ta'minlagichlar 15 ayl/daq bilan harakatlanganda regeneratorda tozalangandan keyingi paxta tarkibidagi ifloslik 3,85 % ni tashkil etdi. Bundan tashqari tozalash jarayonida ajralgan iflos aralashmalar tarkibi tekshirilganida, olingan 250,35 g namunada iflos aralashmalar 230,03 g ni va bir chigitli paxta bo'lakchalari 13,70 g hamda uluk va erkin tolalar 6,1 g tashkil qildi.

RX regeneratorda ajratilgan iflosliklar tarkibidagi paxta bo'lakchalarining miqdorini tahlil etsak (3-rasm), regeneratorning ish unumdorligi oshgan sayin uning miqdori mos ravishda 4,5; 5,1 va 5,4 % ni tashkil etmoqda.



3-rasm. Takomillashtirilgan renerator ta'minlovchi valiklarining aylanish tezligini paxta bo'lakchalarining iflosliklar tarkibidagi miqdoriga ta'siri.

Olib borilgan tajriba natijalarini tahlil qiladigan bo'lsak (4-rasm), regeneratorda tozalanganda paxtaning iflos aralashmalar miqdori ta'minlovchi valiklarning aylanish tezligi 9 ayl/daq. bo'lganda 2,7 % ni, 11 ayl/daq. da 3,0 % ni va 15 ayl/daq. bo'lganda 3,85 % ni tashkil etmoqda. Regeneratorning ish unumdorligi oshib borgan sari uning tozalash samaradorligi pasayib borib paxta tarkibidagi iflos aralashmalar miqdori oshmoqda. Regeneratorning tozalash samaradorliklari ish unumdorlikka mos ravishda 93,26%, 92,5 % va 90,39 % ni tashkil etmoqda.



4-rasm. Takomillashtirilgan renerator ta'minlovchi valiklarining aylanish tezligini paxta tarkibidagi iflosliklar miqdoriga ta'siri.

Takomillashtirilgan RX regeneratorda qayta ishlangan paxta chigitining mexanik shikastlanganligini tadqiq etamiz.

Urug'lik chigitning mexanik shikastlanishi aniqlashda GOST 21820.3-76 standart asosida amalga oshirildi. Laboratoriyaga keltirilgan 1 kg paxta namunasi ishchi namunasi olish stoliga yozilib, to'rtburchak shakliga keltirilib, 16ta bo'lakka ajratildi. Har bir bo'lakdan ketma-ket xar biri 100 gr dan 2 ta namuna tortib olinib, shisha idishga solinadi va ustiga 60 ml zichligi $1,84\text{g/st}^3$ bo'lgan sulfat kislotasi quyilib, shisha yoki ebonit tayoqcha bilan chigitdagi tola va momiqlardan to'la tozalangunga qadar aralastirildi. So'ngra yuvilib filtr qog'oz bilan quritildi.

Tukli chigitlarda O'z DSt 1080:2005 standart talabi asosida ajratib olingan 50gr dan 2ta ishchi namuna tortib olinib farfor idishga solindi va ustiga 20 -30 ml zichligi $1,84\text{g/st}^3$ bo'lgan sulfat

kislotasi quyilib (taxminan 10 minut davomida), ebonit tayoqcha bilan chigitdagi momiqlardan to'la tozalangunga qadar aralshtirildi va yuvilib filtr qog'oz bilan quritildi.

Tahlil qilishda: chigitdan po'stlog'i ezilib ketgan va o'lchami 3:1 qismida kichik bo'lgan chigitni ajratib tashlangandan so'ng qolgan namuna ichidan mexanik shikastlanib yadrosi ko'rinib qolgan, qo'l bilan asta po'stlog'i yorilgan, kesilgan (kattaligi 2/3 qismdan kam bo'lmagan) chigitlar ajratildi va mexanik shikastlangan chigitlarga kiritilib sanash yo'li bilan aniqlandi.

Shu usulda sog'lom, shakilli buzulgan bo'lsada, butun chigitlar sanalib, shikastlanmagan chigitlarning soni aniqlanib, quyidagi formula bilan chigitni mexanik shikastlanishi aniqlandi:

$$M_{\text{shikast}} = \frac{SH * 100}{SH + S} \quad (1)$$

Bunda: S – shikastlanmagan butun chigitlar soni;

SH – shikastlangan chigitlar soni.

Huddi shu tartibda ikkinchi namunada ham tahlillar o'tkazildi. Tahlil natijalarining o'rtacha qiymati 1-jadvalda keltirilgan.

O'tkazilgan har ikki parallel taxlil o'rtasidagi farq urug'lik paxtadagi chigitning mexanik shikastlanishi 0,5 % gacha bo'lganda 0,2% dan, mexanik shikastlanishi 1,0% gacha bo'lganda 0,4% dan ortmasligi ta'minlandi. Parallel tahlillar o'rtasidagi farq belgilangandan yuqori bo'lsa tahlil qaytadan o'tkazildi. Bunda ham farq bo'lganda, o'tkazilgan 4 ta tahlil o'rtachasi hisoblanib, chigitning mexanik shikastlanishi belgilandi.

Chigitni shikastlanganlik darajasini aniqlash uchun Mustaqillik paxta tozalash korxonasida Sulton seleksion navli mashina terimidagi III/3 sanoat navidagi paxtani texnologik jarayon bosqichlarida o'zgarishini tadqiq etildi. Tajribalarda paxtaning dastlabki namligi 9,65 % va iflosligi 14,1 % tashkil etdi. Har bir texnologik bosqichdan (1-jadvalda keltirilgan namunalar olingan nuqtalar ustuni) olingan paxta chigitlarining tolasi qo'l yordamida ajratib olindi. Tajriba o'tkazilgan kuni 1ta smenada 72 ta tola toyi, 6 ta lint toyi ishlab chiqarildi.

1-jadval.

Texnologik jarayonlar bo'yicha chigitning mehanik shikastlanishi

№	Namunalar olingan nuqtalar	Olingan namuna 50 gr		
		Namunadagi chigitlar soni jami	Shikastlangan chigitlar soni	Namuna tarkibidagi shikastlangan chigitlar (%)
1	G'aramda	396	12	3,03
2	RBX g'aram buzgichdan so'ng	389	19	4,88
3	2SB-10 quritish barabanidan so'ng	396	20	5,05
4	1-qator UXKda tozalangandan so'ng	402	21	5,22
5	2-qator UXKda tozalangandan so'ng	388	22	5,67
6	UXK 1-shnek	394	45	11,42
7	UXK 2-shnek	412	28	6,79
8	UXK 3-shnek	407	22	5,40
9	RX (mavjud)	402	28	6,96
10	RX (takomillashtirilgan)	434	28	6,45

Izoh: 1000 dona chigit 127 gr dan 129 gr gacha chiqdi.

Texnologik jarayonlar bo'yicha chigitning mehanik shikastlanishini tahlil qiladigan bo'lsak, paxta g'aramida 3.03 %ni, g'aram buzgich RBXdan so'ng 4,88 %ni, paxta quritgichi 2SB-10 barabanidan so'ng 5,05 %ni, paxtani iflos aralashmalardan tozalovchi UXK agregatlarining 1-

liniyasida so'ng 5,22 %ni, 2-liniyasidan so'ng esa 5,67% ni, UXK agregatlar majmuasi 1-liniyasining 1-ifloslik shnegidan chiqqan paxta chigitida 11,42 %ni, 2-ifloslik shnegida 6,79%ni, 3-ifloslik shnegida 5,40 %ni, mavjud paxta regeneratorida qayta ishlangan paxta chigitida 6,96 %ni va takomillashtirilgan paxta regeneratorida esa 6,45 %ni tashkil etishi aniqlandi.

UXK agregatlar majmuasining 1-ifloslik shnegidan chiqqan chigitning mexanik shikastlanishi 11,42 %ni tashkil etib, 2 va 3-ifloslik shnekларidan chiqqan paxta chigitlarining mexanik shikastlanishiga qaraganda 2 barobar yuqori ekanligi qayd etilmoqda.

Takomillashtirilgan paxta regeneratorida paxta chigitining mexanik shikastlanganligi mavjud paxta regeneratoriga nisbatan 0,51 %ga kam bo'lishiga erishilmoqda. Ma'lumki, mavjud paxta regeneratorida paxta arrali silindrga uskunaning o'rtasida havo bilan kirib kelib ikki qismga ajraladi va tozalangan paxta chiqish tomon harakatlanishida 3-4 marta tozalanilib keyin regeneratoridan chiqib ketadi. Takomillashtirilgan paxta regeneratorida esa iflosliklar bilan qo'shib kelgan paxta bo'lakchalari uskunaning bir yonida ta'minlovchi valiklar yordamida kerakli ish unumdorlikda arrali silindrga uzatiladi. Uskunaning bir yonidan berilishi va uning konstruksiyasiga kiritilgan o'zgartirishlar hisobiga paxta arrali silindrda 6 martagacha tozalanib chiqadi. Lekin paxtaning arrali silindr atrofidagi harakatidagi farq hisobiga takomillashtirilgan paxta regeneratorida chigitning mexanik shikastlanishida pasayish kuzatilmoqda.

Xulosa

TST AGRO klaster tarkibidagi Mustaqilik paxta tozalash korxonasining quritish-tozalash bo'limiga takomillashtirilgan paxta regeneratorini tadbiqqoti natijalariga ko'ra, takomillashtirilgan paxta regeneratorining tozalash samaradorliklari uskunaning ish unumdorligiga mos ravishda 93,26%, 92,5 % va 90,39 % ni tashkil etdi. Regeneratorning texnik pasportida ko'rsatilgan tozalash samaradorlikka nisbatan ish unumdorliklar bo'yicha 13,26 %; 12,5 % va 10,39 %ga yuqori bo'lishiga erishilgan. Mavjud paxta regeneratorida paxta havo bilan qo'shib kelib arrali silindrga uriladi va kolosniklarda tozalanib o'tgandan so'ng arrali silindrning markaziy o'qidan pastda joylashgan ajratuvchi cho'tkali baraban yordamida paxta yuqoriga uzatiladi. Yuqoriga ko'tarilgan paxta o'z tezligini yuqotishi hisobiga yana arrali silindrga kelib tushganda mexanik shikastlanish ortishiga olib kelmoqda. Takomillashtirilgan paxta regeneratorida esa ajratuvchi cho'tkali baraban arrali silindr markaziy o'qidan yuqorida joylashganligi va paxta arrali silindrga nisbatan 3 marta yuqori tezlikda ajratib uzatishi hisobiga paxta bir muncha yumshoq ta'sirda bo'lishiga olib kelishi pirovardida chigitning mexanik shikastlanishi past bo'lishi aniqlandi.

Adabiyotlar

- [1]. Lugachev, A.E. Improving the feed technology in a cotton cleaner Izvestiya Vysshix Uchebnyx Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstilnoi Promyshlennosti (1), s. 17-19, 1998.
- [2]. Rajabov, O., Shodiev, Z., Gapporova, M., Yokubov, M., & Ziyodullaeva, K. (2022, December). Influence of variants of grid bars and spiky cylinders on the cleaning effect of cotton on small waste. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2373, No. 2, p. 022052). IOP Publishing.
- [3]. Murodov, O., Juraev, A., Plekhanov, A., & Tashpulatov, D. (2022). Influence of parameters of a plastic multi-face grate on elastic supports in a cotton cleaner on the frequency of system vibrations and the effect of cleaning fiber mass from weed and hard impurities. Proceedings of higher education institutions, 171.
- [4]. Anvar, D., & Kuliev, T. M. (2020). Improvement of the construction and justification of parameters of the fibrous material regenerator. International Journal of Advanced Science and Technology, 29(8 Special Issue), 453-460.
- [5]. Rajabov, O., Salimov, S., Temirov, A., & Yokubov, M. (2021, November). Influence of the circumferential speed of the spiked cylinders on the efficiency of cleaning raw cotton. In Journal of Physics: Conference Series (Vol. 2094, No. 4, p. 042074). IOP Publishing.
- [6]. Dzuraev, A., Sayitkulov, S., Bozorov, B., & Fatullaeva, S. (2021). Investigation of working bodies of cotton cleaning machine. Sovremennye innovatsii, sistemi i texnologii, 1(4), 47-54.
- [7]. Madumarov I.D. Paxtani issiqlik - namlik holatini muqobillashtirish va bir tekis ta'minlash asosida tozalash jarayonining samaradorligini oshirish // texnika fanlari doktori (Doctor of Scince) ilmiy darajasini olish uchun tayyorlangan dissertatsiya. Toshkent. – 2019, 200 b.
- [8]. Tuychiyev T.O. "Povisheniye effektivnosti ochistiteley na osnove usovershenstvovaniya pitately pri podgotovke xlopka-sirsa k texnologicheskim protsessam ochistki. Dissertatsiya doktora filosofii po texn. nauk (PhD). Tashkent 2018.

- [9]. Kuliyeв T.M., Djamolov R.K., Nazirov R.R., Kurbanbayev E.B. Razrabotka regeneratora xlopka-sirsa iz otxodov xlopka-sirsa. NTO. Tema №12.2018 PP. Tashkent. 2019. S. 37.
- [10]. Patent № FAP 00708 RUz «Regenerator xlopka-sirsa».
- [11]. Tuychiev T. et al. Influence of the Direction of Movement of Cotton to Pile Drums on the Cleaning Efficiency //International Scientific Conference on Agricultural Machinery Industry “Interagromash”. – Cham : Springer International Publishing, 2022. – S. 2084-2091.
- [12]. Berdanov E., Parpiev A., Tuychiev T. To study the effect of cotton heat on cleaning efficiency //ACADEMICIA: An International Multidisciplinary Research Journal. – 2022. – T. 12. – №. 5. – S. 712-717.
- [13]. Tuychiev T. et al. Investigate the movement of cotton in the supplier //AIP Conference Proceedings. – AIP Publishing, 2022. – T. 2650. – №. 1.
- [14]. Madumarov I. et al. Experimental results of an improved supplier in the production process and transportation //Transportation Research Procedia. – 2022. – T. 63. – S. 2998-3004.
- [15]. Ro‘zmetov R. I. Yuqori navli paxtalarni quritish texnologik jarayonini takomillashtirish // texnika fanlari bo‘yicha falsafa doktori (Doctor of Philosophy) ilmiy darajasini olish uchun tayyorlangan dissertatsiya. Toshkent. – 2020, 117 b.

УДК 677.021.152

КАТТАЛАШТИРИЛГАН ИШЧИ КАМЕРАЛИ МОМИҚ АЖРАТИШ МАШИНАСИДА ОЛИНАДИГАН МОМИҚ ВА ЧИГИТЛАРНИНГ СИФАТ КЎРСАТКИЧЛАРИНИ ТАЖРИБАЛАР АСОСИДА ТАДҚИҚ ЭТИШ

Д.А. Ахмедов¹, И.Қ. Сабилов¹, М. Ахматов¹, Н.М. Ахматов¹, Ш. Хусанова²

¹Тошкент тўқимачилик ва енгил саноат институти

²Фаргона политехника институти

(Қабул қилинди 3.01.2024 й.)

Аннотация. Янги катталаштирилган ишчи камерали момик ажратиш машинасида арраларнинг ишчи камерага чиқиб туриши, ишчи камерасига ўрнатилган чигит тароғининг учидан қовурғали панжарагача бўлган хар-хил масофаларида, момик ва чигитларнинг сифат кўрсаткичларига таъсири бўйича олинаган илмий тадқиқот натижаларини таҳлиллари келтирилган.

Kalit so‘zlar: пахта, чиқинди, чигит, бўлакча, ифлослик, тозалаш, мажмуа, селекция, диаметр, арра, барабан.

Аннотация. Проведен анализ результатов научных исследований на влияние выступающих в рабочую камеру пил, расстояние от конца семенного сота, установленного в рабочей камере, до грудной клетки, а также качественные показатели пуха и семян в рабочей камере. Представлена новая машина для отделения ворса с увеличенной рабочей камерой.

Ключевые слова: хлопок, отходы, семена, хлопья, грязь, очистка, комплекс, отбор, диаметр, пила, барабан.

Annotation. An analysis of the results of scientific research on the influence of saws protruding into the working chamber, the distance from the end of the seed comb installed in the working chamber to the chest, as well as the quality indicators of fluff and seeds in the working chamber was carried out. A new lint separation machine with a larger working chamber has been introduced.

Keywords: cotton, waste, seeds, flakes, dirt, cleaning, complex, selection, diameter, saw, drum.

Ҳозирги кунда Республикамизда ривожланиб бораётган бир пайтда “Пахта-тўқимачилик” кластерларига қарашли барча пахта тозалаш корхоналарини технологик жараёнига ўрнатилган пахта чигитдан момик ажратиш учун ПМП-160М, 5ЛП русумли ва 6ЛП русумли момик ажратиш машиналари қўлланиб келинмоқда [1].

Амалда чигитдан максимал миқдорда момикни олиш (жинланган чигитларнинг берилган вазнига нисбатан фоизда), чигитдан керакли миқдорда момикни ажратиб олиш, момик ажратиш машиналари иш тартибини сошлаш, чигит тароғини қовурғачага нисбатан ҳолатини ва таъминлагич автомат занжирини узунлигини ўзгартириш йўли билан амалга оширилади [2].

Республикамизда чигитдан момикни ажратиб олишни илмий муаммолари бўйича

«Paxtasanoati ilmiy markazi»АЖ илмий ходимлари ва ТТЕСИ ни кўплаб олимлар ва изланувчилар томонидан илмий тадқиқот изланишлари олиб борилиб, олинган натижалар асосида яратилган машиналар амалиётга тадбиқ этилди [3,4,5,6].

Чигитдан момикни ажратиш олиш ва технологик ускуналарни такомиллаштириш бўйича бир қатор хорижий олимлар томонидан ҳам олиб борилган илмий изланишлар натижаси асосида яратилган янги техника ва технологиялар ишлаб чиқаришга тавсия этилган [7].

Амалдаги момик ажратиш машиналарни иш унумдорлиги жинлаш жараёнида чигит таркибида ажралмай қолган калта толаларни (момиклар) ажратиш олиши асосан арра тишларига урилиш эҳтимолигига ҳамда ишчи камерага ўрнатилган чигит хом-ашё валигини ҳосил қилувчи тўзитгичга боғлиқ бўлади.

Момик ажратиш машиналарини асосий камчилиги, ишчи камерасини кичиклиги сабабли, толаси тўлиқ ажралмай қолган чигитлари арра тишларига урилиш эҳтимолини камлиги сабабли катталаштирилган ҳажмли ишчи камераси таклиф қилиниб, илмий тадқиқотлар тажрибалари 1-расм, (а) ва (б)да келтирилган тажриба лаборатория ускунасида ўтказилиб, ушбу тажриба ускунасини тузилиши ва ишлаш услуби [8,9] келтирилган.



(а)



(б)

1-расм, (а)-тажриба лаборатория момик ажратиш машинасининг умумий кўриниши, (б)- лаборатория момик ажратиш машинаси тажриба намунасида қўлланилган чигит тўзитгичнинг умумий кўриниши.

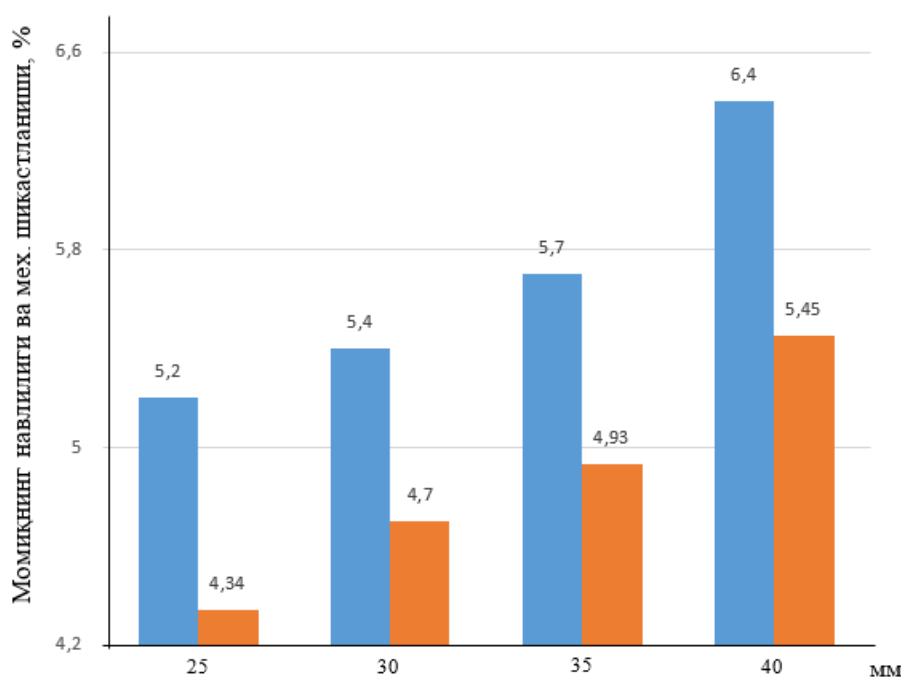
Тажриба тадқиқотларида Наманган-77 саноат пахтаси иккинчи навининг жинланган чигитлари ишлатилган. Такомиллашган момик ажратиш машинасининг лаборатория стендида тажриба тадқиқотларини давом эттириб, олинган момик ва чигитларнинг сифат кўрсаткичлари аниқланди. Олинган момик ва чигитларнинг сифат кўрсаткичлари “Paxtasanoat ilmiy markazi” АЖ лаборатория шароитларида текширилди, бунда момикдаги ифлос аралашмалар ва бутун чигитларнинг массавий улуши, момикнинг штапел узунлиги, типи, нави ва синфи мавжуд методикалар бўйича аниқланди [10].

Шунингдек, момик ажратилган чигитларнинг механик шикастланиши даражаси ҳам аниқланди. Олинган маълумотларнинг натижалари 1-жадвалда ва 2-расмда келтирилган. 1-жадвалдан ва 2-расмдан кўришиб турибдики, арраларнинг ишчи камерага чиқишини ўрганилган қийматларда, яъни 25 дан 35 мм гача оширишда момикдаги ифлос аралашмалар ва бутун чигитларнинг массавий улуши қиймати, момикнинг штапел узунлиги, типи, нави ва синфи ўзгармайди. Ўрганилган барча тажриба вариантларда момикнинг штапел узунлиги 6-7 мм, типи Б бўлган, чиқиш қийматининг 25 дан 35 мм гача момикларнинг нави ва синфи ҳам ўзгармаган, аммо момикдаги ифлос аралашмаларнинг ва бутун чигитларнинг масса улуши 5,2% дан 5,7% гача ошган. Бироқ арраларнинг ишчи камерага 40 мм га чиқишида момикдаги ифлос аралашмаларнинг ва бутун чигитларнинг масса улуши 6% дан ошди ва 6,4% ни ташкил этди, шунинг учун момик “Ифлос” синфга ўтган. Шунингдек, момик ажратилган чигитларнинг механик шикастланиши ҳам 4,34 дан 5,45% гача ошган.

Арраларнинг ишчи камерага чиқиб туриши бирлигига қараб момик ва чигитларнинг сифат кўрсаткичларини аниқлаш бўйича тажриба натижалари

Арраларнинг ишчи камерага чиқиши	Момикдаги ифлос аралашмалар ва бутун чигитларнинг массавий улуши, %	Момик кўрсаткичлари		Момик нави ва синфи	Момиги ажратилган чигитларнинг механик шикастланиши, %
		Штапел узунлиги, мм	Типи		
25	5,2	6-7	Б	И, ўрта	4,34
30	5,4	6-7	Б	И, ўрта	4,7
35	5,7	6-7	Б	И, ўрта	4,93
40	6,4	6-7	Б	И, ифлос	5,45

Бунинг сабаби шундаки, арраларнинг ишчи камерага чиқишининг ошиши ишчи камерада бўлган чигит валигига аррали цилиндрнинг арра тишлари томонидан механик таъсир кучаяди.



2-расм. Арраларнинг ишчи камерага чиқиши, мм

2-расм. Арраларнинг ишчи камерага чиқиб туриш бирлигига қараб момик ва чигитларнинг сифат кўрсаткичлари. 1-момикдаги ифлос аралашмалар ва бутун чигитларнинг масса улуши, %; чигитларнинг механик шикастланиши, %.

Натижада, момик ажратиш жараёнида чигитларнинг механик шикастланиши ошади. Ўз навбатида, момикдаги ифлос аралашмаларнинг ва бутун чигитларнинг массавий улуши ҳам ортади. Бироқ ифлос аралашмаларнинг ва бутун чигитларнинг массавий улуши ошиши арра чиқишининг 35 мм гача ошишигача сезиларли эмас. Чунки 1-жадвалдаги маълумотлардан кўришиб турибдики, олинadиган момикнинг синфи пасаймайди ва тажрибанинг барча ўрганилган вариантларида “ўрта” синф бўлиб қолади.

Такмиллашган момик ажратиш машинасининг ишчи камерасига ўрнатилган чигит тароғининг учидан қовурғали панжарагача бўлган масофани олинadиган момик ва чигит кўрсаткичларига таъсири, момик ажратиш жараёни чигит валигининг зичлигини ўзгартириш орқали тартибга солинади[11]. Ўз навбатида, чигит валигининг зичлиги чигит тароғини қовурғали панжарага нисбатан силжитиш орқали ўзгартирилиши мумкин. Бир томондан, момик ажратиш жараёни олдида момик ишлаб чиқаришнинг муайян эҳтиёжларига қараб,

момик бўйича иш унумдорлик талаби қўйилади, бошқа томондан, тукдорлиги юқори бўлган чигитлардан пахта мойи олиш учун фойдаланиб бўлмайди. Ишчи камерага ўрнатилган чигит тароғи, бир томондан чигит валигининг зичлигини, момик ажратиш машинасининг иш унумдорлигини яъни момикнинг олиш 1...2% га ошишига, лекин шу билан бирга чигитнинг шикастланишини ошишига олиб келади. Бундан ташқари, ишлов бериш вақтини ошиши билан момик олиш жадаллиги пасаяди ва ифлосланишнинг ошиши эҳтимоли ортади.

Шикастланиш пайдо бўлишининг физик моҳияти шундан иборатки, момикни киришда эпидермис (чигитнинг ташқи қопламаси) шикастланиб, момиги ажратилган чигитларда органик ифлосланиш шаклида пайдо бўлади. Ушбу муомаларни ўрганиш мақсадида, тажрибалар чигит тароғининг тавсия этилган ўртача ҳолатида, яъни чигит тароғининг ўзгартирмасдан ўтказилди, фақат чигит тароғидан қовурғали панжарагача бўлган масофа ўзгартирилди. Тажрибаларнинг ҳар бир такрорланиши учун 50 кг микдорда тукли жинланган чигитлар ишлатилди. Тажрибаларнинг ҳар бир такрорланишидан сўнг, момик ажратиш машинасининг ишчи камераси чигит қолдиқларидан тозаланди ва тажрибанинг навбатдаги такрорланиши бошланди. Тажрибаларни ўтказиш давомида, момик ажратиш машинасининг иш унумдорлиги 2 минут давомида ундан чиқадиган чигитларни тортиш йўли билан аниқланди, бунинг ёрдамида момик ажратиш машинасининг чигитлар бўйича ўтказувчанлиги ҳисоблаб чиқилди.

Олинган тажрибалар натижалари 2-жадвалда келтирилган. 2-жадвалдаги маълумотлардан кўриниб турибдики, ўрнатишнинг белгиланган бурчагида чигит тароғи учидан қовурғали панжарагача бўлган масофанинг қисқаришида момикнинг олиниши ортади, лекин момик ажратиш машинасининг чигит бўйича ўтказувчанлиги пасаяди. Чигит тароғидан қовурғали панжарагача бўлган масофанинг 45-30 мм оралиғида қисқаришида момик олиниши 8,16 дан 9,29 кг/соатгача ошади, бу эса 3,2 дан 4,6% гача ўсишига тўғри келади. Бунда, момик ажратиш машинасининг чигит бўйича иш унумдорлиги 255 дан 202 кг/соатгача пасаяди, бу момик ажратиш машинасининг натура намунасига қайта ҳисоблашда чигит бўйича иш унумдорлигининг 816 дан 646 кг/соатгача пасайишига тўғри келади.

Юқоридагилардан келиб чиқиб, тажриба момик ажратиш машинасида ўтказилган тажрибалар кўрсатганидек, жинланган чигитларнинг тукдорлигига қараб, момикни ажратиб олишни ошириш мумкин бўлади.

2-жадвал.

Чигит тароғи учидан қовурғали панжарагача бўлган масофага қараб момик ажратиш машинасининг момик ва чигит бўйича иш унумдорлигини аниқлашга доир бўйича тажрибалар натижалари

Чигит тароғи учидан қовурғали панжарагача бўлган масофа	Момик ажратилган чигитларнинг тукдорлиги, фоизда	Тажриба момик ажратиш машинасининг иш унумдорлиги		Момик олиниши, %	Момик ажратиш машинасининг натура намунасига қайта ҳисоблашда чигит бўйича иш унумдорлик
		Момик бўйича	Чигит бўйича		
30	6,5	9,29	202	4,6	646
35	6,9	8,82	210	4,2	672
40	7,4	8,51	230	3,7	736
45	7,9	8,16	255	3,2	816

Бунда момикнинг ҳатто максимал ажратиб олинишида ҳам тажриба момик ажратиш машинасининг чигит бўйича иш унумдорлиги мавжуд 5ЛП русумли момик ажратиш машинаси билан таққослаганда паст бўлмайди [11].

**Чигит тароғи учидан қовурғали панжарагача бўлган масофага қараб олинадиган
момик ва чигитларнинг сифат кўрсаткичларини аниқлаш бўйича тажриба
натижалари**

Чигит тароғи учидан қовурғали панжарагача бўлган масофа	Момикдаги ифлос аралашмалар ва бутун чигитларнинг массавий улуши, %	Момик кўрсаткичлари		Момик- нинг нави ва синфи	Момиги ажратилган чигитларнинг механик шикастланиши
		Штапел узунлик, мм	типи		
45	5,2	6-7	Б	I, ўрта	4,34
40	5,4	6-7	Б	I, ўрта	4,7
35	5,7	6-7	Б	I, ўрта	4,93
30	6,4	6-7	Б	I, ифлос	5,45

3-жадвалдан кўриниб турибдики, чигит тароғи учидан қовурғали панжарагача масофани ўрганилган қийматларида, яъни 45 дан 35 мм гача оширишда момикдаги ифлос аралашмалар ва бутун чигитларнинг масса улуши қиймати, момикнинг штапел узунлиги, типи, нави ва синфи ўзгармайди. Ўрганилган барча тажриба вариантларда момикнинг штапел узунлиги 6-7 мм, типи Б бўлган, чигит тароғидан қовурғали панжарагача масофа қийматининг 45 дан 35 мм гача момикларнинг нави ва синфи ҳам ўзгармаган, аммо момикдаги ифлос аралашмаларнинг ва бутун чигитларнинг массавий улуши 5,2% дан 5,7% гача ошган. Бироқ чигит тароғи учидан қовурғали панжарагача 30 мм масофада момикдаги ифлос аралашмаларнинг ва бутун чигитларнинг массавий улуши 6% дан ортиқ ошди ва 6,4% ни ташкил этди, шунинг учун момик “Ифлос” синфга пасайди. Шунингдек, момиги ажратилган чигитларнинг механик шикастланиши ҳам 4,34 дан 5,45% гача ошди. Бунинг сабаби, чигит тароғининг учидан қовурғали панжарагача масофанинг камайишида ишчи камерада бўлган чигит валигига аррали цилиндрнинг арра тишлари томонидан механик таъсир кучаяиб, момик ажратиш жараёнида чигитларнинг механик шикастланиши ошади.

Ўз навбатида, момикдаги ифлос аралашмаларнинг ва бутун чигитларнинг массавий улуши ортади. Бироқ ифлос аралашмаларнинг ва бутун чигитларнинг массавий улуши ошиши чигит тароғининг учидан қовурғали панжарагача масофанинг 35 мм гача камайишида сезиларли эмас, чунки 3-жадвалдаги маълумотлардан кўриниб турибдики, олинадиган момикнинг синфи пасаймайди ва тажрибанинг барча ўрганилган вариантларида “ўрта”синф бўлиб қолади.

Олинган тажриба тадқиқотлари бўйича хулосалар

Тажрибаларни ўтказиш учун “Paxtasanoat ilmiy markazi” АЖ лаборатория цехида лаборатория стенди ўрнатилган бўлиб, бу ҳолда аррали жиннинг ишчи камераси қўлланилади, унда конструктив жиҳатдан 5ЛП русумли момик ажратиш машинаси тўзитгичига ўхшаш, лекин диаметри 180 мм гача катталаштирилган тўзитгич ўрнатилган, аррали цилиндр диаметри 320 мм бўлган момик ажратиш машинаси арраларидан иборат, камайирилган энга эга жин қовурғалари қўлланилган, ушбу лаборатория ускунасида ўтказилган илмий тадқиқотлар натижасига асосан қуйидагича хулосалар қилинди.

Тажрибалар шуни кўрсатдики, арранинг ишчи камерага чиқиши қийматининг 25 дан 45 мм гача ортишида чигит валигининг зичлиги 278 кг/м^3 дан 312 кг/м^3 гача ошади. Бунда арранинг ишчи камерага чиқиши қийматининг 25 дан 45 мм гача ошишида момик ажратиш машинасининг ишчи камерасида жойлашган чигит валигининг чизиқли тезлиги 1,46 дан 1,12 м/с гача камайдди. Чигит валиги ҳажмий зичлигининг маълум бир қийматгача ошиши чигитларни момик ажратиш жараёнига ижобий таъсир кўрсатади, ҳажмий зичликнинг янада

ошишида аррали цилиндрнинг электр двигателига юкламаси ортади, момиғи ажратилган чигитларнинг ишчи камерада чикиши секинлашади.

Арраларнинг ишчи камерага чикиши маълум бир қийматгача, яъни 25 дан 35 мм гача ошишида момиғи ажратилган чигитларнинг тукдорлиги 7,5 дан 6,9% гача камаяди. Мос равишда, момиқ олиш 3,6 дан 4,2% гача ошади. Арраларнинг ишчи камерага чикишини янада 40 мм гача оширишда момиғи ажратилган чигитларнинг тукдорлиги қиймати ва шунга мос равишда момиқ олиниши пасая бошлайди.

Аниқландики, арраларнинг ишчи камерага чикиши маълум бир қийматгача, яъни 25 дан 35 мм гача ошишида момиқ ажратиш машинасининг чигит бўйича иш унумдорлиги 180 дан 210 кг/соат гача ошади. Мос равишда, момиқ ажратиш машинаси натура намунасининг иш унумдорлиги 576 дан 672 кг/соат гача ошади. Арраларнинг ишчи камерага чикишини янада 40 мм гача оширишда момиғи ажратилган чигит бўйича иш унумдорлик қиймати пасая бошлайди.

Арранинг ишчи камерага чикишининг ўрганилган барча вариантларда момиқнинг штапел узунлиги 6-7 мм, тип Б бўлган, чикиш қийматининг 25 дан 35 мм гача момиқларнинг нави ва синфи ҳам ўзгармаган, аммо момиқдаги ифлос аралашмаларнинг ва бутун чигитларнинг масса улуши 5,2% дан 5,7% гача ошган.

Тажирибалар натижаларига асосланиб, арраларнинг ишчи камерага оқилона чикишини 35 мм, чигит тароғи учидан қовурғаларгача бўлган масофани 35 мм, арралар оралиқ масофани 9,7 мм ҳамда ишчи камеранинг ҳажмини 0,19 м³ да танлаш мумкин.

Адабиётлар

- [1]. Пахтани дастлабки ишлаш мувофиқлаштирилган технологияси (ПДИ 70-2017). “Ўзпахтасаноатэкспорт” ХК, “Paxtasanoat ilmiy markazi” АЖ, Тошкент-2017.
- [2]. Ф.Б.Омонов. Пахтани дастлабки ишлаш бўйича справочник. Т. Voris-nashriyot. 2008. З. Касымов З.Х. Очистка семян от мелкого сора перед линтерованием и повышение производительности линтеров. //Хлопковая промышленность. №5 1980. с.13-15.
- [3]. Очилов М.М., Хакимов Ш.Ш. Пахта чигитидан момиқ ажратиш муаммолари. //Тўқимачилик муаммолари №2. 2018.
- [4]. Касымов З.Х. Очистка семян от мелкого сора перед линтерованием и повышение производительности линтеров. //Хлопковая промышленность. №5 1980. с.13-15.
- [5]. I.D.Madumarov. Improving the efficiency of the cleaning process of cotton on the basis of alternating heat and humidity and uniform supply // Doctor of Technical Sciences (DSs) dissertation. Tashkent. 190 p. (2019).
- [6]. Д.Ахмедов, Б.Марданов, М.Ахматов, Н.Ахматов, М.Очилова. Пахта чигитидан момиқ ажратиш машинасини иш унумдорлигини оширишни кўп омилли тажирибалар асосида тадқиқ этиш // ТТЕСИ, “Соҳа корхоналари учун юқори малакали кадрлар тайёрлашда дуал таълимнинг ўрни ҳамда фан, таълим, ишлаб чиқариш кластерларини ривожлантиришда инновацион ёндашувлар” мавзусига бағишланган халқаро илмий-амалий анжуман. Тошкент, 28-29 ноябр 2023 й. 33-37 б.
- [7]. Samuel Jackson Incorporated. www.Samjackson.com
- [8]. Д.А. Ахмедов, И.К. Сабиров, Х.С. Усманов Выбор направления исследований по увеличению производительности линтерования семян хлопчатника. Universum: технические науки, 2022 vol 4(97), с. 26-29.
- [9]. И.К. Сабиров, Д.А. Ахмедов, Д.У. Мадрахимов обоснование направления исследований по совершенствованию технологического процесса линтерования семян хлопчатника. Universum: технические науки, 2022 vol 2(95), с. 49-52.
- [10]. O'zDst 660:2016. Пахта момиғи. Узунликни аниқлаш усуллари. Тошкент, 2016.- 12 б.
- [11]. Сулаймонов Р.Ш. Создание рациональных технологических процессов линтерования хлопковых семян и очистки линта. Дисс. на соиск.докт.техн.наук. Ташкент, -2019, 188 с.

УДК 621.01

TASMALI KONVEYER ROLIKLI MEXANIZMLARINING RESURSTEJAMKOR KONSTRUKSIYASINI LOYIHALASH VA YIG'ISH JARAYONIDAGI O'LCHAMLAR TAHLILI

A.S. Jumayev, M.M. Abduraxmanova

*Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti**(Qabul qilindi 19.01.2024 y.)*

Annotatsiya. Maqolada tasmali konveyer rolikli mexanizmlarining resurstejamkor konstruksiyasini ishlab chiqish va detallarini yig'ishdagi o'lchamlar tahlili keltirilib o'tilgan. Yig'ish jarayonidagi detallarning nisbiy joylashuvi, geometrik va kinematik ulanishlarning to'g'riligiga qo'yiladigan talablar yechimlari ko'rib chiqilgan. Rolikli mexanizmning yig'ish birliklari qismlari va bug'unlarining o'lchamlari uchun qiymatlarini, og'ishlarni va ruxsat etilgan joizliklarni hisoblash bo'yicha fikrlar va kerakli aniqlikka erishish usullari keltirilib o'tilgan.

Tayanch so'zlar. Konveyer, rolikli mexanizm, joizlik, og'ish, kinematika, nisbiylik, konstruksiya, kuchlanish, texnologiya, ishomchilik, chidamlilik

Аннотация. В статье описана разработка ресурсосберегающей конструкции роликовых механизмов ленточных конвейеров и проведен анализ размеров при сборке их деталей. Рассмотрены решения требований к точности взаимного расположения деталей, геометрических и кинематических связей в процессе сборки. Изложены соображения по расчету величин, отклонений и допусков размеров деталей и соединений сборочных единиц роликового механизма и способы достижения необходимой точности.

Ключевые слова. Конвейер, роликовый механизм, допуск, отклонение, кинематика, относительность, конструкция, натяжение, технология, надежность, долговечность.

Annotation. The article describes the development of resource-saving construction of belt conveyor roller mechanisms and the analysis of the dimensions in assembling their details. Solutions to the requirements for the accuracy of the relative location of details, geometric and kinematic connections in the assembly process have been considered. Thoughts on calculating the values, deviations and tolerances for the dimensions of parts and joints of assembly units of the roller mechanism and methods of achieving the required accuracy are presented.

Key words. Conveyor, roller mechanism, tolerance, deviation, kinematics, relativity, construction, tension, technology, reliability, durability.

Tasmali konveyerlar tog'-kon sanoati korxonalarida o'zining iqtisodiy tomonlama kam xarajatligi bilan boshqa transport vositalaridan ajralib turadi. Tog'-kon sanoati korxonalarida haroratning o'zgarishi, masalan: qishda va yozda atrof muhitning yuqori namlanganligi va changlanganligi natijasida konveyer tarkibiy qismlarining ishlash davriyligiga ta'sirini ko'rish mumkin. Konveyerda tasma tarangligi va tayanch aylanma harakatni rolikli mexanizmlar amalga oshirib beradi. Rolikli mexanizmlar tasmali konveyerlarda asosan teng uzunlikdagi uch qatorli roliklarni tashkil etib, bunda asosan og'irlik o'rtadagi rolikka tushib taxminan tushadigan og'irlik 70% ni tashkil etadi. Qolgan ikki chetdagi rolikli mexanizmlarga og'irlikning 30% tushishi shuning uchun ham tajribaviy tadqiqotlar natijasida o'rta qatordagi rolikli mexanizm ikki chetdagi roliklarga qaraganda 2,5 barobar yuklanish qabul qilishi aniqlangan [1].

Rolikli mexanizmlarni loyihalashda uning tarkibiy qismlari konstruktiv parametrlarini noto'g'ri tanlash mexanizmning muddatidan oldin ta'mirlashga olib kelishiga sabab bo'ladi. Bundan ko'rinib turadiki, ko'plab ilmiy tadqiqot ishlari tasmali konveyer rolikli mexanizmlarini ishlab chiqish va yig'ish nazariyasi shu bilan tajribaviy tadqiqotlarning umumiy yechim va masalalariga qaratilgandir.

Konveyer roliklarining yig'ish birliklari, uning tarkibiy qismlari va qismlarini aniqligi mahsulotning talab darajasida ishlashi uchun muhim va shart bo'lib, bug'unlarning aniq joylashuvi va harakatini ta'minlashi, dinamik yuklarni, yuklar va kuchlanishlarning kontsentratsiyasini cheklashi, turli bo'g'inlardagi optimal bo'shliqlar va kuchlanishlarni ta'minlashi kerak. Bularning barchasi natijada tezlik, energiya samaradorligi, material iste'moli, ishonchliligi va chidamliligiga

sezilarli ta'sir qiladi. Rolikli mexanizmning resurstejamkor konstruktiv loyahasini yaratish jarayoni texnik va batafsil loyihalarni ishlab chiqish bosqichlaridan iborat bo'lib, texnik loyihalash bosqichida strukturaning o'lchamlar tahlilini o'tkazish tavsiya etiladi.

Rolikli mexanizmlarni loyihalash bosqichida o'lchamlar tahlili mexanizm tarkibiy qismlarining yuqori aniqlikda tayyorlangan konstruktiv sxemalarini tanlashga va mukammal deb topilgan resurstejamkor konstruksiyasini qabul qilishga yordam beradi. Bu o'z navbatida ya'ni, o'lchamlar va texnologik tahlil yordamida quyidagilarni aniqlash imkonini beradi [2]:

-qismlar va yig'ish birliklarining nisbiy joylashuvi, geometrik va kinematik ulanishlarning to'g'riligiga qo'yiladigan talablar;

- mahsulotning yakuniy joylashuv sxemasi;

-mahsulot yig'ish birliklari qismlari va bug'inlarining o'lchamlari uchun nominal qiymatlarni, og'ishlarni va ruxsat etilgan joizliklarni hisoblash;

-mashinani umumiy yig'ish jarayonida kerakli aniqlikka erishish usullari.

Tayyorlanayotgan detalni loyihalash bosqichida o'lchamlar zanjirini hal qilishning asosiy vazifasi yuqori sifatli mexanizmnı yaratish uchun yig'ish qismlari o'rtasida aniqlikni ta'minlash yoki o'lchovli aloqani o'rnatishdir.

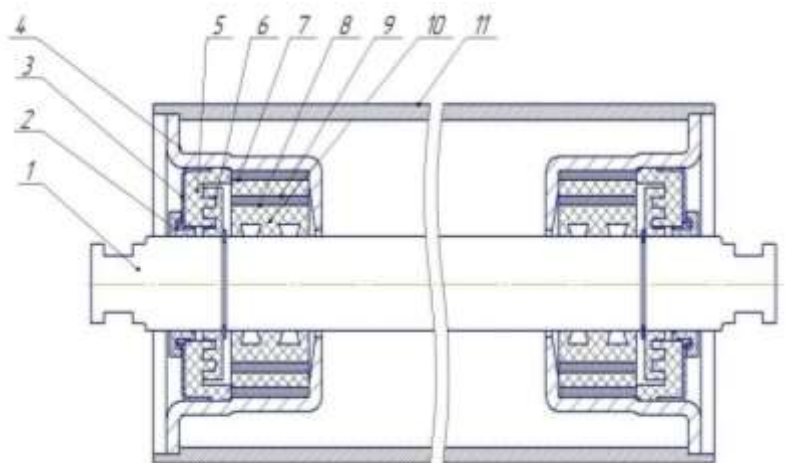
Tadqiqotlar tahlili shuni ko'rsatdiki, tasmali konveyer roligining dumalash podshipnigi o'rniga maxsus mustahkamligi yuqori bo'lgan plastmassa va qayishqoq elementli materiallarni qo'llash orqali rolikning ishlash muddatini oshirish mumkinligi aniqlandi. Chunki, rolikda qayishqoq elementli sirpanish podshipnigini qo'llanilganda, undagi tebranishlarning amplitudalarini kamayishi, plastik moy mahsulotlarinig ishlatish natijasida qarshilik kuchining va ishqalanish kuchining momentini kamaytirish hisobiga, an'anaviyiga nisbatan FIK ni oshirish mumkin [3].

Mavjud tasmali konveyer bir-biriga ma'lum burchak (20° - 40°) ostida o'rnatilgan uch qatorli yo'naltiruvchi roliklar 500-600 mm oralig'ida joylashgan. Yo'naltiruvchi roliklarni tekis aylanma harakatini dumalash podshipniklari amalga oshiradi. Yuqorida ta'kidlab o'tilganidek, yuklanishlar hisobiga ushbu dumalash podshipniklari juda tez ishdan chiqadi. Ushbu kamchilikni bartaraf etish maqsadida yangi konstruksiyadagi amortizatsiyalovchi qayishqoq elementi bo'lgan sirpanish podshipnigi bilan jihozlangan roliklar tavsiya etildi (1-rasm).

Tavsiya etilgan tasmali konveyer yuqori yuklanishda ishlaydi, transportirovka qilinayotgan ruda tasma eni va uzunligi bo'yicha bir xil taqsimlanmaydi. Shuning uchun har bir yo'naltiruvchi rolikka yuklanish ma'lum bir oraliqda o'zgaruvchan qiymatlarda ta'sir qiladi. Ushbu yuklanishlarni yetarli darajada amortizatsiya qilish uchun roliklar tarkibida rezina vtulkalar qo'llanilgan. Tebranishlarni yutilishi konveyer tasmasini ham tebranish amplitudalarini kamaytiradi. Bu o'z navbatida tasmani aylantirish uchun quvvat sarfini ham qisman tejaydi.

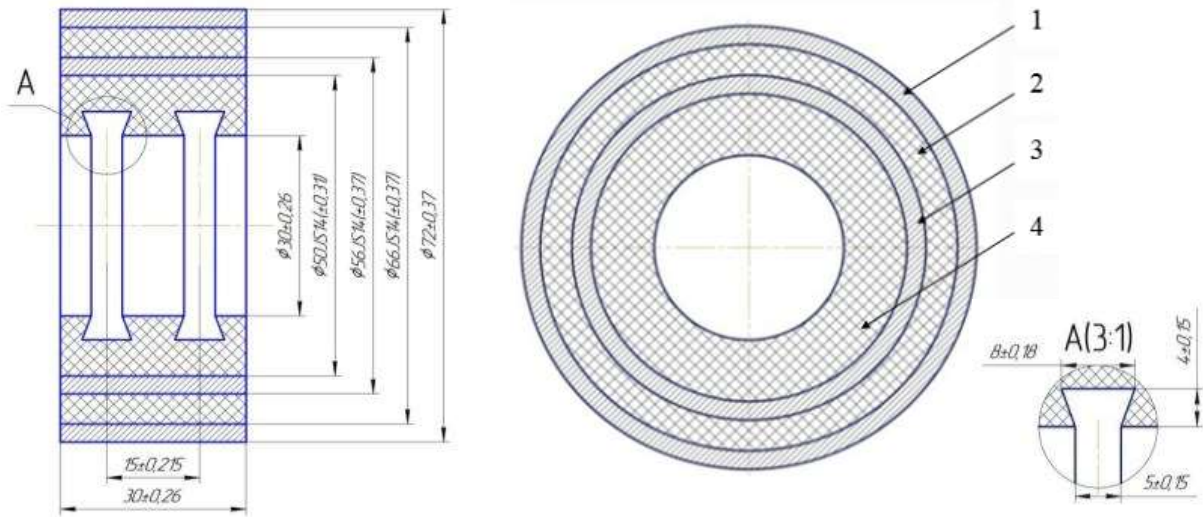
Tasmali konveyer yo'naltiruvchi rolikli mexanizmida yuqorida aytib o'tilgan xolatlarni oldini olish maqsadida, mexanizmida tayanch tekis aylanma harakatni amalga oshirib beruvchi podshipniklar o'rniga mustahkamligi yuqori bo'lgan plastmassa (grafitokaprolon) va tarkibli qayishqoq materiallardan foydalangan holda sirpanuvchi tayanch vazifasini qo'llash tavsiya etiladi [3, 4].

Buning uchun sirpanuvchi tayanch vazifasini bajaruvchi detalning bir necha ko'rinishdagi



1-rasm. Rolikli mexanizm (Tasmali konveyer). 1- o'q, 2- labirint qapqoq, 3- metal qapqoq, 4- stupitsa, 5- labirint himoya qoplamasi¹, 6- labirint himoya qoplamasi², 7- xalqa¹, 8- xalqa², 9- qayishqoq element, 10- sirpanuvchi tayanch (grafitokaprolon), 11- obeychayka.

konstruksiyalari loyihalanadi. Sirpanuvchi tayanch vazifasini bajaruvchi detalning ichki yuzasida aylana bo'ylab ikkita trapesiyasimon shaklida ariqcha ochiladi (2-rasm). Maqsad: mexanizm ishga tushirish paytida ishqalanishni kamaytiradi; moy mahsulotlarining o'q va detal orasidagi ishqalanish koeffitsientini kamaytiradi; yuqori samaradorlik; o'q yo'nalishida ixcham umumiy o'lchovlar; detallarni almashtirishda va texnik xizmat ko'rsatishda qo'laylikka sabab bo'ladi.



2-rasm. Sirpanuvchi detal vazifasini bajaruvchi detal (Rolikli mexanizm).

1-tashqi xalqa, 2-qayishqoq element (7IRP13-48), 3-ichki xalqa, 4-plastmassa (grafitokaprolon)

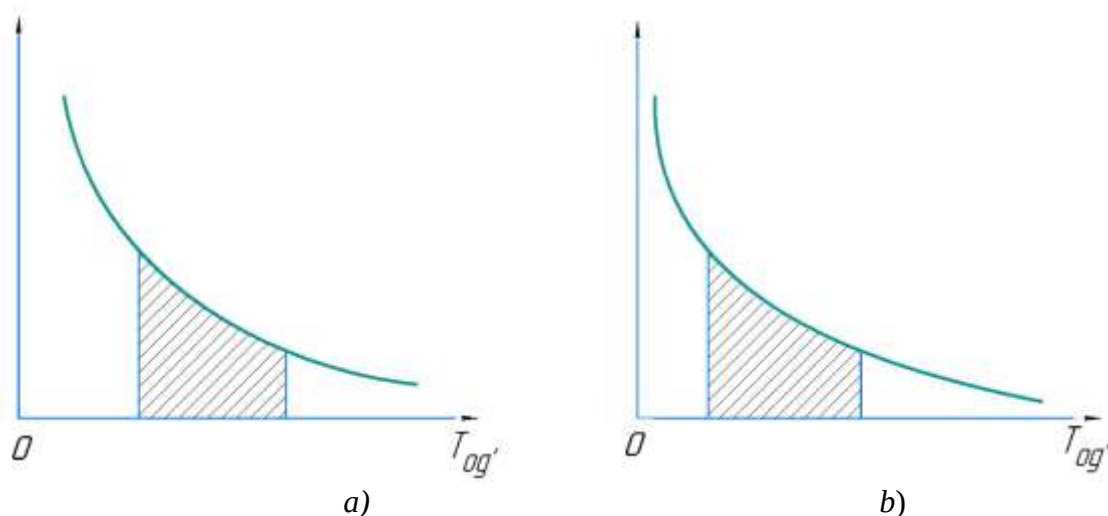
Materialning fizikaviy xususiyatlari o'rganilganda - tutash sirtlarning nisbiy harakati vaqtidagi o'zaro ta'sirlashuvining fizik jihatlarini o'rganadi. Materialning mexanikaviy xususiyatlari o'rganilganda - tutash sirtlarning ishqalanishdagi o'zaro ta'sirlashish mexanikasini o'rganadi. U energiya va impulsning tarqalishini, ishqalanishdagi mexanik o'xshashlikni, relaksatsion tebranishlarni, reversiv ishqalanishni, gidrodinamika tenglamalari va boshqalarni ishqalanish, yeyilish hamda moylash masalalariga bog'lab o'rganadi. Sirt sifati detalning charchashga yeyilishga, korroziyaga va eroziyaga chidamliligiga, tig'iz birikmaning mustaxkamligiga hamda qo'zg'aluvchan va qo'zg'almas qilib bog'langan zichlikni ishonchliligiga ta'sir qiladi.

Garchi detallar chizmada qat'iy shaklda silliq chiziqlar bilan ifodalansada, aslida ularning real shakli ideal shaklidan farq qiladi. Detalning geometrik noteksiligi hosil bo'lishiga ko'ra uch turga: makrogeometrik (*shakliy*) to'liqinli mikrogermetik (*g'adirli*) notekisliklariga bo'linadi.

Tasmali konveyer foydali qazilmalarni tashish vaqtida rolikli mexanizmlar yuqori yuklanish sharoitida, ayniqsa, zarbli yuklanishlar ta'sirida ishlaydi. Shuning uchun ham rolikka podshipnik va uning qobig'ini o'rnatish aniqligiga qo'yiladigan talablar ancha yuqori bo'ladi. Ma'lumki, mexanizmning yuqori ishonchlilikda ishlashi uning tarkibiy qismlarining yuqori aniqlikda yasalganligiga bo'g'liqdir. Har qanday detalni tayyorlashda albatta, detalga qo'yiladigan ruxsat etilgan joizliklarga amal qilgan holda standartlashtirilgan yoki normallashtirilgan mahsulot yaratish muhimdir. Detal tayyorlanishida kerakli aniqlikni ta'minlash uchun maxsus konstruktiv loyixalashlar asosida ya'ni, ishlov berish usuliga mos keladigan va iqtisodiy ko'rsatkichlarni inobatga olgan holda amalga oshiriladi. Ma'lumki, tayyorlangan detalni ishlatish jarayonida muhandislik hisoblashlar va detal yasallishidagi ruxsat etilgan joizliklarni ta'minlamaganlik natijasida turli xil nuqsonlar kelib chiqishi kuzatiladi. 2-rasm a) keltirilgan grafik ko'rinishi detal tayyorlash jarayonidagi ruxsat etilgan joizlikdan haddan tashqari og'ishlarni kuzatishimiz mumkin, b) ushbu keltirilgan grafik ko'rinishi egri chiziqlar o'qlarga asimtotik tarzda yaqinlashganligi sababli ya'ni og'ishlarning pasayishiga va detaildagi turli xil nuqsonlarining kamayishiga olib kelishini ko'rishimiz mumkin.

Mashinasozlik ishlab chiqarishda detallarni tayyorlashda asosan 6-sinf aniqligiga erishishimiz mumkin, 6-sinf aniqlikda detal yasallishi markazlashtiri va aniqlik parametrlariga mos

keladigan sinf hisoblanadi. Jumladan rolikli mexanizmnining tarkibiy detallarining barchasi ushbu sinf aniqligida tayyorlanadi. Faqatgina rolik podshipnigi qobig'ining ichki yuzasi 7-sinf aniqligida tayyorlanadi (N7), ushbu aniqlikka jilvirlash operatsiyasini amalga oshirish orqali erishiladi.



3-rasm. Detal tayyorlanishidagi ruxsat etilgan joizliklar haddan tashqari og'ishlarini tasvirlovchi grafiklari (og'ishlar natijasidagi tirqishlar ko'rsatilgan).

Detal konstruksiyasini ishlab chiqishda o'lchamlar zanjiri yordamida hisob-kitoblarni bajarish uchun taxminiy ketma-ketliklar mavjud [5].

- mexanizm va uning tarkibiy qismlarining konstruktiv parametrlarini ishlab chiqish;
- dastlabki o'lchamlarni aniqlash va ular uchun aniqlik talablarini berish;
- ta'sir etuvchi omillarni aniqlash;
- barcha kerakli koeffitsiyentlarni aniqlash;
- detal asl o'lchamining kerakli aniqlikka erishish usulining bir nechta konstruktiv parametrlarini ishlab chiqish.

Rolikli mexanizmga aniqlik talablarini qo'yish uchun uning ishlashi, konstruksiyasi va konstruktiv parametrlari bilan tanishib chiqish zarurati tug'iladi. Demak rolikli mexanizmnining yuqori aniqlikda yasashining sababi – tarkibiy qismlarining yuqori aniqlikda yasashi va nisbiy joylashuvi bilan bog'liq ekanligi o'z isbotini asoslaydi. Bundan tashqari, rolikning ishlash muddati bilan bog'liq bo'lgan podshipniklari majmuasi uchun aniqlik parametrlariga e'tibor qaratishimiz zarurdir. Dumalash podshipnigi standart maxsulot hisoblanib uning o'rnatilishidagi xatoliklarga e'tibor qaratishimiz lozimdir.

O'lchamlar zanjirlarining berilgan aniqligini echish yoki unga erishish uchun bir nechta asosiy usullar mavjud:

- o'zaro almashinish usuli;
- ehtimollik usuli;
- guruh almashinuvi usuli;
- moslash usuli va tartibga solish usuli.

Demak, yig'ish jarayonida biz asosan o'zaro almashinish usuli va ehtimollik usullaridan foydalanishimiz maqsadga muvofiqdir. Aynan tasmali konveyer rolikli mexanizmlari ommaviy ishlab chiqarish turida olib borilganligi uchun ya'ni, ushbu ishlab chiqarish turi uchun eng mos deb ehtimollik usuluni tanlaymiz. Shuningdek, ehtimollik usulining afzalliklari – bu mexanizmnini yig'ishning soddaligi va iqtisodiy samaradorligiga bog'liq ekanligini aytishimiz mumkin.

Ehtimollik usuli yordamida mexanizmnini yig'ish jarayonidagi aniqlikni ta'minlash uchun quyidagi ifodalardan foydalanib echimini topish mumkin [6].

O'lchamlar zanjirining asosiy tenglamasi:

$$A_{\Sigma} = \sum^m A_{uv} - \sum^n A_{um}, \quad (1)$$

bunda m - ortib borayotgan bog'lanishlar soni; n - qisqartiruvchi bug'unlar soni.

Mexanizmni yig'ishdagi ruxsat etilgan joizlik quyidagi formula yordamida o'z yechimini topishini ko'rishimiz mumkin:

$$T_{\Sigma} = t \sqrt{\sum_1^{m+n} \lambda_i^2 T_i^2}, \quad (2)$$

bunda λ_i – nisbiy yoyilish koeffitsiyenti, T – ruxsat etilgan joizlik, i – bug'un.

Mexanizmlarni yig'ish jarayonidagi yuqori va pastki og'ishlarni quyidagi formula yordamida toppish mumkin:

$$\Delta S_{\Sigma} = \Delta_{c\Sigma} + \frac{1}{2} T_{\Sigma} \quad (3)$$

$$\Delta I_{\Sigma} = \Delta_{c\Sigma} + \frac{1}{2} T_{\Sigma}. \quad (4)$$

Mexanizmni yig'ish jarayonida ruxsat etilgan joizlik uchun yuqori va pastki o'lchamlarini quyidagi formula yordamida topiladi:

$$A_{\Sigma max} = A_{\Sigma} + \Delta S_{\Sigma}. \quad (5)$$

$$A_{\Sigma min} = A_{\Sigma} + \Delta I_{\Sigma}, \quad (6)$$

bunda A_{Σ} – yig'ish jarayonidagi ruxsat etilgan joizliklarning nominal kattaligi

Tasmali konveyer rolikli mexanizmlari yig'ish jarayonigacha bo'lgan barcha bosqichlar (detallarining tayyorlanish jarayoni ko'zda tutiladi) yuqori aniqlikda tayyorlangan bo'lishi lozim, chunki bu mexanizmning sifatini kafolatlaydigan asosiy talablardan biri hisoblanadi.

Rolikli mexanizmni loyihalash bosqichida o'lchamlar zanjirini amalga oshirish mexanizm tarkibiy qismlarining nisbiy o'rni to'g'riligini aniqlash imkonini beradi, shuningdek detallarni yig'ish ketma-ketligini aniqlashga imkon beradi. Rolikli mexanizm ruxsat etilgan joizliklarni ta'minlar uchun ya'ni, o'lchamlar zanjiri tahlili podshipnikning o'q va podshipnik qobig'iga o'rnatish jarayonidan boshlanadi. Shuning uchun ham hamma vaqt rolikli mexanizmlarni yig'ishda asosiy e'tibor yuqorida aytib o'tilgan jarayonga qaratiladi.

Rolikli mexanizmlarni yig'ish jarayonini takomillashtirish uchun quyidagi tavsiyalarga e'tibor qaratish lozim:

- mexanizm tarkibiy qismlarini takomillashtirilgan konstruksiyasini ishlab chiqish va yig'ishning istiqbolli rejalarini ishlab chiqish qobiliyati;
- mexanizm tarkibiy qismlarining o'zaro almashinuvchanligini ta'minlash, bu o'z navbatida o'lchamlar zanjiri asosida ta'minlangan bo'lishi kerak;
- qo'l mehnatini mexanizatsiyalashtirish;
- modulli, guruhli texnologiyalarni qo'llash;
- payvandlashning avtomatlashtirish jarayonidan foydalanish.

Rolikli mexanizmlarning yig'ish jarayoni uning tarkibiy qismlarini ishlab chiqarish mehnat zichligining 30-40% tashkil etadi. Yig'ishdagi barcha ishlarning 50-55% qo'l mehnatidan iborat bo'lib, mexanizmning to'g'ri yig'ilishiga yuqori talab qo'yiladi [7]. Bugungi kunning asosiy talabi yig'ish jarayonlarini avtomatlashtirish orqali ishlash davriyligi yuqori bo'lgan uskunalar yaratishning istiqbollari belgilab beradi. Hattoki, mexanizm ruxsat etilgan joizliklari hisoblab chiqish orqali yig'ish jarayonida yuqori aniqlikka erishiladi. Bundan tashqari rolikli mexanizmni yig'ish jarayonida payvandlash jarayonini avtomatlashtirish taklifi berildi.

Xulosa. Tasmali konveyer resurstejamkor rolikli mexanizmlarining yig'ish jarayonidagi o'lchamlar zanjiri tahlili bo'yicha ifodalar keltirilib, tarkibiy qismlarining nisbiy joylashuvining talab qilinadigan aniqlikka erishish, yig'ish jarayonida detallar orasida aloqalar mavjud bo'lgandagina rolikli mexanizmning ishlash davriyligini oshirishga olib keladi. Rolikli mexanizm tarkibiy qismlarining nominal, og'ishlari va ruxsat etilgan joizliklari hisoblab chiqish orqali yig'ish jarayonida yuqori aniqlikka erishiladi. Bundan tashqari rolikli mexanizmni yig'ish jarayonida payvandlash jarayonini avtomatlashtirish taklifi berildi.

Adabiyotlar

- [1]. Шаяхметов Е.Я., Темиртасов О.Т., Мендебаяв Т.М. Анализ работы и пути совершенствования ленточных конвейеров на элеваторах // Вестник КазАТК. – Алматы, 2014. - №5. – С. 44-48.

- [2]. Дунаев П.Ф., Леликов О.П. Расчет допусков размеров. - 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Машиностроение, 2006. - 400 с.
- [3]. A. Djuraev, A.S. Jumayev. Tasmali konveyerlar konstruksiyalarini takomillashtirish va parametrlarini hisoblashning ilmiy asoslari. Monografiya. Toshkent - 2022 yil. – 180 bet. [ISBN 978-9943-8178-8-3](#).
- [4]. A. Djuraev, B.N. Davidbaev, A.S. Jumaev. Improvement of the design of the belt conveyor and scientific basis for calculation of parameters. Global Book Publishing Services is an International Monograph & Textbook Publisher. Copyright 24 may 2022 by GBPS. 10.37547/gbps – 03. [ISBN 978-1-957653-03-7](#) 1211 Polk St, Orlando, FL 32805, USA. – 151 p.
- [5]. Шаяхметов Е.Я, Темиртасов О.Т., Шогелова Н. Применение размерного анализа при проектировании технологических процессов изготовления деталей. Материалы 4 международной научной конференции «Актуальные проблемы механики и машиностроения». – Алматы: КазНТУ имени К.Сатпаева, 2014. – с. 469-472.
- [6]. Мягков В.Д., Палей М.А., Романов А.Б., Брагинский В.А. Допуски и посадки: справочник // В 2-х ч. - 6-е изд., перераб. и доп. – Л.: Машиностроение; Ленингр. отд-ние, 1983. - Ч.2. - 448 с.
- [7]. A. Djuraev, Sh. S. Khudaykulov, A. S. Jumaev. Development of the Design and Calculation of Parameters of the Saw Cylinder with an Elastic Bearing Support Jin. International Journal of Recent Technology and Engineering (IJRTE) ISSN: 2277-3878, Volume-8 Issue-5, January 2020. <https://www.ijrte.org/portfolio-item/E6952018520/>
- [8]. Akbarjon Jumaev, Fevzi Istablaev, Mehriniso Dustova. Development of the theory of calculation of constructive and rational parameters of belt conveyor roller mechanisms. Cite as: AIP Conference Proceedings 2467, 060025 (2022); <https://pubs.aip.org/aip/acp/article-abstract/2467/1/060025/2826524> 22 June 2022.
- [9]. A Djuraev, A S Jumaev, M M Abduraxmanova. Analysis of the results of physical and mechanical experimental studies of the modernized belt conveyor. Journal of Physics: Conference Series. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2573/1/012012> AAPM-2023.
- [10]. A Djuraev, A S Jumaev, N I Ibragimova, M Y Turdaliyeva. Analysis of the dynamics of a belt conveyor with composite guide rollers and elastic elements. Journal of Physics: Conference Series. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/2573/1/012026> AAPM-2023.

RESOURCE INDICATORS AND CHARACTERISTICS OF ELECTRIC VEHICLES AND THEIR BATTERIES

F.Sh. Umerov

Turin Polytechnic University in Tashkent, Uzbekistan. fikret.umerov@polito.uz
(Received 18.11.2023 г.)

Abstract. This article is aimed at substantiating the resource indicators and characteristics of electric vehicles. Engineers and vehicle manufacturers around the world are currently working to find solutions to a wide range of issues in order to produce electric vehicles with performance comparable to conventional vehicles. The study of operational factors that affect the service life and resource of electric vehicles is one of the most promising areas for the development of electric vehicles around the world. The main problems of the mass use of electric vehicles are low performance indicators, including the service life of traction batteries used in electric vehicles, a significant limitation of autonomous movement compared to cars based on internal combustion engines, the high cost of batteries, limited implementation of charging infrastructure, deterioration in efficient operation at high temperatures. and low ambient temperatures. Due to its direct impact on the energy efficiency of an electric vehicle, battery life deserves special attention when discussing electric vehicles and their component modules. Improving the consumer qualities and affordability of electric vehicles is one of the main priorities, and one of the urgent tasks is to study the validity of the variables that affect the service life of electric vehicles.

Keywords: electric vehicles, traction batteries, resource saving, service life of traction batteries, temperature regimes of electric vehicles.

Аннотация. Данная статья направлена на обоснование ресурсных показателей и характеристик электромобилей. Инженеры и производители транспортных средств во всем мире в настоящее время работают над поиском решений широкого круга вопросов, чтобы производить электромобили, имеющие эксплуатационные характеристики,

сравнимые с характеристиками обычных автомобилей. Исследование эксплуатационных факторов, влияющих на срок службы и ресурс электромобилей, является одним из наиболее перспективных направлений развития электромобилей во всем мире. Основными проблемами массового использования электромобилей являются низкие эксплуатационные показатели, в том числе срок службы тяговых аккумуляторов, применяемых в электромобилях, существенное ограничение автономного передвижения по сравнению с автомобилями на базе двигателей внутреннего сгорания, высокая стоимость аккумуляторов, ограниченность внедрение зарядной инфраструктуры, ухудшение эффективной работы при высоких и низких температурах окружающей среды. Из-за прямого влияния на энергоэффективность электромобиля срок службы батареи заслуживает особого внимания при обсуждении электромобилей и их составных модулей. Повышение потребительских качеств и доступности электромобилей является одним из основных приоритетов, и одной из актуальных задач является исследование обоснованности переменных, влияющих на срок службы электромобилей.

Ключевые слова: электромобили, тяговые аккумуляторные батареи, ресурсосбережение, срок службы тяговых аккумуляторов, температурные режимы электромобилей.

Annotatsiya. Ushbu maqola elektr transport vositalarining resurs ko'rsatkichlari va xususiyatlarini asoslashga qaratilgan. Hozirgi vaqtda butun dunyo bo'ylab muhandislar va avtomobil ishlab chiqaruvchilari an'anaviy avtomobillar bilan taqqoslanadigan unumdorlik ko'rsatkichlariga ega bo'lgan elektr transport vositalarini ishlab chiqarish uchun keng ko'lamli muammolarga yechim topish ustida ishlamoqda. Elektr transport vositalarining xizmat muddati va resursiga ta'sir qiluvchi operatsion omillarni o'rganish butun dunyo bo'ylab elektromobillarni rivojlantirishning eng istiqbolli yo'nalishlaridan biridir. Elektr transport vositalaridan ommaviy foydalanishning asosiy muammolari past unumdorlik ko'rsatkichlari, shu jumladan elektr transport vositalarida ishlatiladigan tortish akkumulyatorlarining xizmat qilish muddati, ichki yonuv dvigatellariga asoslangan transport vositalariga nisbatan avtonom harakatning sezilarli cheklanishi, batareyalarning yuqori narxi, cheklangan joriy etish. zaryadlash infratuzilmasi va yuqori haroratlarda va past atrof-muhit haroratida samarali ishlashning yomonlashishi. Elektr transport vositasining energiya samaradorligiga bevosita ta'siri tufayli batareyaning ishlash muddati elektr transport vositalari va ularning komponent modullarini muhokama qilishda alohida e'tiborga loyiqdir. Elektr transport vositalarining iste'mol sifati va arzonligini oshirish asosiy ustuvor vazifa bo'lib, elektr transport vositalarining xizmat qilish muddatiga ta'sir qiluvchi o'zgaruvchilarning haqiqiylikini o'rganish dolzarb vazifalardan biridir.

Kalit so'zlar: elektr transport vositalari, tortish batareyalari, resurslarni tejash, tortish batareyalarining ishlash muddati, elektr transport vositalarining harorat sharoitlari.

Introduction. The most common challenges associated with electric vehicle technology are operational in nature. The lithium-ion batteries used in these devices have a capacity that steadily decreases with time and successive charge cycles. As a result, the battery is increasingly connected to the car charger and has to be permanently replaced, which is quite expensive. However, experience with electric vehicles in the US and Europe shows, among other things, that car battery life has exceeded manufacturers' and users' expectations. Despite the fact that in terms of range, electric vehicles are inferior to cars with an internal combustion engine, their sales are increasing every year.

In addition, car manufacturers and technology providers are developing new design and material solutions to ensure optimal battery performance and therefore longer battery life [1].

It is well known that each charge cycle reduces the capacity of a battery, or the amount of energy it can store to power a device. Today, electric vehicles have been in use for so long that facts can be given about the durability of their batteries. Plug In America noticed that after the first 80,000 km, the Tesla S batteries lost approximately 5% of their capacity. The subsequent decline in plant characteristics occurs much more gradually. The manufacturer gives an eight-year warranty

on used batteries and expects that their service life will be from 500,000 to 800,000 kilometers. Renault and Hyundai give the same warranty, but their mileage is slightly different: 160,000 km for Renault and 200,000 km for Hyundai.

Target. When a battery drops below 60-70 percent of its original capacity, it is often replaced under warranty. It is noteworthy that the average European driver drives about 37 kilometers a day, which corresponds to 12-14 years of accident-free operation of Renault and Hyundai cars and up to 60 years of operation of Tesla cars. In fact, electric vehicles in Europe and the US have already crossed the half-million-kilometre mark, and their battery capacity hasn't fallen below 80 percent. Optimal use and operating conditions can further extend the life of the elements.

Research methodology. The performance of a battery and the environment will affect how long it will last. The main "enemy" of lithium-ion batteries is heat, which can quickly lead to overheating and a sharp decrease in energy storage capacity. This problem was especially noticeable in early versions of electric vehicles, which used a fan instead of a passive air conditioning system. Most batteries these days have cooling and heating systems that use liquids. In addition, the computer in charge of power distribution ensures that the battery of an electric vehicle never drops below 20% or above 80%. It is important to keep in mind that the battery is vulnerable to damage from various shocks and vibrations. This is why battery design and insulating materials in particular are of such great importance.

Chemical reactions that occur during recharging can cause EV battery cells to swell and potentially deform the shape of the battery over time. As a result, the cell's temperature may rise, it may have trouble communicating with surrounding cells, and it may have trouble regulating its own temperature. That is why it is so important to provide good insulation of the battery cells. Choosing the right materials serves two purposes: on the one hand, they insulate and insulate the components depending on their thermal and electrical properties, and on the other hand, they prevent mechanical stress on the elements and their connections when operating in adverse conditions.

To control the amount of energy consumed by electric vehicles, the United Nations has issued Regulation No. 101 [5], which includes a specific test procedure in Annex 7. The purpose of this appendix is to define a procedure for measuring the kinetic energy of an electric vehicle. load the vehicle at a constant speed with an accuracy of 4% and to reproduce this kinetic energy on a dynamometer with an accuracy of 5%.

Operating batteries at low temperatures typically results in permanent loss of battery capacity. As lithium metal accumulates on the negative electrodes during charging, battery capacity drops, and so does the ease with which lithium ions can be transported within the electrode volume when operating at low temperatures due to a decrease in their solid-phase diffusion rate in the carbon material. Negative temperature isn't the only factor in how high temperatures might impair the stability of negative electrodes. Fully charged carbons always show a smaller drop in capacitance compared to fully discharged carbons. Lithium atoms interact with the electrolyte solution after the solid electrolyte film's surface has been destroyed, resulting in a continual de-ethylation of the electrode volume.

Not the anode itself is lost, but rather the electrolyte. Losses at a low charge current are mostly related to time and temperature, and the depth of discharge has little impact.

In [3], the impact of temperatures between -20 and +70 °C on battery life was measured and studied using electrochemical techniques. High-power 18650 cells were employed in the evaluation; they have a $\text{Li}_x\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2/\text{Li}_y\text{Mn}_2\text{O}_4$ cathode and a graphite anode. The batteries' discharge capacity was measured at 1C until it dropped to less than 80% of its initial value. A microscope, an X-ray, and a few chemical tests were used to examine the source. The electrodes were assembled into modules beside a control electrode, and the effect of varying temperatures on the polarization was assessed. Lithium metallization was found to be the primary mechanism determining resources at temperatures below 25 °C, while cathode aging and electrolyte thickness increases at higher temperatures (**Ошибка! Источник ссылки не найден.**).

A common way to characterize battery age is by comparing the discharge capacity of a used single battery pack to that of a brand new one. If a battery's age has reached less than 80%, it is no longer usable. The term "end of life" describes this condition. The degree of electrode degradation can be inferred from the aging process as a function of time, but only provided the experimental circumstances are adequately specified. By cycling at various temperatures, such circumstances can be created. German researchers have examined the aging of electrodes, electrolyte, and separator material under the microscope multiple times [6] to learn more about these processes.

It is common knowledge that magnesium dissolves at the cathode and deposits at the anode as part of the natural aging process. When calculating age, an artificially accelerated setting was employed. The batteries were put through their paces in these tests, which included exposure to varying temperatures. However, the information gathered was inadequate when the temperature was low. The aging factor, which includes the capacitive loss curve, provides a quantitative description of the aging process. In doing so, the dependency of internal resistance on a value inversely proportional to temperature ($1/T$), known as the Arrhenius Line, has been demonstrated as a means to approximatively represent the data.

Several lithium-ion batteries have relied on Arrhenius theory to characterize the upper bounds of activation level aging and other state-changing phenomena. However, the fact that Arrhenius' law is only valid within a narrow temperature range is frequently disregarded. The computation results are determined by the shift in the Arrhenius line's slope. While the Arrhenius characteristic of lithium-ion batteries has been investigated previously, previous research has not extended to the whole temperature range in which EVs can be driven. Very few writers have detailed experiments conducted at 64, 70, and 85 degrees. The electrodes' chemical make-up and layout have informed a variety of studies.

The temperature ranges of -20 degrees to +70 degrees Celsius was studied by researchers in [6] an effort to expedite battery testing and polarization of readings using different electrodes. The battery size is 18650. Cathodes in the tested batteries had the chemical composition $\text{Li}_x\text{Ni}_{1/3}\text{Co}_{1/3}\text{O}_2/\text{Li}_y\text{Mn}_2\text{O}_4$, while the anodes were made of graphite. Initial conditions for all cells examined were identical: they all weighed the same and had equivalent values for open-circuit voltage, internal resistance, and capacitance. All data were compared to the identical discontinued

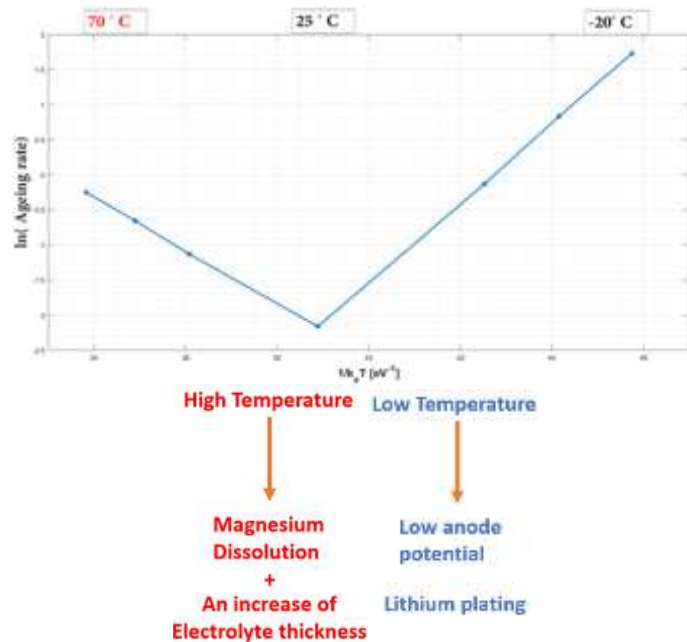


Figure 1. Why batteries die at different temperatures

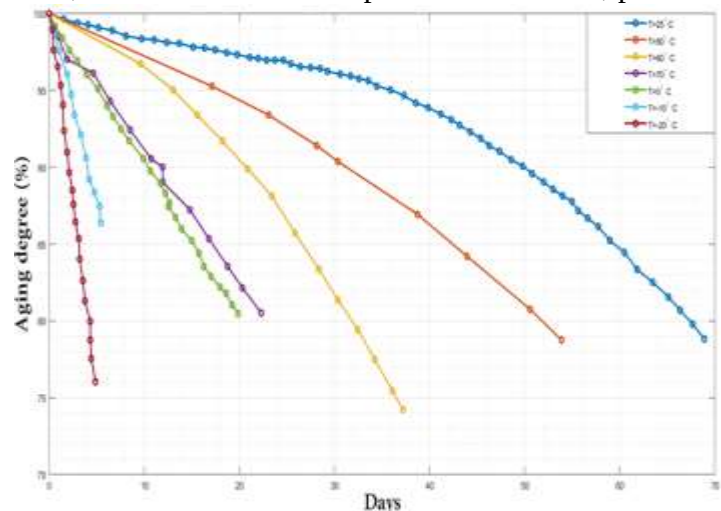


Figure 2. Information gathered from testing battery cells at varying temperatures with rated charging and discharging currents.

batteries in % to account for the minute differences in capacitances and internal resistances. Electrochemical measurements were taken using the Basytec CTS system while the cells were aging in an environmental chamber. Constant Current/ Constant Voltage was used for all charging procedures throughout the cycle and capacity verification. While a steady current was used to accomplish the discharge. In all cases, a current of 1.5 A (1C) was used to charge and discharge the cycling cells from a voltage range of 2V to 4V. The tests were considered successful if the battery state improved by 80% above the reference value after being discharged at a current of 1C and heated to 25 °C. The test benchmarks are depicted in

. The residual capacity was determined by subjecting the battery to a 1C discharge current after it had been heated to 25 °C and cooled. The end-of-life level did not correspond with the manufacturer's data, so the follow-up test was continued. There was a tangent between the aging level and the incline.

Research shows that battery life significantly decreases in cold temperatures. Therefore, it is not possible to continue working in such conditions. The optimal temperature is 25 °C. When compared to the low-temperature range (where the difference is more than 200%), the battery life reduction caused by temperatures above 25 °C is substantially smaller. In general, working temperatures between +20 and +35 °C are not too extreme to worry about.

Polish scientists have compiled their findings on the relationship between battery temperature and charge level and their service life. As a result, we were able to develop a multi-parameter characteristic that describes the battery operating ranges and their impact on service life [7].

As a consequence, we can say that the optimal temperature range for obtaining the most effective resource features is 250 C, and the optimal range of charge is between 30 and 60 percent.

The studies presented enable us to identify the primary indicators for determining the rational modes and parameters that significantly affect the battery's service life, namely the battery's operating temperature, the depth of discharge, and the range of charge degrees at which the charge-discharge mode occurs [8]. However, the acquired analysis does not provide us to construct a complete picture of the impact of the collected criteria on the service life. First, this is because the influence of the criteria on each other was not taken into account. In laboratory studies conducted by international researchers, the charging current was a multiple of the capacity value and did not match the real current profile during the operation of the electric vehicle. On the basis of the performed review, a method for calculating battery life was developed that takes into consideration the shortcomings indicated.

Conducting scientific research tests is often associated with the organization of complex experimental work, requiring not only a special methodology but also special equipment. Depending on the type and content of tests, standard and, in some cases, specially created equipment is used.

The existing test benches for traction batteries and electric motors simulating stands do not allow reproducing all characteristic features of real road conditions of operation, and operation of the control system of an electric car. No matter how much the methods of bench tests are developed, including simulation of basic operating conditions, the road tests of traction batteries and electric motors directly on electric vehicles are a very important link in the final development. In this regard, the use of diagnostic and calibration equipment with complex measuring equipment allows for obtaining the most reliable data.

In the process of testing, power consumption, performance and dynamic characteristics of electric cars are investigated. At the same time, the data taken from all sensors of an electric vehicle with a control system, such as electric power consumption, battery charging, temperature measurement, the influence of driving modes on battery discharge, and ambient air parameters are determined.

Resource tests of charging and discharging of traction batteries of electric vehicles allow you to test at different temperatures on special stands, thereby checking the effect of temperature on the charging and discharging processes (charging and discharging cycle of the battery) and the results assess the resource and service life of traction batteries.

The possibility of analysis is carried out on the basis of the indicators of electronic sensors.

Also, for tests on environmental conditions, including tests on climatic influencing factors, climatic chambers are used. Electric propulsion systems, batteries and components installed on electric vehicles (e.g. drive motor, inverter, DC converter, traction battery) are becoming larger, heavier, which causes the need to switch to high-voltage voltage. To ensure the durability of such installations and components, a new standard for climatic testing was needed. One such document was ISO 19453 - climatic loads and describes its contents and requirements.

The electric motor dynamic testing equipment is a machine consisting of a driving electric motor with the possibility of rotating the driven electric motor, both at extremely high speed and at low speed; sensors for temperature, position, position change, inductive; equipment for noise and vibration measurement, as well as auxiliary equipment. All of the above allows you to obtain and process the necessary information about the electric motor.

Diagnostic measuring equipment for road tests. The diagnostic measuring equipment for reading out and calibration of electronic control systems of electric cars consists of the following: scanner for reading out, adapters for connection to the electronic control unit of cars, oscilloscope. Shows the diagnostic and measuring equipment used in the work to take readings and calibrate the electronic control systems of engines and cars: Carman scan VG64, Autel Maxi IM608, and Scanmatik 2 Pro, oscilloscope.

The studies were carried out in the following sequence:

debugging the measuring equipment while the electric vehicle is moving;

study of the measured parameters of the electric vehicle in steady-state modes;

processing and analysis of test materials;

development of measures to improve and optimize the operation of the electric car control system and its traction battery.

When testing the electric vehicle and its battery pack under operating conditions, the following parameters were recorded and measured:

- voltage supplied to the electric motor;
- current consumption;
- power consumption;
- shaft speed;
- experiment time;
- battery charging time;
- the distance covered by the electric vehicle;
- ambient temperature, humidity and pressure.

Research results. In the course of the experimental research, one of the experiments was to test and validate the battery of a small class electric vehicle based on lithium-ion at standard room temperature. This battery testing process is necessary to make sure and verify that all parameters of the battery correspond to standard values at atmospheric pressure and room temperature of 18-23 (°C) degrees Celsius. Here we will perform several cycles of charging and discharging of battery components to obtain the following performance indicators as performance, capacity and determination of the charge and discharge times of the battery component of a small class electric vehicle battery [1;2].

After charging the battery, the following graph is obtained 4:

A charge state of 100 % corresponds to a battery with a voltage of 3.65 V and a charge state of 0 % corresponds to a battery with a voltage of 2.7 (74) V. Too deep of a discharge, which would occur if the battery was discharged to less than 2.7 V, would drastically limit the battery's life and capacity. In the process of discharging the battery we will operate the battery in the active load mode, in which the current consumption from the battery will be relatively stable, respectively the process of discharging will also be more stable.

In the subsequent experiments, the battery will be subjected to varying temperatures and pressures. The manufacturer states 0 °C as the minimum recommended operating temperature for the battery. But, we need to test:

Can the battery maintain its performance when exposed to temperatures that are lower than those suggested by the manufacturer;

In the battery experiments performed, the tests performed were chosen so that the tests were non-destructive to the battery. We conducted the experiments in the following sequence:

Table 1.

Number of experiment	Temperature	Observations
1	40 °C	Manufacturing company-recommended temperatures (the battery should perform well under these conditions)
2	20 °C	
3	0 °C	
4	-10 °C	Outside the recommended temperature range
5	-20 °C	
6	20 °C	Return to nominal temperature

By conducting tests in a vacuum chamber, we are able to determine the discharge curves of the battery at various temperatures (experiments 1-5). The following graph displays the acquired results:

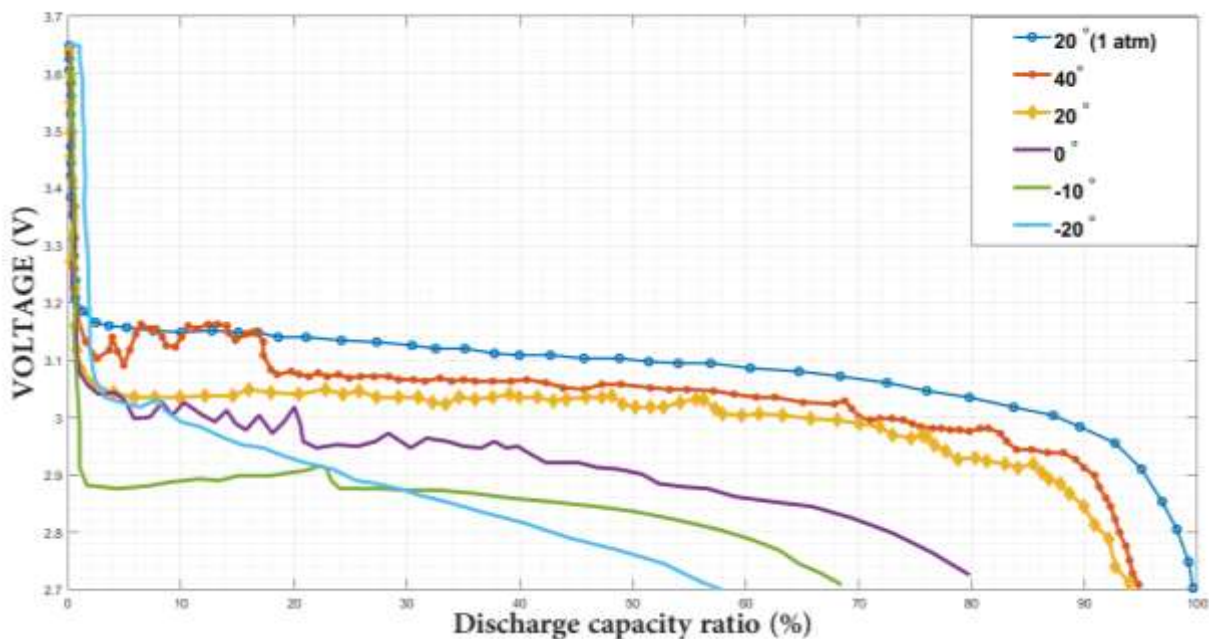


Figure 3 Battery discharge at different temperatures.

We can predict and say that the capacity at -20 °C is much lower and is about 62 % of the nominal capacity at 20 °C. From this data we can say that if we apply a temperature below -20 °C, the capacity will continue to decrease, and although it is not recommended to reduce the temperature below 0 °C, the battery will still operate with a reduced capacity. We can say that the performance is almost unchanged for this entire range, although a slight change in performance at lower temperatures was observed.

At lower temperatures, the discharge time is observed to decrease. This is due to the battery's smaller capacity, which necessitates a shorter discharge time. Consequently, as the temperature

lowers, the charge time increases due to an increase in internal resistance, which decreases the charging current.

Figure 4 shows a small class electric car, the battery components of this electric car were used as the object of study.

For mathematical modeling of the charging, discharging and charge transfer processes in the battery, we used a model of an individual battery reflecting the following processes of energy conversion in the battery:

- charge and discharge processes;
- processes of charge transfer between the batteries;
- charge control processes, discharge and charge transfer.

When constructing equations relating the parameters of the mathematical model, an equivalent electric circuit was used [10], which is a connected active and reactive elements, each of which imitates the physicochemical parameter of the battery under study or a structural element of an electrochemical battery.

Conclusions. The analysis of the main types of batteries used in electric vehicles is carried out. The most promising from the point of view of the lifetime are lithium-ion batteries. The characteristics of batteries depend on the chemical composition of the components, but, despite this, an equivalent selection of the main characteristics for a traction battery is necessary, since they affect the quality and service life of the traction current source as a whole. The main factors affecting the life of lithium-ion batteries are determined: the depth of discharge; battery temperature; charge-discharge currents; the range of the degree of charge at which the battery is charged and discharged. These factors were determined at the following temperature conditions minus $(-20 \pm 2) ^\circ\text{C}$, $(0 \pm 2) ^\circ\text{C}$ and $(45 \pm 2) ^\circ\text{C}$. When testing a small class electric vehicle and its battery under operating conditions, the following parameters were recorded and measured:

- voltage supplied to the electric motor;
- current consumption, amperage;
- power consumption;
- shaft rotation speed;
- experiment time;
- battery charging time;
- total travel distance covered by the electric vehicle;
- temperature, humidity and ambient pressure.

These parameters are important for evaluating the characteristics of BEV batteries and can be used as criteria for the efficiency of the battery, as well as for optimizing the mechatronic control system of the battery and traction drive.

A complex mathematical model of the traction electrical equipment system has been developed to evaluate the charge-discharge modes of the battery. The mathematical model in this case is used to simulate the parameters of the battery, including the main branch, additional branch, capacity and temperature. For mathematical modeling of the processes of charge, discharge and charge transfer in the battery, a model of a separate battery was used, reflecting the following processes of energy conversion in the battery: the processes of charge and discharge, the processes of charge transfer between cells in the battery and the processes of charge, discharge and charge transfer control.



Figure 4 Small electric car.

References

- [1]. Umerov F.Sh., Asanov S.E., Nurullaev B.D. Justification of performance indicators of small-class electric vehicles and their traction batteries. Acta of Turin Polytechnic University in Tashkent, 2022, 30, №3 – С. 62-71.
- [2]. Umerov F., Inoyatkhodjaev J., Asanov S. Prospects for the development of electric vehicles in Uzbekistan. Acta of Turin Polytechnic University in Tashkent, 2022, 30, №2 – С. 65-68.
- [3]. Inoyatkhodjaev J., Umerov F., Asanov S. Method for sizing an electric drive of small class electric vehicles. Universum: technical sciences Russian Federation, 2022, edition 4(109),
- [4]. Umerov F.Sh., Juraboev A.Z. Analysis of the block diagram of the traction drive and the stages of calculation of a mechatronically controlled hybrid vehicle. Scientific journal of the Tashkent State Technical University (TSTU) named after Islam Karimov, "Yulduzlari Technique", Tashkent 2022. No. 1 - P. 29-33.
- [5]. "Economic Commission for Europe, Inland Transport Committee, World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations," Proposal for a Regulatory Reference Guide for Electric Vehicles, no. 164 th Session Geneva, 1-14 November 2014.
- [6]. Thomas Waldmann, "Temperature dependent ageing mechanisms in Lithium - ion batteries - A Post - Mortem study," Journal of Power Sources, Elsevier, no. 363, pp. 129-135, 2014.
- [7]. Piotr Gorny, "Monitoring and Health prognosis of Lithium-Ion battery system," 8th European Workshop on Structural Health Monitoring EWSHM, 2016.
- [8]. Khawaja Khalid Mehmood, "Optimal sizing and allocation of battery energy storage systems with wind and solar power DGs in a distribution network for voltage regulation considering the lifespan of batteries," IET Renewable Power Generation, 2017.
- [9]. Q. Bajracharya, "Dynamic modeling, monitoring and control of energy storage system," Degree Project of Master's Program in Electrical Engineering, Karlstad University, 2013.
- [10]. Kadirov S.M., Umerov F.Sh. Mechatronics. Vehicle Performance. –T., 2019. –95с.–100ins.–ISBN-978-9943-5157-2-7.
- [11]. Umerov F.Sh. Peculiarities of self-diagnostics of mechatronic systems of Engines and transmissions of cars. Proceedings of International Scientific and Technical Conference on "Problems and Prospects of Innovative Technique and Technology in Agri-Food Chain" Organized by Tashkent State Technical University, Tashkent, International Journal of Innovations in Engineering Research and Technology, [IJERT], ISSN: 2394-3696, Website: www.ijert.org, Organized on 24-25 April, 2020.
- [12]. Jutt, V.E. Electrical equipment of cars: Textbook, erased / V.E. Jutt. - M.: GLT, 2016. - 440 p.
- [13]. Danov B.A Electronic control systems of foreign cars. - M.: Hot line - Telecom, 2002. - 224 p.

УРУҒЛИК ЧИГИТНИ ТУКСИЗЛАНТИРИШ МАШИНАСИНИНГ
САМАРАДОРЛИГИНИ ОШИРИШ

Р.К. Джамолов¹, М.М. Тожибоев²

¹"Пахтасаноат илмий маркази" АЖ,

²Фарғона политехника институти
(Қабул қилинди 25.01.2024 й.)

Аннотация. Мақолада чигит туксизлантириш машиналарининг ишлаш самарасини ошириш бўйича олиб борилган илмий ишлар тахлили келтирилган бўлиб, туксизлантириш камерасидаги чигит зичликларининг лаборатория стендида ўрганилган натижалари кўрсатилган ва камерада чигит зичлигини бир хилда туришини таъминлаш учун камерани такомиллаштириш муаммолари бўйича хулосага келинган.

Калит сўзлар: тукли чигит, зичлик, камера, туксизлантириш, уруғлик чигит, тукини олиш, ОС машиналари.

Аннотация. В статье представлены анализы научных работ проведенной по повышению производительности машин оголения семян, показаны результаты исследования плотности семян в камере оголения на лабораторном стенде, сделаны выводы о проблемах совершенствованию камеры для обеспечения однородности плотности семян.

Ключевые слова. опущенные семена, плотность, камера, оголения, посевные семена, сеьем подпушка, машины ОС.

Abstract. The article presents an analysis of the scientific work carried out to improve the performance of seed depilation machines, shows the results of studying the seed densities in the

depilation chamber on a laboratory stand, and concludes on the problems of improving the chamber to ensure the uniformity of the seed density in the chamber.

Keywords. hairy seed, density, camera, depilation, seed seed, hair removal, OS machines.

Ўзбекистон Республикаси иқтисодиётини мустаҳкамлаш учун шарт-шароитлардан бири пахтачиликнинг самарадорлигини, пахта маҳсулотларининг миқдори ва сифатини оширишдир. Бунда пахта уруғчилиги ва тайёрланаётган уруғлик пахта фондининг сифати муҳим рол ўйнайди.

Ҳозирги пайтда Ўзбекистонда пахта экиш учун асосан тукли ва туксизлантирилган уруғлик чигитлардан фойдаланилмоқда. Ушбу уруғларнинг сифат кўрсаткичлари О'zDst 663:2017 "Уруғлик чигит. Техник шартлар" стандарти талабларига мос келиши шарт.

Уруғлик чигит тайёрлаш технологиясининг такомиллаштириш ишлари уруғлик чигит сифатини ва технологик тизимнинг иш унумдорлигининг ошириш йўлида бўлиши керак.

Уруғлик чигитнинг физик-механик хоссалари – шакли, ўлчамлари, қаттиқлиги, туклилиги, ишқаланиш коэффициенти ва х.к. тавсифномалари уруғлик чигит делинтерлаш машинасининг ростланувчи параметрларига таъсир этади.

Тукли уруғлик чигитларнинг асосий тавсифномаларини Е.Я.Яшева ва С.П.Чирцов томонидан ўрганилган бўлса, тукли ва туксизлантирилган чигитларнинг асосий ўлчамларини В.П.Кондратюк, Ш.Алиевлар ўрганишган, чигитларни экиш машиналарини Г.М.Рудаков ва бошқалар ўрганишган [1,2,3,4,5].

В.Н.Герасимчук шуни белгилаб ўтадики, олинган момиқни ишчи зонасидан ишчи орган орқали сўриб олинса унинг сифат кўрсаткичлари сақланиб қолади, агар момиқни чигит орасидан ёки ишчи зонасидан чиқишида чигитлар тўдаси орасидан ажратиб олинмаган бўлса унинг ифлослиги ошиб кетади ва тола узунлиги эса камаяди [6].

Туксизлантирилган чигит тайёрлашнинг механик усулини янада такомиллаштириш учун ишчи камеранинг шаклини таҳлил қилиш, очиқ камерани ёпиқ камерага алмаштириш имкониятларини ўрганиш, турли қисмларда аралаштириш зоналарини шакллантириш самарадорлигини ўрганиш режалаштирилган. Уруғларнинг хусусиятларига (туклиги, уруғнинг ўлчам ва шакли, олиб ташланган тукларнинг мустаҳкамлиги, айниқса, улар уруғ, қобиғи ва ядросида жойлашган) қараб машина параметрларини ростлаш учун тадқиқотлар зарур.

Чигит юзасидан момиқни олиш учун қавариқ ишчи сиртининг бир қатор ижобий томонлари кўплаб муаллифларни ўзига жалб қилди [7]. Бу чигитларни бир сирт билан қайта ишлаш қобилиятини, ишчи орган ва чигитнинг алоқа юзасини катталашиши ва ишчи камерани чигитлар билан тўлдиришнинг кенг доирасини ўз ичига олади.

Чигитларга таъсир қилиш жараёнининг самарадорлиги, асосан, ишчи сиртларнинг ҳолати ва ишчи камерадаги чигит қатламининг зичлиги билан белгиланади.

Қавариқ ишчи органлар ишчи камера чигит билан тўлдирилган бўлса унда чигит қатлами билан ўзаро таъсири юқори бўлади.

Тукли чигитларни қолган чигитларнинг массаси билан ишчи сиртга босиш, бошқа усулларга нисбатан афзалликларга эга. Биринчидан, у бардошли ва эластик, бу чигитларнинг яхлитлигини сақлаш учун жуда муҳимдир. Иккинчидан, ишчи юза билан ўралган чигит бошқа чигитлар томонидан яратилган узлуксиз донатор муҳитда ҳаракат қилганда, у тезлик билан кескин кучаядиган қаршиликни бошдан кечиради. Бу тангенциал F_t кучининг пайдо бўлишига, бу эса чигитларнинг тормозланишига олиб келади [7].

Чигитларнинг ишчи юза билан алоқасини (зичланишини) таъминлаш билан бир қаторда, туксизлантирилаётган чигитнинг ишчи юза бўйлаб нисбий ҳаракатини яратиш керак.

Чигитлар орасида, барабан ва ташқи қобиқнинг сиртлари билан сезиларли ёпишиш кучлари туфайли кўзғалмас барабаннинг ишчи камерасига кириши қийин бўлади. Барабан айланганда эса, таъминлагичдан чигитлар ишчи элементлар томонидан ушланиб, уларни ташлаб юбориши ва чигитларнинг юқори қатлами томонидан босим остида тартибсиз

ҳаракати ҳисобидан ишчи камерани тўлдиради. Кўпгина машина конструкцияларида барабан узунлиги бўйлаб чигитларнинг мажбурий ҳаракатланиши таклиф қилинади [8,9].

Ишлатилган барча механик делинтерлар фаол ишлайдиган элементларга эга бўлган ички горизонтал жойлашган цилиндрсимон барабанларга эга. Улар ташқи қобик (қоплама) билан ўралган бўлиб, улар фаол ишчи элементларга ҳам эга бўлиши мумкин. Чигитлар одатда қобикнинг юқори томонидан ишчи камерага киритилади ва қобикнинг пастки қисмидан чиқарилади [9].

Ишчи камерадаги уруғ қатламининг зичлиги таъминлагичнинг тегишли жойлашуви ва шакли ёки махсус ростловчи мосламалари билан тартибга солинади.

Ишчи камерада кичик ва жуда кўп сонли уруғлар билан уруғларнинг иккита чекловчи ҳолати кузатилади.

1-ҳолат. Чигитлар ўзаро боғланмаган ва ишчи барабаннинг турган ҳолатида улар қобикнинг пастки қисмида (тўрли юзада) тўпланади. Барабан айланганда, улар қисқа вақт ичида ишчи юза томонидан ушланиб, тўрға ташланади ва барабанга ёки тўрдан пастга тушиши мумкин. Уруғлар ва ишчи юзалар ўртасида ўзаро таъсири борлигини айтишимиз мумкин. У уруғларнинг шикастланиши билан бирга келади. Пастки қисмни олиб ташлаш (кесиш) оз миқдорда содир бўлади. Бунда туксизлантириш жараёнининг самарадорлиги заиф.

2-ҳолат. Ишчи камерадаги уруғларнинг максимал мумкин бўлган сони, босим остида машинага мажбурлаб киритилади. Уруғ қатлами зичлашган ва унинг зичлиги бўш ҳолатда уруғларнинг зичлигидан сезиларли даражада юқори, қобиғи ва ядроси деформацияланган, уруғлар бир-бирига ва ишчи юзаларга кучли боғланган. Барабаннинг айланиши қийинлашиб бўшлиқ тикилиб қолади ва машина тўхтади.

Одатда, уруғлар ишчи органлар билан ўзаро таъсир қила бошлайди ва улар иш жойининг учдан биридан кўпроғини тўлдирганда момиқни ажратила бошлайди. Иш жараёнида уруғ қатлами ҳосил бўлади.

Ишчи юзалар орасидаги масофа уруғнинг катталигидан бир неча марта катта бўлганда ва ишчи юзаларнинг нисбий тезлиги паст бўлса, уруғларнинг ламинар ҳаракати содир бўлиши керак. Ишчи барабанда уруғлар унинг юзаси билан ишқаланиб, тўрда стационар қатлам ҳосил қилади. Қатлам ичидаги уруғларнинг бир-бирига нисбатан ҳаракатини кузатиш мумкин, бунда чигитларнинг ишқаланишидан қизийди. Бунда туксизлантириш самараси камади.

Муайян нисбий тезликларда тартибсиз ҳаракат бошланади ва турбулент оқимлар пайдо бўлади. Чигитлар бир-бирига нисбатан ва ишчи сиртларга нисбатан ҳаракатланади. Чигитларнинг ишчи элементлар билан ўзаро таъсири, толали қопламани қириш ва уруғ қобиғини қайта ишлаш билан бирга содир бўлади.

Чигитларнинг икки баробаридан кам бўлган сиртлар орасидаги доимий масофада чигитлар гоҳ бир томонга, гоҳ бошқа сирт билан алоқада бўлади. Бу ҳолатда момиқни олиш интенсив бўлиши мумкин, лекин ишчи элементларнинг қаттиқлиги туфайли чигитларнинг шикастланишига олиб келади.

Оралик масофасини 2-3 баробар ошириш, маълум бир зичликдаги уруғ қатламининг шаклланишига олиб келади, бу эластикликка (мувофиқликка) эга бўлиб, қайта ишлаш жараёнида уруғларни сақлаб қолишга ёрдам беради.

Делинтерлар ва лаборатория қурилмаларида уруғларнинг асосий ҳажмининг зичлигидан 0,3 дан 3,0 баробаргача бўлган қатлам зичлиги кузатилади. Этибор беринг, қўлланиладиган таъминлаш тизими билан уруғлар машинадан ўтиши ва қириб олинган момиқ иш жойидан олиб ташланиши билан уруғларнинг массаси ва ҳажми камади, қатламнинг эластиклиги йўқолади, қатламнинг зичлиги камади ва қатлам сийраклашади. Бундан машинанинг зарурий иш шароитлари бузилади.

Ишчи камерасини чигитлар билан тўлдириш (зичлиги) унинг шаклига, таъминлагич конструкциясига ва барабанга нисбатан ўрнатилиш ҳолатига боғлиқ. ЛБ машинасида таъминлагичнинг шахтаси чиқиши барабаннинг пастга қараган қисмидан юқорида

жойлашган. Шахтадан барабанга тушган чигитлар унинг юзаси томонидан ушланиб, ишчи ораликка тортилади. Шахтадан чигитлар ўз вазни остида ва ишчи ораликнинг бўш қисмига киради. Ишчи ораликнинг кўндаланг кесими юқоридан пастгача жуда қисқаради, чигит қатлами юқоридан пастгача сиқилади ва чигитларнинг шахтадан эркин узлуксиз тушиши билан тикилишлар мумкин. Шунинг учун, "очиқ" ишчи камерага эга бўлган машиналар таъминловчи мослама билан жиҳозланган. Таъминланишни назорат қилиш (чигит қатламининг зичлиги) оператор томонидан барабандаги юкланишдан келиб чиқиб, оқим кучини ўлчаш йўли билан амалга оширилади (амперметр кўрсаткичи бўйича). Ёпиқ ишчи камерага эга битта барабанли стендларда ва икки барабанли машиналарда ростланмайдиган таъминловчи шахта томонидан чигитларни тартибсиз узатишда чигитларни ишчи элементлар томонидан ушлаш орқали чигитлардан момиқни қириши учун зарур шарт-шароитларни таъминлайдиган чигит қатламини яратиш мумкин. Бунда шахта чигитлар билан доимий тўлиб туриши керак.

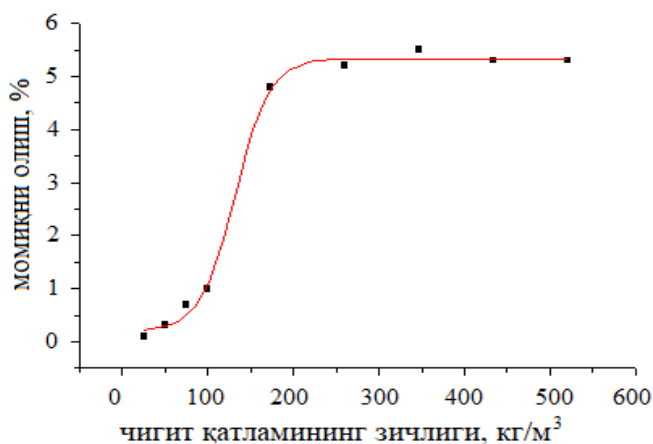
Зокиров Т ва Абдурашидов Г.А.лар [7] томонидан лаборатория стендида кўплаб тадқиқотлар ўтказиб, чигитларнинг ўртача зичлиги $175\text{--}200\text{ кг/м}^3$ эканлигини аниқлади, лекин бу сочилган чигитларнинг зичлигидан ($320\text{--}400\text{ кг/м}^3$) анча паст.

Бир камерали лаборатория ускунасида чигитнинг ўртача зичлиги $500\text{--}550\text{ кг/м}^3$ га етказилди. Бундай зичликни олиш учун 10% туклиликка эга чигитларга 40 кПа/м^2 дан ортиқ солиштирма босим талаб қилинади, бундай зичликка тўлиқ туксизлантирилган чигитларгина эга бўлади.

Чигит қатламининг оптимал зичлиги машинанинг конструкциясига, чигитнинг дастлабки ва охириги туклилигига, чигитларнинг селекция ва саноат навига боғлиқ. Олинадиган чигитларнинг ва момиқ сифатига қўйиладиган талабларга, машинанинг иш унумдорлигига, энергия истеъмолига боғлиқ ҳолда чигитнинг зич қатламлари билан ишлаши мумкин.

Иш жойининг юқори қисмида чигитлар тортишиши туфайли цилиндр юзасига тушади. Улар цилиндр юзасига уринма бўйлаб юқори тезликка эга бўлиб, ундан ажралиб чиқади ва қобикқа (тўрга) бурчак остида урилади. Бундай ҳолда, чигитларнинг оқими қобикдан акс этади ва цилиндрга ёки цилиндр ва қобик орасидаги бўшлиққа тушади.

Қатламдаги чигитларнинг радиал ҳаракати тортишиш кучи таъсирида ва энг муҳими, махсус шакл берилиши мумкин бўлган ишчи барабаннинг айланишида пайдо бўладиган кучлар туфайли содир бўлади. Ўқ бўйлаб ҳаракат баъзи ҳолларда 4СОМ, ОС машиналарида бўлгани каби, иш жойига қириш ва чиқишда чигит қатламининг зичлигидаги фарқи билан ёки қўшимча йўналтирувчиларни киритиш орқали таъминланиши мумкин.



1-расм. Чигитларни ишлаш вақтининг бир хиллигида момиқни олишда чигит қатламининг зичлигига боғлиқлиги.

Ҳисоб-китоблар ва тажрибалар шуни кўрсатдики, барча шароитлар тенг бўлганда, чигит қатламининг зичлиги 200 кг/м^3 дан 500 кг/м^3 гача ўзгарганда момиқ олиш самарадорлиги сезиларли даражада ўзгармайди (1-расм). Шунинг учун, 4СОМ ва ОС делинтерларида чигит қатламининг зичлиги ростланмайди.

Ишчи камерани чигитлар билан тўлдириш жараёни чигитларни машинага таъминловчи мосламадан узатиш шакли билан белгиланади. Таъминлагич ишчи камеранинг бутун узунлиги бўйлаб, жин ёки линтерларда бўлгани каби, машинанинг ёнидан ёки юқори қисмидан, республикада

қўлланиладиган барча механик туксизлантириш машиналарида бўлгани каби, машина

узунлигининг бир қисмидан ҳам фронтал бўлиши мумкин. Уни чигитларнинг оғирлиги туфайли тушириши билан узатилиши ёки ростланиши мумкин.

Узатилаётган чигитни ишчи камера орқали ютилиши ва у ерда зичликнинг ҳосил бўлиши билан туксизлантириш жараёни амалга оширилади, лекин ишчи юзада чигитлар икки қатор жойлашиб, туксизлантириш жараёни жадаллашишига олиб келади. Вақт ўтиши билан металл чўткали барабанларнинг чўткаларини ёйилиши оқибатида ишчи юза катталлашиб, туксизлантириш жараёнининг вақти ҳам узайишига ва чигитларнинг қизишига олиб келади. Шунинг учун ишчи камера юзасида чигитларни доимий икки қаторда жойлашишини таъминловчи камерани ишлаб чиқиш муаммоли вазифалардан бири ҳисобланади.

Адабиётлар

- [1]. Яшева Е.Я. Эффективные технологии подготовки семян хлопчатника к севу. - Ташкент: УзИНФОРМ Агропром, 1992.- 39 с.
- [2]. Чирцов С.П. Требования к высеваящим аппаратам хлопковой сеялки// Механизация хлопководства. - Ташкент, 1984. - №4 - С. 3-4.
- [3]. Кондратюк В.П. Чигит экиш - Пахтачилик справочниги. -Ташкент, 1989.- С.130-134.
- [4]. Алиев Ш. Исследование оголенных, сортированных и калиброванных семян хлопчатника. - Кировабад, 1974. - 87с.
- [5]. Рудаков Г.М. Перспективные технологические процессы механизации возделывания хлопчатника - Ташкент, 1984.-С. 59.
- [6]. Герасимчук В.Н. Исследование и выбор способа линтерования хлопковых семян для получения короткоштапельного лinta. Кандидатская диссертация. Ташкент, 1967, 125 с.
- [7]. «Разработка комбинированного оголителя посевных семян хлопчатника», Отчет института электроники АН РУз по хоздоговору №1-ИЭ-02, Закиров Т. и др., Ташкент, 2002.
- [8]. Р.К.Джамолов. Усовершенствованная технология двухстадийного оголения. Инновации, качество и сервис в технике и технологиях.IV-я Международная научно-практическая конференция, посвященная 50-летию Юго-Западного государственного университета, г.Курск, Россия, Том 1, 2014 г.
- [9]. Ракипов В.Г., Джамолов Р.К. ва бошқалар. Уруғлик чигит делинтерлаш машинаси (УЧДМ) нинг ишлатилиши, монтажи ва ростланишлари бўйича йўриқнома ПДҚИ 74-2006, «Пахта tozalash ПChB» ОАЖ, Тошкент, 2006.

УДК 621.78

ИЗУЧЕНИЕ ПРОЦЕССА ТЕРМОЦИКЛИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПРИ НАГРЕВЕ БЕЗ ФАЗОВОЙ И С ПОЛНОЙ ФАЗОВОЙ ПЕРЕКРИСТАЛЛИЗАЦИЕЙ

Д.М. Бердиев¹, В.М. Константинов², А.А. Юсупов³, М.А. Умарова⁴

^{1,4}Ташкентский государственный технический университет им. Ислама Каримова

²Белорусский национальный технический университет

³Алмалыкского филиала Ташкентский государственный технический университет

им. Ислама Каримова

(Получена 8.01.2024 г.)

В статье рассматриваются особенности структурообразования при термоциклической обработке доэвтектидных конструкционных сталей 20, 40Х и 65Г. Анализировано влияние различных режимов термоциклической обработки на структуру конструкционных сталей.

Ключевые слова: конструкционные стали, термоциклическая обработка, плотность дислокаций, структура, индукционный нагрев, твердость.

Maqolada 20, 40X va 65G konstruksion po 'latlarga termosiklik ishlov berishda struktura shakllanishi xususiyatlari ko 'rib chiqilgan. Konstruksion po 'latlarga termosiklik ishlov berishda turli xildagi rejimlarni strukturaga ta 'siri tahlil qilingan.

Tayanch iboralar: konstruksion po 'latlar, termosiklik ishlov berish, dislokatsiya zichligi, struktura, induksion qizdirish, qattqlik.

The article discusses the features of structure formation during thermal cycling of hypoeutectoid structural steels 20, 40X and 65Г. The influence of various thermal cycling treatment modes on the structure of structural steels is analyzed.

Key words: structural steels, thermal cycling treatment, dislocation density, structure, induction heating, hardness.

Низколегированные и углеродистые стали длительное время были, и в обозримом будущем останутся основными конструкционными материалами для машиностроения, особенно, сельскохозяйственного. Однако, традиционные возможности повышения их эксплуатационных характеристик близки к предельным. Поэтому, наряду с изменением их химического состава (микролегирование, повышение металлургического качества и др.) большое внимание в последнее время уделяется разработке путей совершенствования структурно-фазового состояния стальных изделий методами нестационарного, термоциклического воздействия. Термоциклическая обработка (ТЦО) известна с середины 20 века [1-3]. Повышенный интерес к ней сейчас обусловлен широкими перспективами управления структурообразованием сталей и сплавов для повышения эксплуатационных свойств изделий [4-8]. Эффективность ТЦО с точки зрения достижимости свойств определяется режимом ТЦО, количеством циклов, скоростью нагрева и охлаждения, а также химическим составом стали. Анализ результатов выполненных работ показывает, что в основе отрабатываемых режимов ТЦО лежат закономерности фазовых превращений при нагреве и охлаждении стали, как в условиях полиморфного превращения, так и без него [4]. Работы в этой области свидетельствуют о достаточно широком использовании ТЦО в целях оптимизации структуры и свойств различных сплавов [5-8].

Являясь технологически более сложным процессом, по сравнению с традиционными операциями термической обработки, (ТЦО) может быть рекомендована к применению только в тех ситуациях, когда это обусловлено необходимостью достижения качественно нового уровня свойств особенно, если ТЦО удастся совместить с другими операциями технологического цикла обработки изделий [4]. Ярким примером подобных изделий являются быстроизнашиваемые детали почвообрабатывающих агрегатов. Специфика этих деталей требует применения недорогих конструкционных сталей. Интенсификация почвообработки, характерная для мирового сельского хозяйства, предъявляет повышенные требования к долговечности этих деталей. Очевидно, что повышение долговечности этих деталей и агрегатов в целом было актуальным в XX веке, остается актуальным в XXI веке [9]. Основными факторами повышения долговечности обсуждаемых деталей является повышение прочностных характеристик и абразивной износостойкости.

В статье представлены результаты выполненных исследований по упрочнению ряда конструкционных сталей для почвообрабатывающих агрегатов с применением термоциклического индукционного нагрева.

Индукционная термоциклическая обработка без фазовой перекристаллизации.

Были выполнены исследования циклического нагрева стали 65Г (установка индукционного нагрева ВЧГ2-100/066) с последующим ускоренным охлаждением на воздухе. Охлаждение на воздухе с принудительной циркуляцией позволяет повысить скорость охлаждения выше традиционной нормализации. В этом случае появляется возможность получения более дисперсной тросто-сорбитной структуры. Такая обработка близка по своей сути к одинарной термической обработке по Н.А. Минкевичу.

Температура нагрева при термическом цикле была выбрана заведомо ниже точки A_1 (450, 570 и 700 °С). Это позволило оценить влияние термических напряжений и формируемого ими фазового наклепа без полной фазовой перекристаллизации (табл.1).

Установлено, что структурные изменения при низкотемпературном ТЦО состоят в сфероидизации карбидной фазы. С повышением температуры ТЦО ожидается степень глобулярности цемента увеличивается за счет повышения диффузионной подвижности углерода.

Твердость и уровень напряжений 2-ого рода нелинейно зависит от параметров низкотемпературной ТЦО. Повышение температуры ТЦО от 450 до 700 °С (1 цикл) снижает твердость за счет более интенсивной сфероидизации карбидной фазы. Аналогичная зависимость наблюдается для первых трех (четырех) циклов ТЦО. На пятом цикле для всех температур ТЦО фиксируется повышение твердости. Причем с повышением температуры твердость после пятого цикла растет значительно. Анализ кинетики изменения уширения рентгеновской линии позволяет понять причины указанного явления. Термические остаточные напряжения, характеризующиеся уширением рентгеновской линии, нелинейно зависят от числа циклов ТЦО. Уменьшение остаточных напряжений после 2-ого, 3-его цикла обусловлено релаксационными процессами. С повышением температуры эта тенденция проявляется более ярко. Так для 2-ого цикла ТЦО при 700 °С среднее уширение рентгеновской линии составило только 8,72, для аналогичного процесса при 400 °С уже 9,45. К пятому циклу при всех температурах ТЦО возрастают остаточные напряжения и обусловленное ими уширение рентгеновской линии. С повышением температуры напряжения ожидаемо возрастают из-за увеличения градиента температур. По этой же причине возрастает и твердость. Существенным является известный факт микропластической деформации при ТЦО из-за интенсивных теплосмен и различия термического расширения элементов гетерофазной структуры. Таким образом, происходит развитие дислокационной структуры, а повышенная температура ведет к полигонизации. Полигонизационная структура, хотя и не имеет высокий уровень дефектности кристаллического строения, обладает высокой термической стабильностью. При повторном нагреве, выше точки фазового превращения, полигонизованные структуры обеспечивают создание структур с высокой плотностью дислокаций [10, 11]. Результаты испытаний на абразивное изнашивание в условиях незакрепленного абразивного материала согласуются с данными микро- и субмикроисследований образцов.

Таблица 1

Изменение свойства стали 65Г после индукционного термоциклирования
с последующим охлаждением на воздухе

№	Изменение свойств	Количество циклов				
		1 цикл	2 цикл	3 цикл	4 цикл	5 цикл
Нагрев до 450 °С						
1.	Твердость, НВ	269	255	241	241	255
2.	Среднее значение ширины рентгеновской линии $\beta_{\text{ср}} 10^{-3}$ рад	9,87	9,45	9,69	9,27	9,88
Нагрев до 550 °С						
1.	Твердость, НВ	241	229	241	207	207
2.	Среднее значение ширины рентгеновской линии $\beta_{\text{ср}} 10^{-3}$ рад	9,1	9,59	8,71	8,3	8,3
Нагрев до 700 °С						
1.	Твердость, НВ	229	217	207	255	285
2.	Среднее значение ширины рентгеновской линии $\beta_{\text{ср}} 10^{-3}$ рад	9,88	8,72	9,3	12,5	12,8

Индукционная термоциклическая обработка с фазовой перекристаллизацией.

Был выполнен комплекс исследований по индукционной ТЦО ряда конструкционных сталей (сталь 20, 40X) [12, 13]. Авторский опыт свидетельствует, что для быстропротекающих процессов термической обработки следует учитывать разницу структурных превращений на поверхности и в сердцевине изделий. Для индукционной ТЦО при малых размерах образцов (10×10×55 мм) были обнаружены существенные различия в кинетике структурообразования в сердцевине и на поверхности.

Был подтвержден факт полигонизации и рекристаллизации структуры стали в результате ТЦО. Для определения влияния фазового наклепа на структурообразование поверхности и сердцевины стали (20, 40X) во время циклических фазовых превращений были выбраны образцы с крупнозернистой структурой (5 балл), полученной предварительным отжигом при 1000 °С в защитной атмосфере в течение 2 часов. Схема ТЦО была выбрана с полным прямым и обратным аустенитным превращением (нагрев выше A_3), а интенсивность теплосмен составила 1, 2, 4, 6 циклов со скоростью нагрева и охлаждения в циклах 30...40 °С/с и 3...5 °С/с соответственно. Было установлено, что индукционная ТЦО (4 и более) измельчает структуру до 9 (сталь 20) и 13 (сталь 40X) балла. Однако, в структуре из-за объемных полиморфных превращений происходит накопление напряжений 2-ого рода, которые вызывают микропластическую деформацию зерен, повышающую плотность дефектов кристаллического строения. Пластическая деформация зерен сопровождается рекристаллизацией, которая протекает с разной интенсивностью и проходит до определенной стадии.

На поверхности (сталь 20) образца (4 и более циклов) рекристаллизация наклепанных зерен доходит до собирательной стадии, что сопровождается увеличением диаметра отдельных зерен (с 10 мкм до 125 мкм) и снижением твердости с HV 178 до HV 157 (рис.1).

Такая картина характерна для слабодеформированного сплава, когда рост зерен происходит за счет слияния в одно крупное, путем «растворения» границ. Процесс слияние зерен не требует значительных диффузионных процессов. Существенно, что слияние может, происходить одновременно по всем поверхностям межзеренного раздела. На межзеренных границах происходит концентрация дислокаций. Их аннигиляция, по сути, и есть «растворение» границ зерен. Для незавершенного процесса слияния характерна разнотернистость с небольшим количеством крупных зерен и большим количеством мелких. Интенсивный рост зерен в слабо деформированной структуре наблюдается при быстром индукционном нагреве, если процесс нагрева медленный, то процесс полигонизации успевает пройти и рост зерна, по механизму слияния, не происходит. В сердцевине (сталь 20, 40X) формируется устойчивая полигональная структура и происходит «рекристаллизация на месте», сопровождаемая ростом субзерн. Это подтверждается рентгеноструктурным анализом образцов, в которых наблюдается увеличение кристаллитов с 150 нм (отжиг) до 300 нм (6 циклов), (табл. 2). Последующий изотермический отжиг показал, что полигональные структуры довольно устойчивы и сохраняются длительное время, препятствуя протеканию обычной рекристаллизации. Было выявлено, что снижение твердости и изменения структуры стали начинаются только после 4 часов рекристаллизационного отжига. Структура сталей 20 и 40X из мелкозернистой превращается в структуру, характеризующую вторичную стадию рекристаллизации. В сердцевине сталей происходит избирательный рост зерен, диаметр которых доходил до 1500

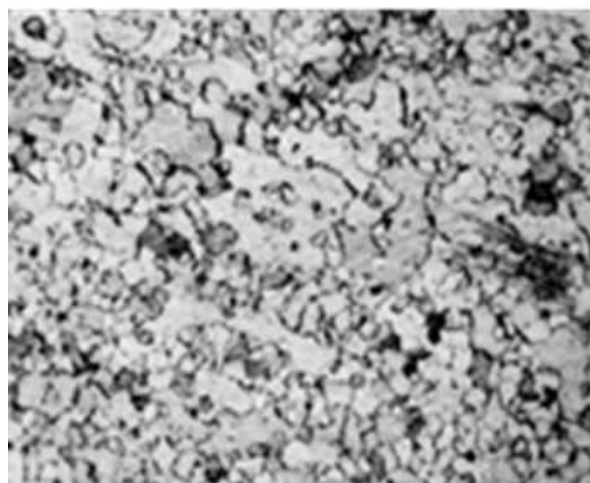


Рис. 1. Микроструктура поверхности образца после 6-ти циклов ТЦО (сталь 20); ×100.

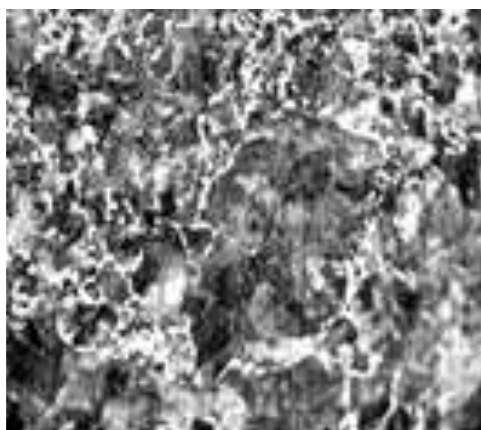
мкм и твердостью HV 120, а сохранившиеся в структуре мелкие зерна (диаметр 15 мкм) имели твердость HV 150...160. Такая структура и твердость характеризует полностью завершённый процесс рекристаллизации зерен с предварительной степенью деформации 3...8 %, близкой критической (рис 2.). На контрольной группе отожженных образцов сталей (20, 40X) подвергнутых повторному отжигу не обнаружено изменений в механических свойствах и микроструктуре. Твердость зерен феррита (сталь 20) сохранялась в течение 4 часов в интервале HV 120...125, а размер зерен не превысил 5 балла.

Таблица 2.

Влияние режима ТЦО на размер кристаллитов стали 20

Вид обработки	Размер кристаллитов по рентгеноструктурному анализу, нм					
НKL	110	200	211	220	310	222
Полный отжиг	144	144	200	170	113	125
ТЦО, 4 цикла	261	212	240	200	171	220
ТЦО, 6 циклов	260	225	340	350	253	282

Литературный анализ и собственные исследования позволили уточнить механизм микропластической деформации и структурной рекристаллизации среднеуглеродистых низколегированных сталей при ТЦО. Отсутствие выдержки при верхней температуре цикла, ведет к тому, что рекристаллизация не успевает пройти полностью. К моменту достижения нижней температурной границы цикла, в объеме стали происходит накопление дефектов



а – сталь 40X; $\times 100$



б – сталь 20; $\times 100$

Рис. 2. Микроструктура сердцевины после 4-рех термоциклов и отжига.

кристаллического строения и возрастает доля наклепанных нерекристаллизованных зерен. Дополнительно к этому объему добавляются зерна, в которых при обратном превращении аустенита в феррито-перлитную структуру создаются напряжения, релаксация которых происходит в результате микропластической деформации скольжением, возникающая из-за малой подвижности границ. Последующая ТЦО увеличивает количество нерекристаллизованных зерен, способствует накоплению фазовых напряжений и, как следствие, повышению степени деформации зерен. В результате на поверхности и в сердцевине протекает рекристаллизация различной интенсивности. На поверхности она доходит до собирательной стадии, а в сердцевине наблюдается только полигонизация и рост субзерен.

Выводы.

1. Индукционное ТЦО конструкционной стали без фазовой перекристаллизации в интервале температур 400 - 700 °С формирует остаточные термические напряжения,

обуславливающие повышение плотности дислокаций, развитие начальных стадий рекристаллизации. Это обеспечивает формирование полигональной, термически устойчивой субструктуры и повышение твердости стали.

2. Индукционное ТЦО конструкционных сталей с полной фазовой перекристаллизацией в интервале температур 600 - 940 °С приводит развитию рекристаллизационных процессов различной интенсивности на поверхности в сердцевине стального образца. Фазовый наклеп не устраняется полностью при нагреве и степень деформации зерен возрастает с каждым циклом охлаждения. В результате после 4-х и более циклов ТЦО в поверхностном слое протекает собирательная рекристаллизация, которая формирует зерна диаметром 60 мкм, на фоне мелких зерен диаметром 16 мкм. В сердцевине (сталь 20) сохраняется мелкодисперсная структура (диаметр 8...12 мкм) и протекают процессы полигонизации и «рекристаллизация на месте», о чем свидетельствует укрупнение кристаллитов с 150 нм (отжиг) до 300 нм (6 циклов).

Список литературы

- [1]. Федюкин, В.К. Термоциклическая обработка металлов и деталей машин / В.К. Федюкин, М.Е. Смагоринский. – Л.: Знание, 1989. – 241 с.
- [2]. Физические основы электротермической обработки металлов и сплавов / Кидин И.Н., - М.: «Металлургия», 1969. – 376 с.
- [3]. Тихонов, А.С. Термоциклическая обработка сталей, сплавов и композиционных материалов / А.С. Тихонов, В.В. Белов. – М.: Наука, 1984. – 168 с.
- [4]. Биронт В.С. Теория термической обработки металлов. СФУ: ИЦМиЗ. – Красноярск, 2007. – 234 с.
- [5]. Гурьев, А.М. Термоциклическое и химико-термоциклическое упрочнение сталей / А.М. Гурьев, Л.Г. Ворошин, Ю.П. Хараев // Ползуновский вестник. Часть 2, 2005. – №2. – С. 36–44.
- [6]. Гурьев, А.М. Циклическое тепловое воздействие при ТО и ХТО инструментальных сталей / А.М. Гурьев, Л.Г. Ворошин // Фундаментальные проблемы современного материаловедения. – Барнаул: АГТУ, 2005. – № 3. – С. 37–46.
- [7]. Евдокимов А.И. Циклическая закалка стали ХВГ / А.И. Евдокимов, М.Г. Зелин, В.А. Коротков // Митом, 2002. №9. – С. 33–34.
- [8]. Effect of cyclic heat treatment on microstructures and mechanical properties of directionally solidified Ti-46Al-6Nb alloy / Hong-ze FANG [and ot.] // Trans. Nonferrous Met. Soc. China 25 (2015) pp.1872 – 1880.
- [9]. Константинов, В.М. Комплексное повышение долговечности корпуса почвообрабатывающего плуга // Упрочняющие технологии и покрытия – 2014, №12. – С.3-7.
- [10]. Бердиев Д.М., Юсупов А.А. Повышение износостойкости зубьев зубчатых колес циклической закалкой с индукционным нагреванием // Вестник машиностроения, №3. 2020.С. 50 – 53.
- [11]. Berdiev D. M., Yusupov A. A. Improving the Wear Resistance of Gear Teeth by Cyclic Quenching with Inductive Heating // Russian Engineering Research. 2020. V. 40. N. 6. P. 473–475.
- [12]. Ткаченко, Г.А. Электро-химико-термическая обработка крепежных элементов почвообрабатывающих машин / Г.А. Ткаченко, В.М. Константинов // Металлургия: Республ. Межведом. сб. науч. тр. / БНТУ. – Минск, 2008. – Вып. 31. – С. 358-371.
- [13]. Константинов В.М., Ткаченко Г.А. Упрочнение быстроизнашиваемых деталей почвообрабатывающих плугов нитроцементацией с локальным циклическим индукционным нагревом // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2011. – №2. – С. 44 – 50.

ПРИМЕНЕНИЕ БЫСТРОРЕЖУЩЕЙ СТАЛИ HSS

М.Ш. Тоиров¹, К.А. Каримов², Б.Т. Мардонов¹, Н.М. Шавкидинова³

¹Навоийский горно-технологический университет
murtoza.toirov@mail.ru, тел: 99 943 41 71

²Ташкентский государственный технический университет им. И. Каримова
E-mail:kamolxon.karimov@gmail.com, тел: 90 701 70 00
mbt69@mail.ru, тел: 93 521 88 03

³Ташкентский фармацевтический институт
niginamurtozayevna@gmail.com, тел: 99 042 08 18
(Получена 18.11. 2023г.)

Аннотация: В данной статье представлена мировая тенденция для использования различных быстрорежущих сталей иностранного производства к применению на изготовление корончатых (планетарный) режущих инструментов в области монтажа трубопроводов и другие металлообработки в машиностроение, а так же рассмотрены новое изобретённое устройство для вырезки отверстий на водопроводных сетях для подсоединения трубы питьевой воды и технический воды для полива городских озелени.

Ключевые слова: режущая головка, действующие трубопроводы, высокопрочные низколегированные стали, стали HSS, механический и химический свойства стали HSS.

Abstract: This article presents the global trend of using various foreign-made high-speed steels for use in the manufacture of crown (planetary) cutting tools in the field of pipeline installation and other metalworking in mechanical engineering, and also discusses a new invented device for cutting holes on water supply networks for connecting drinking water supply and technical water for watering urban greenery.

Key words: cutting head, operating pipelines, high-strength high-alloy steels, HSS steels, mechanical and chemical properties of HSS steel.

Аннотация: ushbu maqolaning asosiy maqsadi, shaharlardagi mavjud ichimlik suvi va ko'klamzorlashtirishga mo'ljallangan texnik suv quvurlaridan qo'shimcha foydalanish uchun mavjud quvur tarmoqlariga yangi quvurlar tarmog'ini ulab ichimlik va koklamzorlashtirish uchun texnik suvni, quvur devoriga teshik ochish jrqali ulashda va shu bilan bir qatorda mashinasozlik sohasining boshqa yo'nalishlarida ham metall mahsulotlarga teshik ochishda karonkali planetar kesuvchi asboblarni xorijda ishlab chiqarilgan qotishma HSS tezkesar po'latdan foydalanish yuqori tendentsiyali samara keltirishi haqida amaliyotda tasdiqlangan ma'lumotlar keltirilgan.

Калит so'zlar: kesuvchi kallag, harakatdagi quvur tarmog'i, pastlegirlangan po'latlar, HSS tezkesar po'latlar, HSS po'latlarning mexanik va kimyoviy xossalari.

Изобретение быстрорежущей стали в начале XX века стало прорывом в развитии машиностроения. Новый материал повлиял на изобретение быстроходных станков и автоматов большой мощности, а также поспособствовал резкому скачку производительности в работе механических цехов. Несмотря на то, что HSS-сталь имеет довольно сложный состав, ее активно используют для производства инструмента повышенной прочности. HSS сталь используется в машиностроение для производства большого спектра различного металлорежущего инструмента. Сюда входят сверла спиральные, корончатые режущей (планетарная) головки *рис.1*, фрезы разного диаметра, зенкеры, метчики и плашки разного диаметра, ножей для гилатины (ножницы для вырубки листов), полотна резки металла. HSS по английский название (High Speed Steel) – обозначает группу быстрорежущих сталей, переводится как сталь для работы на больших скоростях.



Рис.1. Корончатая режущая (планетарная) головка.

Быстрорежущую сталь изготавливают классическим способом – путем разливки стали в слитки, затем производится прокатка и проковка, а также методом порошковой металлургии – здесь происходит распыление струи жидкой стали азотом. HSS стали

считаются высокоуглеродистыми, как правило, инструменты из HSS-стали имеют твердость 62-64 HRC. Основным плюсом в сравнении с твердосплавными инструментами является прочность и более низкая цена инструментов. HSS сталь отлично показывает себя при прерывистом резании углеродистые и легированные стали, использования материала HSS для изготовления режущих инструментов могут быть низкие скорости резания по сравнению с твердосплавным но эффективно.

HSS стали подразделяются на три основные группы:

Вольфрамовые (Т);

Молибденовые (М);

Высоколегированные быстрорежущие стали.

Стали вольфрамовой группы сейчас практически не используются из-за высокой цены вольфрама и его дефицита. Наиболее применяемые являются стали общего назначения Т1 и сталь с ванадием и кобальтом Т15. Т15 используется для инструментов, применяемых при высоких температурах и повышенном износе [9,10].

В сталях молибденовой группы главным легирующим элементом является молибден, но некоторые из них могут содержать равное или даже большее количество вольфрама и кобальта. Стали с высоким содержанием ванадия и углерода очень стойкие к абразивному износу. Тип сталей от М41 отличается высокой твердостью при работе на высоких температурах или применяется такой термин - красностойкостью. Молибденовые стали используются также при производстве инструментов, применяющихся в "холодных" условиях - накатных плашек, вырезных штампов. В таких случаях HSS стали закаляют до более низких температур чтобы увеличить ударной вязкость. HSS-сталь способна на протяжении 4 часов сохранять режущие свойства при высоких температурах без потери твердости. Быстрорежущую сталь отличает стойкость к хрупкому разрушению. Легко переносит вибрацию, удары, высокую подачу и глубокий рез.

Для правильного подбора режущего инструмента (корончатого фрезы, зенкеры, корончатого или ступенчатого сверла), ознакомьтесь со значением «Предел кратковременной прочности». Предел кратковременной прочности это называется «Механическая свойства» режущие инструмента. Предел прочности это максимальная механическая напряжения, выше которого происходит разрушение материала, подвергаемого деформации (в данном случае лезвийной обработки при помощи режущего инструмента).

Предел прочности при растяжении обозначается в таблице №1, механических свойств, буквами σ_b МПа) и измеряется в мега Паскалях (МПа). В нормативной документации и стандартах обозначен термином «временное сопротивление».

Механическая свойства быстрорежущие стали.

Таблица №1.

Стали специального назначения	Марка стали и применение	Временное сопротивление (Предел прочности) МПа/мм ²
Специальной высоколегированной быстрорежущей стали	HSS - предназначен для сверления и обработки отверстий в сталях обычного и повышенного качества прочностью	90 МПа

Дополнительно, режущий инструмент усилен упрочняющим покрытием которое эффективно способствует повышенной износостойкости металло-обрабатывающего инструмента. Для сверления и или вырезки отверстий в прочных сталях и сталях высокого

качества, рекомендуется использовать режущий инструментов выполненным целиком из специальной порошковой стали с возможностью обрабатывать материалы с прочностью до 140 МПа /мм². Повышения твердости и выдержка деформации, зависит от содержание химических состав быстрорежущие стали (таблице №2).

Таблица химический состав зарубежный сплавов HSS и его Российские аналоги.

Таблица №2.

Английского название	Российский аналог	Химический состав, %								
		C	Mn	Ци	Cr	V	W	Mo	Co	Ni
Вольфрамовые HSS стали										
T1	P18	0,75	-	-	4,00	1,00	18,00	-	-	-
T2	P18Ф2	0,80	-	-	4,00	2,00	18,00	-	-	-
T4	P18K5Ф2	0,75	-	-	4,00	1,00	18,00	-	5,00	-
T5		0,80	-	-	4,00	2,00	18,00	-	8,00	-
T6		0,80	-	-	4,50	1,50	20,00	-	12,00	-
T8		0,75	-	-	4,00	2,00	14,00	-	5,00	-
T15	P12Ф5K5	1,50	-	-	4,00	5,00	12,00	-	5,00	-
Молибденовые HSS стали										
M1		0,80	-	-	4,00	1,00	1,50	8,00	-	-
M2	P6M5	0,85	-	-	4,00	2,00	6,00	5,00	-	-
M3	P6M5Ф3	1,20	-	-	4,00	3,00	6,00	5,00	-	-
M4		1,30	-	-	4,00	4,00	5,50	4,50	-	-
M6		0,80	-	-	4,00	2,00	4,00	5,00	-	-
M7		1,00	-	-	4,00	2,00	1,75	8,75	-	-
M10		0,85- 1,00	-	-	4,00	2,00	-	8,00	-	-
M30		0,80	-	-	4,00	1,25	2,00	8,00	-	-
M33		0,90	-	-	4,00	1,15	1,50	9,50	-	-
M34		0,90	-	-	4,00	2,00	2,00	8,00	-	-
M35	P6M5K5	0,82- 0,88	0,15- 0,40	0,20- 0,45	3,75- 4,50	1,75- 2,20	5,5- 6,75	5,00	4,5- 5,5	до 0,30
M36		0,80	-	-	4,00	2,00	6,00	5,00	-	-
Высоколегированные HSS стали										
M41	P6M3K5Ф2	1,10	-	-	4,25	2,00	6,75	3,75	5,00	-
M42		1,10	-	-	3,75	1,15	1,50	9,50	8,00	-
M43		1,20	-	-	3,75	1,60	2,75	8,00	8,25	-
M44		1,15	-	-	4,25	2,00	5,25	6,25	12,00	-
M46		1,25	-	-	4,00	3,20	2,00	8,25	8,25	-
M47	P2AM9K5	1,10	-	-	3,75	1,25	1,50	9,5	5,00	-
M48		1,42- 1,52	0,15- 0,40	0,15- 0,40	3,50- 4,00	2,75- 3,25	9,50- 10,5	0,15- 0,40	8,00- 10,0	до 0,30
M50		0,78- 0,88	0,15- 0,45	0,20- 0,60	3,75- 4,50	0,80- 1,25	до 0,10	3,90- 4,75	-	до 0,30
M52		0,85- 0,95	0,15- 0,45	0,20- 0,60	3,50- 4,30	1,65- 2,25	0,75- 1,50	4,00- 4,90	-	до 0,30
M62		1,25- 1,35	0,15- 0,40	0,15- 0,40	3,50- 4,00	1,80- 2,00	5,75- 6,50	10,0- 11,0	-	до 0,30
M42		1,10	-	-	3,75	1,15	1,50	9,50	8,00	-
M43		1,20	-	-	3,75	1,60	2,75	8,00	8,25	-

Практический доказанно что любой режущий инструмент если изготовлен из стали быстрорежа HSS подвергнутый на нитроцементации, не уступает по твердости и по износостойкости из твердых сплавов типа «BK4, BK6, T15K10 и T5K10», по этому при снижении удельных затрат составляет на материал в Р6М5 и другие быстрорежущие стали 1,2 раза [3,4,7]. Это позволит нам дать рекомендации для предприятия, изготовит специальный режущий инструмент (планетарная режущая головка) из быстрорежущей стали для врезки отверстия к действующим магистральным трубопроводам, чтобы к ним под соединить новый питающие линии трубопроводов до 2,5 МПа, (особенно в целях использование из водопроводных и теплофикационных сетях рис.2) [1,2].

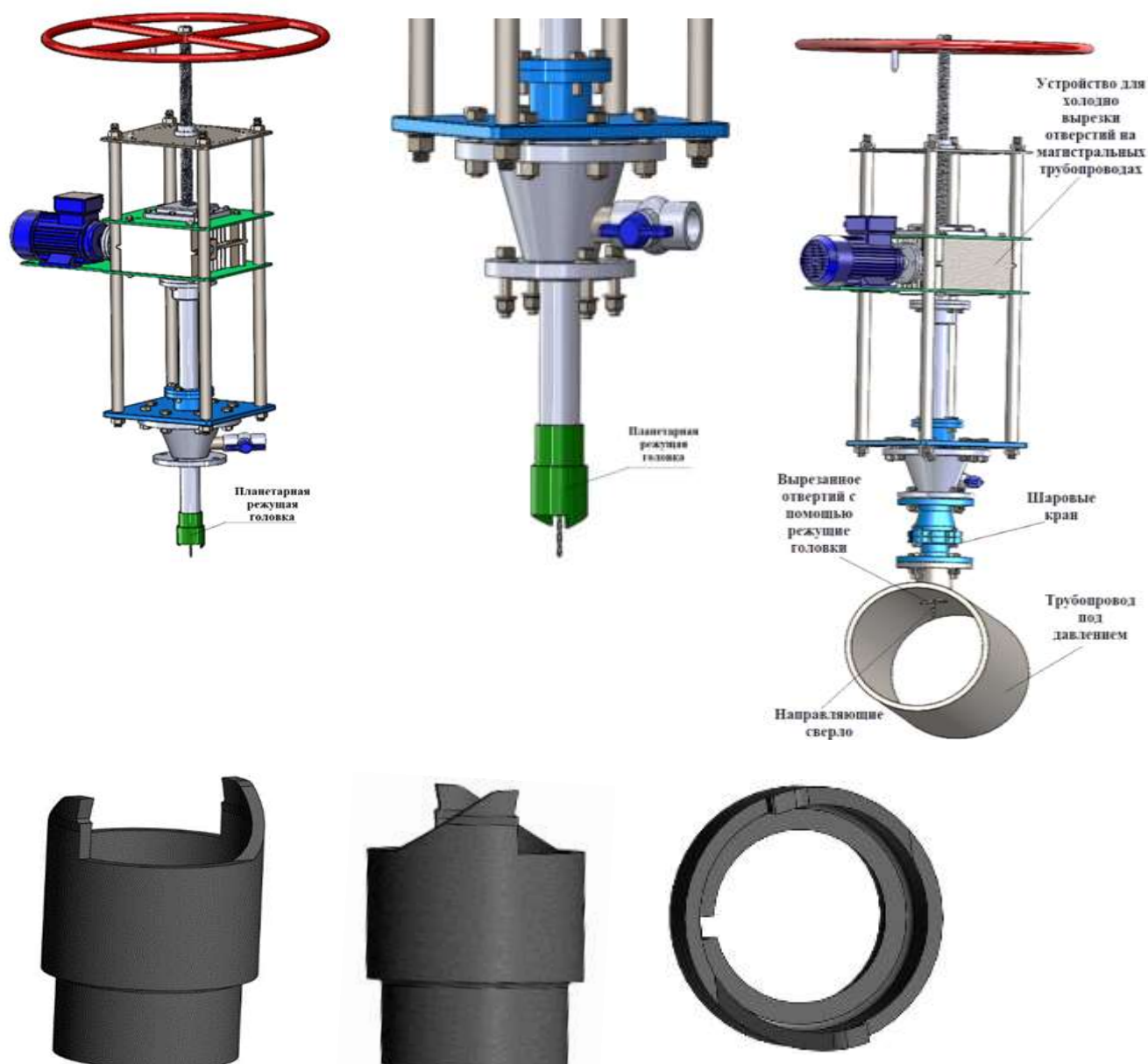


Рис-1. Проектируемая режущая головка из материала HSS и устройство для вырезки отверстий к действующим магистральным трубопроводам до 2,5 МПа.

Инструмент с содержанием вольфрама (W), будет обладает очень полезными режущими свойствами и таким качеством как красностойкостью. Это позволяет инструментам сохранять острую твердость и острую режущую кромку при температурах красного каления (до 530°C). Еще больше увеличивает красностойкость и износостойкость- Кобальт (К).

M1. Используется для производства сверл, различного диапазона применения. Сталь M1 обладает меньшей красностойкостью, чем сталь M2, но наименее восприимчива к ударам, является более гибкой.

M2. Самый распространенный материал для производства инструментов из HSS сталей. M2 долго сохраняет свою режущую кромку и обладает хорошей красностойкостью, в отличие от других HSS сталей с меньшим содержанием вольфрама. Применяется обычно для изготовления инструментов при высокопроизводительных машинных работах, например в сверлильных станках.

M7. Используется для сверл тяжелой конструкции при сверлении твердого листового металла. Такая HSS сталь применяется там, где необходима гибкость и увеличенный срок службы.

M50. Используется для изготовления сверл, которые применяются при сверлении на портативном оборудовании. Не имеет такой красностойкости как остальные HSS стали с содержанием вольфрама

M35. Сталь M35 имеет более высокую красностойкость по отношению к M2. При этом кобальт несколько снижает стойкость к ударным нагрузкам.

M42. Сталь M42 "Super Cobalt" имеет превосходную стойкость к истиранию и высокую красностойкость. Используется при работах по вязким и сложным материалам.

HSS-R (или просто HSS) - обозначение на изделиях, которые прошли роликовую прокатку и термическую обработку. Такие изделия имеют наименьшую стойкость.

HSS-G - обозначение на изделиях, которые изготовлены из HSS сталей, режущая часть отшлифована CBN (кубическим нитридом бора). Изделия обладают повышенной стойкостью и меньшим радиальным биением. Инструменты HSS-G – наиболее распространены, они применяются для решения стандартных задач.

HSS-E – в изделия из HSS стали типа M35 добавляется кобальт. Используется при работах по вязким и сложным материалам. Еще встречается такая маркировка как HSS Co 5 и HSS Co 8, которая указывает содержание кобальта 5 и 8%

HSS-G TiN – такая маркировка указывает на напыление нитрида титана. Такое покрытие позволяет повысить поверхностную твердость приблизительно на 2300 HV и термостойкость до 600°C.

HSS-G TiAlN - поверхность изделий с напылением титан-алюминий-нитрида. Такое покрытие позволяет повысить поверхностную твердость приблизительно на 3000 HV и термостойкость до 900°C.

HSS-E VAP - VAP-используется для обработки нержавеющей сталей (V2A и V4A). Получается путем "выпаривания" оксидного неметаллического слоя. Таким образом снижается налипание стружки заготовки на поверхности инструмента, которое может привести к поломке изделия. В результате улучшается качество поверхности и благодаря VAP улучшается адгезия СОЖ с поверхностью инструмента.

Обозначение иностранных производителей не полностью раскрывает химический состав HSS стали, из которой изготовлены режущие инструмент. Тому или иному инструменту отводится определенная задача, которая описывается в каталоге. Другие детали можно выяснить определив химический состав, это можно сделать с помощью портативного анализатора металлов или же провести тестирование изделий опытным путем [7,8].

Ожидаемый результат:

- практический доказанно что можно заменить режущие головки изготовленные на иностранном производстве с установкой твердые сплавы на который изготовлен и проектирован с местным проектировщиком.

- местный проектированный режущий головка уступает по всему параметрам от заграничного аналога.

- местный проектированный режущий головка удобно для вырезки отверстий особенно на трубопроводах для всех промышленности, это даст возможности экономит время выполнение работ и денег для всех промышленности Республики Узбекистан.
- быстрорежущие сплавы относительно дешевле чем вольфрамовая сплавы.
- реализации проектирование режущие инструменты (разного вида) для обработки металлов на штучный производстве гарантирует эконом валютного средство в промышленности республики.

Список литературы

- [1]. Артамонов Е.В., Ефимович И.А., Смолин Н.И., Утешев М.Х. Напряженно-деформированное состояние и прочность режущих элементов инструментов. — М.: Недра, 2001.-199 с.
- [2]. Andilevko S.K., Shilkin V.A., Usherenko S.M. Some Results of the Experimental Investigations of the Super-Deep Penetration. // Shock Waves in Condensed Matter.: Proc. of Int. Cent. St. Petersburg, Russia, July 18-22, 1994. 25с.
- [3]. Бобров В.Ф., Грановский Г.И., Зорев Н.Н. Развитие науки о резании металлов. М.: Машиностроение. - 1967. - 416с.-15211. Боровский С.М. Повышение эксплуатационных свойств режущего инструмента методом ионной имплантации. Талъятти. - 1998. -245с.
- [4]. Бойко В.М., Муравьев В.И. Повышение эксплуатационных характеристик инструментальных сталей // Металлургия машиностроения. — 2003. № 3. - С.3 - 5.
- [5]. Белоус В.А., Носов Г.Н. Ионное азотирование сталей в дуговом разряде низкого давления // Технология машиностроения. 2004. - №3. -С. 35-39.
- [6]. Воробьева Г.А. Инструментальные материалы [Электронный ресурс]:учебное пособие.- Электрон. текстовые данные. - СПб.: Политехника, 2016.- 271 с.- Режим доступа:
- [7]. Kirsanov S.V. Material cutting and cutting tools: study aid / S.V. Kirsanov; Tomsk Polytechnic University. – Tomsk: TPU Publishing House, 2012, 196 p.
- [8]. Krivchenko A.L. The1 cavitations model of super deep particles penetration* // New models and numerical codes for shock wave processes in condensed media: Proc. of Int. Workshop. St. Petersburg: 1995.
- [9]. Dasa D. Correlation of microstructure with wear behavior of deep cryogenically treated AИЦИD2 steel / D. Dasa, A.K. Duttal, K.K. Rayal // Wear. -2009. - V. 267. - P. 1371-1380.
- [10]. Dowden J. The Theory of Laser Materials Processing./ J. Dowden. Springer, Canopus Acad. Publ. Ltd, 2009. - 387 p.

УДК 624.012: 691.32

КОМБИНАЦИЯЛАШГАН АРМАТУРАЛИ БЕТОН ТЎСИНЛАРНИНГ
МУСТАҲКАМЛИГИ ВА ЎЗИГА ХОС ХУСУСИЯТЛАРИ

Р.А. Мавлонов, С.Ж. Раззақов

Наманган муҳандислик-қурилиш институти
(Қабул қилинган 21.09.2023 й.)

Мазкур мақолада композит арматураларнинг турлари, физик-механик хоссалари, уларнинг қўлланилиши, комбинациялашган пўлат ва композит арматурали бетон тўсинлар бўйича хорижий тажрибалар, муҳандислик таҳлиллари ҳамда олинган илмий хулосалар келтирилган.

Таянч сўзлар: композит арматура, пўлат арматура, шиша композитли, базальт композитли, углекомпозитли, арамид композитли, комбинацияли арматураланган бетон тўсин, мустаҳкамлик, деформацияланувчанлик.

The article presents the types of composite reinforcement, physical and mechanical properties, their application, foreign experience, engineering analysis and scientific opinions obtained on combined reinforced steel and composite concrete beams

Keywords: FRP bar, steel bar, GFRP, BFRP, CFRP, AFRP, combined reinforced concrete beam, strength, deformability

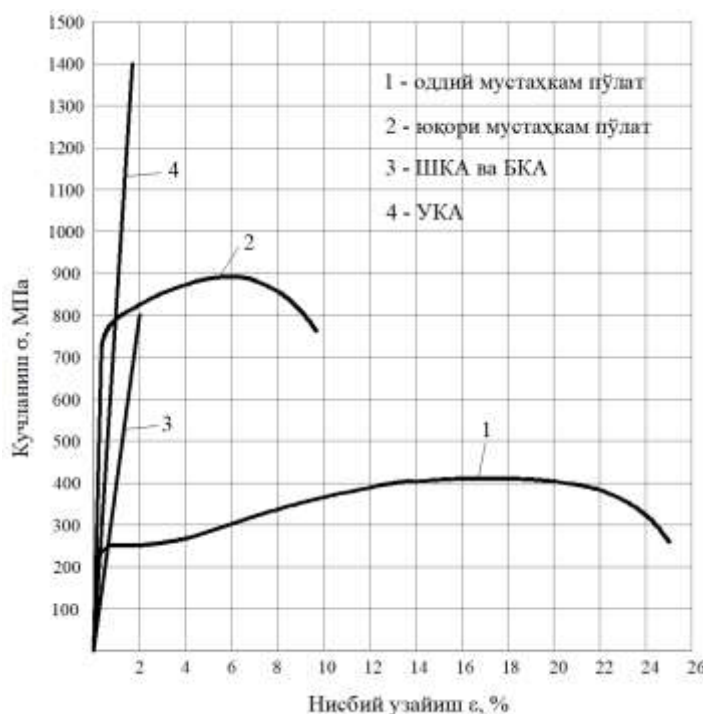
В статье приведены виды композитной арматуры, физико-механические свойства, их применение, зарубежный опыт, инженерный анализ и полученные научные заключения по комбинированно-армированным стальным и композитным бетонным балкам.

Ключевые слова: композитная арматура, стальная арматура, стеклокомпозит, базальтокомпозит, углеродный композит, арамидный композит, комбинированно-армированная железобетонная балка, прочность, деформируемость.

Композит полимер материаллар анъанавий конструкциявий қурилиш материалларига муқобил бўлиб, замонавий қурилишга жадал кириб келмоқда. Ҳозирги кунда композит материалларнинг жаҳон бозори иқтисодиётидаги ҳажми 60 млрд еврога яқин ва унинг бутун дунё бўйича ишлаб чиқарилиши 8 млн тоннадан ортиқни ташкил этади [1].

Композит арматураларнинг яратилиши кимё саноатининг жадал ривожланиши билан ҳамроҳ бўлиб бораётган бўлиб қолмоқда. Бир қатор давлатларда, жумладан, Собик Иттифок, АҚШ, Германия, Англия, Нидерландия, Япония ва бошқа кўпгина ривожланган мамлакатларда XX асрнинг 60-йилларида композит арматураларни яратиш ҳамда уларни тадқиқ қилиш устида қатор илмий - тадқиқотлар амалга оширилган бўлиб қолган эди [1,2,4].

Композит қурилиш материаллари орасида композит арматуралар алоҳида ўрин тутаяди. Хорижий адабиётларда fiber reinforced polymer rebar (FRP rebar) деган терминни кўп қўлланган учратиш мумкин. Композит арматура бу базальт, шиша, углерод ёки аралаш толаларни термопластик полимер бириктирувчи билан синдирилган, сирти силлиқ ва даврий профилли ёки кремний компоненти билан сиртига ишлов бериш орқали олинган стергендир. Тола турига



1-расм. Пўлат ва композит арматураларнинг чўзилиш диаграммалари.

караб композит арматураларни шиша композитли (ШКА), базальт композитли (БКА), углекомпозитли (УКА) ва арамид композитли (АКА) каби турларга бўлиш мумкин [1,2,3]. УКА, ШКА ва БКА ларнинг статик юк остида кучланиш-деформацияланиш диаграммаси чизиқли бўлиб, оқувчанлик чегараси кузатилмайди ва худди мўрт материалларга ўхшаб тўсатдан узилади, нисбий узайиши эса УКА учун 1,7 бўлса, ШКА ва БКА лар учун 2 % га тенгдир (1-расм). Нисбий узайиш оддий мустаҳкам пўлатларда 25 % гача бўлса, юқори мустаҳкамликка эга бўлган пўлатларда 9 % ни ташкил этади. Лекин, УКАларнинг мустаҳкамлиги 1400 МПа гача етса, ШКА ва БКА ларда 800 МПа, бу кўрсаткич оддий мустаҳкамли пўлатларда 400 МПа бўлса, юқори мустаҳкамли пўлатларда 900 МПа га етишини кўриш мумкин. Бундан ташқари композит арматуралар коррозиябардош, магнит майдонига таъсирчан эмаслиги, енгил ҳамда ҳарорат таъсиридаги чизиқли кенгайиш коэффициентлари бетон материалиниқига яқин ҳамда диэлектриклик хусусияти ҳам мавжуд.

1-жадвал.

Арматураларнинг асосий физик-механик хоссалари

Характеристикалари	Кўрсаткичлар			
	ШКА	БКА	УКА	Пўлат арматура
Чўзилишдаги вақтинчалик қаршилиги, МПа	1300 (800)	1300 (800)	1500 (1400)	1000
Чўзилишдаги эластиклик модули, ГПа	55-65 (50)	60-70 (50)	135-150 (130)	200
Сиқилишдаги чегаравий мустаҳкамлиги, МПа	500 (200)	500 (200)	1000 (200)	500
Кўндаланг қирқилишдаги чегаравий мустаҳкамлиги, МПа	(150)	(150)	(350)	-
Нисбий узайиши, %	(1,6)	(1,6)	(1,1)	25
Юк остида ишлаш характери (кучланиш-деформацияланиш диаграммаси)	чизиқли			чизиқли бўлмаган
Ишқорий муҳитда чўзилишдаги чегаравий мустаҳкамлигининг камайиши, %	(25)			-
Чегаравий ишлаш ҳарорати, °С	- 70 дан +100 гача (- 40 дан +50 гача)			-
Зичлиги, кг/м ³	1900-2000			7850
Электр ўтказувчанлиги	диэлектрик		-	электр ўтказувчан
Магнитлик хусусияти	диамагнетик			магнитлик хусусияти мавжуд
Коррозиябардошлиги	коррозияга учрамайди			коррозияга учрайди

Изоҳ: қавс ичида кўрсатилган қийматлар ҚМҚ 2.03.04-18 да келтирилган қийматлардир.

Композит арматураларнинг афзалликларидан ташқари камчиликлари ҳам мавжуддир. Композит арматураларни кенг миқёсда қўлланилишини чекловчи асосий камчилиги эластик модулининг пастлигидир (ШКА ва БКА учун 50000 МПа, УКА учун 130000 МПа га тенг бўлса, пўлатники эса 200000 МПа). Эластик модулининг кичик бўлганлиги туфайли, унинг бу хусусияти конструкцияларнинг дарзбардошлиги ва бикрлигига салбий таъсир кўрсатади. Бу ҳолатни пўлат ва композит арматураларнинг физик-механик хусусиятлари ўзаро таққосланган 1-жадвалдан ҳам кўриш мумкин.

Темирбетон конструкциялардаги пўлат арматуранинг коррозияси конструкциянинг узоқ муддат ишлашига тўсқинлик қилиб, айниқса, очиқ шароитда ишлаганда хавф даражасини ошишига сабаб бўлади. Умумий ҳолда бугунги кун қурилиш назарияси билан қаралганда, бетонда юқори ишқорий муҳит мавжудлиги ва арматуралар юзасида пассив химоя плёнкаси ҳосил бўлиши туфайли пўлат арматуралар коррозиядан нисбатан

химояланганлигини кўриш мумкин. Шу билан бирга, карбонатланиш туфайли бетоннинг ишқорийлиги вақт ўтиши билан камаяди ва кислород, нам ҳамда турли агрессив кимёвий моддалар туфайли арматураларда занглаш жараёни бошланади [2,3,6]. Бироқ занглаш бир вақтнинг ўзида барча арматураларда содир бўлмайди. Коррозия дастлаб четки сиртга яқин жойларда, айниқса, конструкциянинг бурчакларида содир бўлади. Мазкур ҳодиса юқори карбонатланиш тезлиги, кислород ва намликнинг осон кириши ва бурчаклардаги бетоннинг емирилишга мойиллиги ҳамда ғоваклиги юқори бўлганлиги сабабли содир бўлади. Ташқи сиртга яқин жойлашган арматуралар химоя қатламини ташкил этувчи бетоннинг емирилиши, ичкарида жойлашган арматураларнинг ҳам коррозиясини тезлаштиради [4,5,6,7,10].

Қайта мустаҳкамлаш ва кучайтириш ишлари туфайли конструкция таннархининг ошиши, муқобил бўлган техник ечимлар топиш масаласини қўйди. Анъанавий занглашга қарши курашиш зангламайдиган металл, катронли қопламалар, катодли химоя, кимёвий қўшимчалар ва бетон юзасининг қарови каби ишларни амалга ошириш билан боғлиқдир, лекин бу жараёнлар қиммат, ёки бўлмаса конструктив жиҳатдан чеклангандир [5,7,8].

Ўтган йиллар давомида композит арматураларнинг чўзилишдаги мустаҳкамлигининг юқорилиги ва зангламаслиги туфайли, янги қурилиш ва кучайтириш ҳамда қайта тиклаш ишларида пўлат арматуранинг муқобил варианты сифатида қўлланилишига асос бўлди. Бироқ, уларнинг узилишига қадар чўзилишдаги ҳолати чизикли эластик хусусиятни намоён қилиши кўриниб қолди. Мазкур ҳолат конструкцияни композит арматура билан ички арматуралашда мўрт бузилишга мойиллигини кўрсатади. Композит арматуралар билан арматураланган бетон тўсинларни лойиҳалаш мезонлари АСІ 440.1R-06 (АҚШ) йўриқномасига мувофиқ, сиқилишдаги бетоннинг деформациясидан фойдаланиш орқали тўсинни эгилувчанлигини оширишга қаратилган композит арматураларнинг узилишидан кўра бетоннинг бузилишига асосланган. Шунингдек, БКА ва ШКАларни ўз ичига олган композит арматураларнинг эластиклик модули сезиларли кичик бўлиб, одатдаги бетонниқидан тахминан 2 марта кўп [2,3,4]. Шу сабабли, БКА билан арматураланган бетон тўсинлар, бир хил ўлчамли ва бир хил миқдорда пўлат арматура қўлланилган тўсинларга нисбатан дарзлар очилиш кенглиги ва солқилик қийматлари катталиги билан бизга маълум [7,8,9,11].

Бинобарин, тўсинларни лойиҳалаш мезони бетоннинг эзилиши сабабли бузилиши мувозанатлашган арматуралаш фоизига нисбатан катта бўлган арматуралаш фоизини таъминлашга асослангандир. Бу одатда композит арматураларнинг нисбатан юқори нарх туфайли конструкциянинг таннархини нисбатан ошишини англатади. Оддий қаралганда, солқилик ва дарзлар очилиши жуда муҳим бўлган элементларда пўлат арматурани композит арматура билан алмаштириш қулай эмасдек кўринади. Лекин, тўсинларни арматуралашда пўлат ва композит арматура билан комбинациялашган (гибрид) арматуралаш орқали уларни қўлланилиш соҳасини кенгайтириш мумкин. Яъни, композит арматуралар ташқи чўзилувчи сиртга яқин қилиб ўрнатилса, пўлат арматуралар эса унга нисбатан ичкарида (чуқурроқ) жойлашади натижада пўлат арматуралар етарли даражада химоя қатламига эга бўлади. Бетоннинг чўзилувчи зонасида композит арматура ва пўлат арматурани комбинациялашган ҳолатда қўллаш тўсиннинг узок яшовчанлигини оширади ва таннархини камайтиради. Пўлатнинг оқувчанлик кўрсаткичи эгилувчанликни таъминласа, композит арматура эса тўсиннинг юк кўтариш қобилиятини таъминлашга хизмат қилади [9,10,12].

Комбинациялашган арматурали бетон тўсинлар устида дунё бўйича жуда кўп олимлар экспериментал ва назарий тадқиқотлар олиб борганлар, жумладан, Nguyen Phan Duy ва Dang Vu Hiep [3], Arya, Ofori-Darko ва Pirathapan, Maria Antonietta Aiello ва Luciano Ombres [4], Wen-Jie Ge [13], R.Hawileh, B.Jia, Ilker Fatih Kara, Ashraf F. Ashour, Mehmet Alpaslan Koroğlu, Seongeun Kim ва Seunghun Kim [11], Denvi Lau ва Hoat Joen Pam [7], H.Y.Leung ва R.V.Balendran [5], Mohamed A. Safan [2], Antonio Nanni, Markus J. Henneke ва Tadashi Okamoto, Lei Pang, Qin Renyuan [8], Wenjun Qu [6], Zeyang Sun [12], Suzan A.A. Mustafa ва Hilal A. Hassan, Xiangjie Ruan [14], Gu Xingyu, Yang Yang, Mariam Zaki, Jiwen Zhang, Фролов

Н.В., К.Нemalatha ва бошқалар шу соҳада тадқиқотлар олиб бориб маълум даражада илмий натижаларга эришганлар.

Комбинациялашган арматуралаш бўйича дастлаб *Arya, Ofori va Pirathapan* томонидан фикрлар берилган. Бунда бетон ҳимоя қатламини ошириш орқали пўлатни занглашдан асраш ва бу тадбирни самарали бўлиши мумкинлиги таъкидланган, чунки карбонлашиш ва намликнинг кириб бориши вақт функциясининг квадрат илдизига мос келади. Унинг илмий мактаби тадқиқотчилари томонидан ўтказилган тадқиқотларда, ШКА турли хил диаметрларда қўлланилган бўлиб, қўшимча арматуралашни таъминлаган ва пўлат арматуранинг 20, 30 ва 80 фоизини ташкил этган. Барча тўсин намуналар пўлат арматура чуқурроқ жойлашган назорат тўсиннинг назарий чегаравий моментнинг 55 % га тўғри келган ҳисобий момент қийматига қадар синалган. Ушбу юкланишлар оралиғида, ШКА нинг жойлашиши юк-солқилик реакцияси ва дарз ҳосил қилувчи юкларни сезиларли ўзгармаслигини кўрсатган, шу билан бирга дарзлар очилиш кенглиги сезиларли камайиб меърий қийматларга мос келган.

Кейинчалик *Tan* томонидан пўлат арматура ва арамид композит арматурани комбинациялашган арматурали бетон тўсинлар устида синовлар ўтказилган. Синовлар натижасида у арамид композит арматура ва пўлат арматуралаш фоизини ўзгартиш орқали юкнинг чегаравий қийматида арамид композит арматура томонидан таъминланган чўзувчи кучлар ҳиссаси мавжудлигини кўриб чиққан. Тадқиқотчининг хулосаларига кўра синалган намуналар арамид композит арматурадаги чўзувчи кучнинг ҳиссаси тўла чўзувчи кучнинг арамидан ошмаганида узоқ муддат хизмат қила олиши таъкидлаб ўтилган.

Aiello va Ombres томонларидан пўлат ва арамид композит арматура билан арматураланган бетон тўсинларнинг солқилиги ва узоқ муддат хизмат қилиши ўрганилган. Уларнинг экспериментал ва назарий тадқиқотлари натижалари етарли миқдорда пўлат арматура қўшилган комбинациялашган арматурали бетон тўсинларнинг узоқ яшовчанлик муддати ошишини тасдиқлаган. Улар ACI318-95 томонидан таклиф этилган пўлат арматурали темирбетон тўсинлар, ACI 440R-96 да тақдим қилинган композит арматурали бетон тўсинлар учун ишлаб чиқилган инерция моментининг ҳисобий моделларини тўғрилашларсиз комбинациялашган арматурали бетон тўсинлар учун қўллаш мумкин эмас учун деган хулосаларга келишган [4].

Етарли миқдорда композит ва пўлат арматуралар нисбатини танланиши, комбинациялашган арматурали бетон тўсинлар тўла композит арматура қўлланилган тўсинга нисбатан камроқ деформацияланишини кўрсатади. Пўлат арматуранинг мавжудлиги дарзлар сони ва уларнинг очилиш кенглиги камайишига сабаб бўлади. Шунингдек, композит арматурали тўсинларнинг арматуралаш фоизи мувозанатлашган арматуралаш фоизидан ортиб кетганда, тўсиннинг эгилувчанлигида пўлат арматуранинг ҳиссаси 15 % дан кичик бўлади. Комбинациялашган пўлат-композит арматурали бетон тўсинларнинг эгилишини олдиндан баҳолаш учун бетоннинг чўзилишдаги бикрлигини ҳисобга олган ҳолда кўндаланг кесимлар учун момент-эгрилик қонуниятига асосланган моделдан фойдаланиш мумкин бўлади.

*Leung va Balendran*лар томонидан ШКА ташқи сиртга яқинроқ ва пўлат арматуралар эса ичкарида қилиб жойлаштирилган ШКА ва пўлат арматура билан комбинациялашган арматурали бетон тўсинлар устида тадқиқотлар олиб борилган. Улар комбинациялашган арматурали бетон тўсинларда пўлат арматура оқувчанлик чегарасидан сўнг тўсиннинг бикрлиги ошишини ҳамда ШКА фойдали бўлганлигини аниқлашган. Комбинациялашган арматурали тўсинларнинг эгилишдаги мустаҳкамлиги пўлат арматурали ҳамда композит арматурали тўсинлардан юқори бўлган. Комбинациялашган арматурали тўсинларда юқори мустаҳкам бетонларни ишлатилиши тўсиннинг эгилишдаги мустаҳкамлигига сезиларли ошириш билан бирга, қия кесим бўйича мустаҳкамлигига ҳам қисман таъсир кўрсатади [5].

Кейинчалик *Qu, Zhang va Huang*лар томонидан пўлат ва ШКАни бир хил сатҳли ва бурчакларга ШКАни жойлаштириб комбинациялашган арматурали бетон тўсинларнинг конструкциявий хусусиятлари бўйича назарий ва экспериментал тадқиқотлар олиб борилган.

Композит арматуралар қўлланилган бетон тўсинларга нисбатан, меъёрида пўлат ва ШКА қўлланилган тўсинларнинг эгилувчанлиги, узоқ муддатга хизмат қилиши ва юк кўтариш қобилияти юқорилигини кўрсатган [6]. Бундан ташқари Вьетнамлик Nguyen Phan Duy ва Dang Vu Нерлар томонидан мазкур йўналишда салмоқли ишлар амалга оширилган. Улар ШКА ва пўлат арматура билан комбинациялашган арматурали бетон тўсинларнинг бузилиш шакллари ва уларга мос назарий ҳисоблар, шунингдек, дарзбардошлик моментини аниқлаш, арматуралаш фоизларини белгилаш ҳамда арматуралаш фоизи ўзгаришини тўсинга таъсири ва узоқ муддатли юклама остида солқиликлар бўйича назарий ва экспериментал тадқиқотлар олиб боришган. Хорижий тадқиқотчилар томонидан комбинациялашган арматурали бетон тўсинлар бўйича ўтказилган экспериментал тадқиқотлар 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал.

Тадқиқотчилар томонидан комбинациялашган арматурали бетон тўсинлар устида олиб борилган тадқиқотлар кўрсаткичлари ва параметрлари

Манбаа	Белгиланиши	Композит арматура тури	l , мм	b , мм	h , мм	l_0 , мм	R_m , МПа	R_f , МПа	E_f , ГПа	R_s , МПа	d_f , мм	A_f , см ²	μ_f , %	d_s , мм	A_s , см ²	μ_s , %	A_f/A_s
Nguyen Phan Duy ва Dang Vu Нерлар [3]	B1 (D)	ШКА	2700	150	250	2400	41,6	970	44,3	412	10	1,225	0,36	10	1,57	0,52	0,78
	B2 (D)						37,0				10	1,225	0,35	12	2,26	0,73	0,54
	B3 (D)						39,2				10	1,225	0,37	14	3,08	1,07	0,40
	B4 (D)						41,0				14	2,649	0,8	10	1,57	0,52	1,69
	B5 (D)						44,3				14	2,649	0,79	12	2,26	0,78	1,17
	B6 (D)						38,2				14	2,649	0,78	14	3,08	1,02	0,86
	B7 (D)						40,9				14	3,974	1,19	10	1,57	0,51	2,53
	B8 (D)						41,0				14	3,974	1,16	12	2,26	0,74	1,76
	B9 (D)						42,9				14	3,974	1,11	14	3,08	1,01	1,29
M.A.Aiello ва L.Ombres [4]	A1 (D)	АКА	3000	150	200	2700	45,7	1674	49,0	465	7,5	0,883	0,34	8	1,0	0,45	0,88
	A2 (D)							1366	50,1		10	1,57	0,60	8	1,0	0,45	1,57
	A3 (D)							1366	50,1		10	2,36	0,90	12	2,26	1,0	1,04
	C1 (S)							1674	49,0		7,5	0,883	0,34	8	1,0	0,80	0,88
Wenjun Qu ва бошқалар [6]	B3 (S)	ШКА	2100	180	250	1800	33,1	782	45,0	363	12,7	2,53	0,66	12	2,26	0,59	1,12
	B4 (S)						33,1	755	41,0	336	15,9	3,97	1,04	16	2,01	0,53	1,98
	B5 (S)						34,4	778	37,7	336	9,5	1,42	0,36	16	4,02	1,05	0,35
	B6 (S)						34,4	782	45,0	336	12,7	2,53	0,66	16	4,02	1,05	0,63
	B7 (S)						40,65	778	41,0	363	9,5	1,42	0,36	12	1,13	0,29	1,26
	B8 (D)						40,65	755	41,0	336	15,9	3,96	1,0	16	12,06	3,35	0,33
Denvid Lau ва Hoat Joen Pam [7]	G0.3MD1 (S)	ШКА	4600	280	380	4200	48	588	39,5	336	19	2,84	0,3	25	9,82	1,03	0,29
	G1.0T0.7 (S)						46	582	38	597	25	9,82	1,03	20	6,28	0,66	1,56
	G0.6T1.0 (S)						46,8	588	39,5	550	19	5,67	0,59	25	9,82	1,03	0,58
Seongeun Kim ва Seunghun Kim [11]	GFRP-40S (D)	ШКА	2400	150	250	2200	40,9	1118	48,0	446	13	2,53	0,81	9	1,43	0,60	1,77
	CFRP-40S (D)	УКА					40,9	1655	103		9	1,43	0,45	9	1,43	0,59	1,00
	GFRP-60S (D)	ШКА					61,7	1118	48,0		13	2,53	0,81	9	1,43	0,60	1,77
	CFRP-60S (D)	УКА					61,7	1655	103		9	1,43	0,45	9	1,43	0,59	1,00
Zeyang Sun ва бошқалар [12]	L-1 (S)	БКА	2200	220	300	2000	43,0	1145	49,0	400	10	2,36	0,39	10	2,36	0,39	1,0
	L-2 (D)							1145	49,0	400	10		0,39	10		0,45	
	L-4 (D)							1145	49,0	400	10		0,39	10		0,40	
	L-5							1145	49,0	400	10		0,39	10		0,40	
Mohamed A. Safan [2]	B10/6S (D)	ШКА	1350	100	200	1220	37,5	780	41,0	530	6	0,566	0,32	10	1,57	1,15	0,36
	B10/8S (D)							755	39,0	470	8	1,006	0,57	12	2,26	1,15	0,45
	B12/6S (D)							780	41,0	530	6	0,566	0,32	10	1,57	1,67	0,36
	B12/8S (D)							755	39,0	470	8	1,006	0,57	12	2,26	1,67	0,45
Wen-Jie Ge ва бошқалар [13]	HC (S)	БКА	1500	150	200	1400	30,16	1250	50,0	340	8	0,503	0,19	12	2,26	0,86	0,22
	HD (S)									403		1,006	0,38	10	0,785	0,30	1,28
	HE (S)									408		1,006	0,38	12	1,13	0,43	0,89
	HF (S)									403		0,503	0,19	10	1,57	0,60	0,32
	HG (S)									408		0,503	0,19	12	2,26	0,86	0,22
	HH (S)									507		0,503	0,19	12	2,26	0,86	0,22
Xiangjie Ruan ва бошқалар [14]	2G12-2S12 (S)	ШКА	1800	180	300	1600	37,9	868,22	40,06	517	12	2,26	0,47	12	2,26	0,47	1,0
	2G16-2S12 (S)							958,20	45,69	517	16	4,02	0,83	12	2,26	0,47	1,78
	2G12-1S16 (S)							868,22	40,06	540	12	2,26	0,47	16	2,01	0,41	1,12
	2G16-1S16 (S)							958,20	45,69	540	16	4,02	0,83	16	2,01	0,41	2,0
	2G12-2S12 (D)							868,22	40,06	517	12	2,26	0,47	12	2,26	0,51	1,0
	2G16-2S12 (D)							958,20	45,69	517	16	4,02	0,83	12	2,26	0,51	1,78
Waleed Abdullah ва бошқалар [15]	BS-1 (S) BS-2 (D)	БКА	1800	180	300	1600	37,9	1299,6	42,03	517	8	1,01 1,51	0,21 0,31	12	2,26	0,51	0,45 0,67

Изоҳ: S – single layer – арматурани чўзишувчи зонага бир қатор жойлаштирилиши; D – double layer – арматурани чўзишувчи зонага икки қатор жойлаштирилиши

ХУЛОСА

Композит арматуралар қурилишда янги замонавий материал ҳисобланиб, ўзига хос шароитларда юк кўтарувчи конструкцияларда асосий арматура сифатида қўлланилиши мумкиндир. Маълумки, бетон тўсинларда композит арматурани ишчи арматура сифатида қўлланишига, мавжуд ШНҚ 2.03.14-18 да тавсиялар берилмаган. Лекин мавжуд илмий фикр ва мулоҳазалар, уни тўсинларда пўлат арматура билан биргаликда комбинациялашган ҳолатда қўллаш орқали пўлат арматура коррозиясини олдини олишга ёрдам бериши мумкинлигини кўрсатади. Шу билан бирга мазкур мақола муаллифлари томонидан, кўплаб хорижий илмий манбаларни ўрганиш ва муҳандислик таҳлиллари асосида композит арматураларни қўллаш бўйича қуйидаги илмий хулосалар қилинди:

1. Композит арматураларнинг эластиклик модули камлиги учун уларнинг нисбий узайиши пўлатга нисбатан кичик бўлиб, оқиш майдончаси йўқлиги сабабли “аввалдан огоҳлантирмасдан” бузилишда тўсатдан узилади. Лекин, уларнинг чўзилишдаги мустаҳкамлиги пўлатникига нисбатан юқоридир. Шу ҳолатларни мувозонатлаш мақсадида, Ўзбекистон иқлим шароитларида ҳам комбинациялашган арматураларни тегишли ҳисоблар ва арматураларни тартиблаш орқали қўллаш усули тавсия этилади.
2. Бетон тўсинларда пўлат ва композит арматура биргаликда қўлланилганда, пўлат арматура тўсиннинг эгилувчанлигини таъминласа, композит арматура унинг мустаҳкамлигини таъминлашга хизмат қилади. Бу турли юкланиш ҳолатларида, конструкциянинг самарали ишлашига имкониятлар яратади.
3. Композит арматураларни комбинациялашган ҳолатда қўлланилиши ҳисобига, пўлат арматураларни коррозияланиш фоиз даражаси камаяди. Бунда тўсин қирраларидаги арматура химоя зонасини чегаравий қийматларини ўзгартириш имкониятини ҳам беради.
4. Композит арматураларнинг зичлиги, пўлатга нисбатан 4 марта кичик бўлганлиги умумий массани камайтиради ва ташиш ҳамда монтаж ишларида қулайликлар туғдиради, шу билан бирга конструкцияда диэлектрик ҳамда магнит майдонига берилувчанлиги паст даражада бўлган зоналар ҳосил бўлади.

Адабиётлар

- [1]. Antakov I.A. Features of Behavior of Flexural Members with Composite Polymeric Reinforcement under Load. Nauchno-texnicheskii i proizvodstvennyi jurnal. 2018. No. 5, pp. 15-18. (In Russian)
- [2]. Safan MA. Flexural behavior and design of steel-GFRP reinforced concrete beams. ACI Mater J 110(6):677
- [3]. Nguyen Ph.D., Dang V.H. Analytical Identification of Failure Modes and Design-Oriented Formulations in Hybrid FRP/Steel Reinforced Concrete Beams. International Journal of Civil Engineering.
- [4]. Aiello M, Ombres L (2002) Structural performances of concrete beams with hybrid (Fiber-reinforced polymer-steel) reinforcements. J Compos Constr 6(2):133–140.
- [5]. Leung HY, Balendran RV (2003) Flexural behaviour of concrete beams internally reinforced with GFRP rods and steel rebars. Struct surv 21:146–157.
- [6]. Qu W, Zhang X, Huang H (2009) Flexural behavior of concrete beams reinforced with hybrid (GFRP and Steel) bars. J Compos Constr 13(5):350–359.
- [7]. Lau D, Pam H (2010) Experimental study of hybrid FRP reinforced concrete beams. Eng Struct 32:3857–3865.
- [8]. Qin R, Zhou A, Lau D (2017) Effect of reinforcement ratio on the flexural performance of hybrid FRP reinforced concrete beams. Compos B Eng 108:200–209.
- [9]. Sunny, J.C., Prabhakaran, P., (2016). Experimental study on properties of concrete reinforced with basalt bars. , pp.1524–1529.
- [10]. Pang L et al (2015) Design propositions for hybrid FRP-steel reinforced concrete beams. J Compos Constr 20:04015086.
- [11]. Kim S, Kim S (2019) Flexural behavior of concrete beams with steel bar and FRP reinforcement. J Asian Archit Build Eng.
- [12]. Sun Z et al (2019) Experimental study on the flexural behavior of concrete beams reinforced with bundled hybrid steel/FRP bars. Eng Struct 197:109443
- [13]. Wen-Jie Ge et al (2019) Flexural Behavior of ECC–Concrete Hybrid Composite Beams Reinforced with FRP and Steel Bars. J. Compos. Constr., 2019, 23(1): 04018069
- [14]. Ruan, X., Lu, C., Xu, K., Xuan, G., Ni, M., Flexural behavior and serviceability of concrete beams hybrid-reinforced with GFRP bars and steel bars, Composite Structures (2019)
- [15]. Waleed A et al (2019) Flexural Behavior of Concrete Beams Reinforced With Hybrid FRP Bars and HRB Bars. IOSR Journal of Engineering (IOSRJEN)

УДК: 728.6.697.87

ЭНЕРГИЯТЕЖАМКОР БИНОЛАРНИ МЕЪЁРИЙ ҲУЖЖАТЛАР АСОСИДА
ЛОЙИҲАЛАШНИНГ ЎЗИГА ХОС ХУСУСИЯТЛАРИ

Н.Н. Норов, А.А. Бобоқулов, Ю.Ж. Худайназарова,
А.Х. Мингяшаров, М.А. Султонов

Тошкент архитектура-қурилиш университети

n.norov1971@mail.ru

(Қабул қилинди 5.10.2023 й.)

Ушбу мақолада энергия тежамкор биноларни лойиҳалашда тўпланган илғор хорижий тажрибалар таҳлил қилинган. Хусусан, хорижда тўпланган тажрибалардан мамлакатимизда фойдаланиш истиқболлари, шунингдек, ушбу соҳани ривожлантириш бўйича қабул қилинган меъёрий-ҳуқуқий ҳужжатларнинг мазмун ва моҳияти ёритилиб, соҳани такомиллаштириш борасида таклифлар ва тавсиялар келтирилган.

Таянч сўзлар: қуёш ва шамол энергия манбалари, энергия тежамкор бинолар, пасив қуёш иситиш тизими, актив қуёш иситиш тизими, тўсиқ конструкциялар, юқори технологияли бино, соғлом бино, ресурс.

В данной статье осуществлен анализ зарубежного опыта использования в строительстве энергоэффективных зданий. В частности, освещены перспективы использования зарубежного опыта в условиях Узбекистане, также содержание и сущность принятых нормативно-правовых актов по развитию данной сферы, приведены предложения и рекомендации по усовершенствованию данной области.

Ключевые слова: солнечные и ветровые источники энергии, энергосберегающие здания, пассивная солнечная система отопления, активная солнечная система отопления, барьерные конструкции, высокотехнологичное здание, здоровое здание, ресурс.

This article analyzes the foreign experience of using energy efficient buildings in the construction. In particular, the prospects for the use of foreign experience in the conditions of Uzbekistan are sanctified, as well as the content and essence of the adopted normative legal acts for the development of this area, proposals and recommendations for improving this area are given.

Key words: solar and wind energy sources, energy saving buildings, passive solar heating system, active solar heating system, barrier structures, high-tech building, healthy building, resource.

Кириш. Ривожланган мамлакатларда, жумладан АҚШ, Германия, Россия, Дания, Италия, Финляндия, Нидерландия, Япония ва бошқа давлатларда бугунги кунда қуёш қурилмалари билан жиҳозланган энергия самарадор ва энергиятежамкор биноларнинг янги турларини яратишга алоҳида эътибор қаратилмоқда [2].

Ҳозирги даврда илғор хорижий давлатларда ишлаб чиқилган комплекс дастурларнинг асосий йўналиши бинолар ва уларнинг ташқи тўсиқ конструкцияларининг иссиқлик химоялаш даражасини оширишга қаратилган. Бугунги кунда қазиб олинаётган ёқилғи-энергетика ресурсларининг 50% га яқини биноларнинг иссиқлик таъминотида сарф бўлмоқда. Ушбу ресурсларнинг нархи кун сайин ортиб, захиралари камайиб бормоқда. Шу мақсадда биноларнинг энергия самарадорлигини ошириш учун нафақат биноларни лойиҳалаш жараёнида тадбирлар кўрилиши, балки уларни қуриш ва фойдаланиш жараёнларининг самарадорлигини оширишга алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Жаҳонда бинолар ташқи тўсиқ конструкцияларининг иссиқлик химоясини етарлича таъминлашда замонавий материалларнинг иссиқлик ўтказмаслик хусусиятларини тадқиқ қилиш асосида самарали усуллари аниқлашга қаратилган илмий тадқиқот ишлари кўпайиб бориб келмоқда. Ушбу йўналишда, жумладан, замонавий энергиятежамкор қурилиш материалларини, йиғма конструкцияларини ишлаб чиқаришни кўпайтириш, енгил ва иссиқлик узатишга қаршилиги жиҳатидан самарали конструкциялардан тез барпо этиладиган бинолар қурилишини йўлга қўйиш бўйича тадқиқотлар устувор ҳисобланмоқда.

Биоларнинг ташқи тўсиқ конструкцияларига кўшимча иссиқлик изоляция қатлами ўрнатиш, биолар энергия самарадорлигини ошириш долзарб вазифалардан ҳисобланмоқда [5].

Республикамизнинг қурилиш соҳасида энергияни тежаш ишларини амалга оширишда иқтисодий тежамкор ва ишончли усулларни ишлаб чиқиш ва амалиётга татбиқ этиш юзасидан кенг қамровли чора-тадбирлар амалга оширилиб, муайян натижаларга эришилмоқда. 2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида, жумладан, “қурилиш соҳасида энергияни тежаш ҳамда тўсиқ конструкцияларнинг энергиясамарадорлигини ошириш, қурилиш ва лойиҳалаштириш ишлари сифатини ошириш ҳамда уй-жой-коммунал хўжалиги, ижтимоий соҳа объектлари ва бошқа соҳаларда қайта тикланувчи энергия манбаларини кенг жорий этиш ва энергия самарадорлигини ошириш” бўйича муҳим вазифалар белгилаб берилган [1]. Мазкур вазифаларни амалга оширишда ва биоларда қулайлик ва шинамлиқ яратиш, унинг хизмат муддатини ошириш, лойиҳалашнинг самарали ечимларини, ер ости қисмларидан самарали фойдаланишда жаҳон тажрибасини ўрганиш ва мамлакатимизда қурилиш соҳасида қўллашда муҳим аҳамият касб этмоқда [1].

Республикамизда намунавий лойиҳалар асосида олдин қурилиб, ҳозирда фойдаланилаётган турар-жой биолари инновацион дастурлар бўйича реконструкция қилинадиган бўлса, имкониятдан фойдаланиб, янги меъёрлар бўйича ушбу биолар энергия самарадорлиги оширилиши бугунги кунда муҳим аҳамият касб этади.

Умуман энергиятежамкор биолар қандай бўлиши лозимлиги тўғрисида жиддий фикр юритишлар ўтган асрнинг охирларидан бошланди. Бу борада хорижий ва маҳаллий мутахассисларни аввало, электр энергияси ва биони истиштишга кетадиган иқтисодий сарф-харажатларни тежаш масалалари кизиқтирди. Улар томонидан олиб борилган чуқур изланишлар натижасида, бионинг умумий энергия тежамкорлигига нафақат ташқи тўсиқ конструкцияларини изоляцияси ёки биони иситиш тизими каби маълум омиллар, балки олдинлари ҳеч қачон ҳисобга олинмаган биони нисбатан қуёш ориентациясига қараб қуриш, биони ҳажмий тархий ечими ва ҳокозалар ҳам таъсир қилиши аниқланди.

Ўтган йиллар мобайнида ота-боболаримиз ушбу қонидани неча асрлар олдин билишгани, биоларни лойиҳалашда ва қуришда унга катта аҳамият берганларини алоҳида таъкидлаб ўтиш мумкин.



1-расм. Биоларда иссиқлик йўқотилиши даражаси.

Асосий қисм. Маълумотларга кўра, биноларда иссиқлик йўқотилиши даражаси ҳаво алмашилиш тизими орқали 30-40 фоиз, томдан 10-25 фоиз, дераза ва эшиклардан 15-25 фоиз, деворлардан 20-30 фоиз ва пол орқали йўқотиш эса 5-10 фоизни ташкил этади. Ҳозирги даврда асосий эътибор қишлоқ турар-жой биноларининг энергия истеъмолини пасайтиришга қаратилмоқда [7].

Ҳозирги даврда асосий эътибор биноларнинг энергия истеъмолини пасайтиришга қаратилмоқда. Таҳлиллар шуни кўрсатадики, биноларни иситишга энергия ресурсларининг (турли мамлакатларда 20 фоиздан 40 фоизгача) сезиларли даражадаги каттагина қисми сарфланади [3].

Бугунги кунда шаҳарсозликка оид меъёрий ҳужжатларда бинонинг ташқи тўсиқ конструкциялари ва уларни туташув жойларини ҳимоялаш ишларини бажарилиши мажбурий бўлган талаблар мавжуд, аммо мутасаддилар томонидан ушбу талабларни ижросини таъминлашда сускаштлиқка йўл қўйилаётгани салбил ҳолатларни келтириб чиқармоқда. Мисол учун, ҚМҚ 2.01.04-18 “Бинолар ва иншоотларни иситиш, шамоллатиш ва кондициялаштириш учун энергия сарфи меъёрлари” меъёрий ҳужжатнинг 1.4-бандида деворларни грунт намлигидан вертикал ва горизонтал гидроизоляциялаш белгиланган.



2-расм. Деворларни грунт намлигидан вертикал ва горизонтал гидроизоляциялаш.

Бундан ташқари, худди шу ҚМҚ 2.01.18-18 “Бинолар ва иншоотларни иситиш, шамоллатиш ва кондициялаштириш учун энергия сарфи меъёрлари” меъёрий ҳужжатнинг 1.7-бандида бино тўсиқ конструкцияларининг термик қаришилигини ҳамда ҳаво ўтишига қаришилигини ошириш, шунингдек ортиқча ёруғлик оралиқлари майдонларини истисно қилиш ҳисобига тўсувчи конструкциялар орқали иссиқлик йўқотилишини қисқартириш белгиланган. Ташқи девор билан деразалар туташувини тўғри герметизация қилиш деразалардан йўқотилаётган иссиқлик энергиясини 30-40% га қисқартиради.



3-расм. Ташқи девор билан дераза туташувини герметизациялаш.

ҚМҚ 2.01.04-18 “Қурилиш иссиқлик техникаси” меъёрий ҳужжатда бино ва иншоотларнинг эксплуатацияси жараёнида қуйидаги чора-тадбирларни таъминлаши кўзда тутилган:

- бионинг иссиқлик изоляция даражаси аниқланган ва иссиқлик ҳимоясининг уч даражада бўлиши тавсия этилган, иссиқлик ҳимоясининг иккинчи даражада олиб келиниши ва мавжуд меъёрлар билан таққослаганда бинони иссиқлик ҳимояси девор учун 1,9 - 2,3 марта оширилиши;

- ташқи деворларни иссиқлик изоляцияси билан таъминлаш;
- иссиқлик йўқотилишини камайтириш учун кўп қаватли турар-жой ва жамоат биноларида махсус техник ечимларни қўллаш;

- том ораёпмаларни иссиқлик изоляциясини ошириш;
- ярим ер тўлалар хоналарини изоляция қилиш;
- иситилмайдиган ер тўлалар ораёпмаларни иссиқлик изоляциясини қилиш;
- иситиш тизимларида ва иситиш мосламаларида термостатлар ёрдамида хона параметрларини тартибга солиш.

Юқоридаги талабларнинг қўлланилиши иситиш учун энергия сарфини 30-40 фоизга камайтиришни таъминлай олади [6].

ШНҚ 1.03.01-20 “Қорхоналар, бинолар ҳамда иншоотларни қуриш ва реконструкция қилиш учун лойиҳа ҳужжатларининг таркиби, ишлаб чиқиши, мақуллиниши ва тасдиқланиши тартиби” меъёрий ҳужжатнинг 7-бандида Объект қурилиши ёки реконструкциясига тузилган лойиҳа ҳужжати таркибига объект қурилишининг энергиясамарадорлигини таъминлаш бўйича тадбирлар (бўлим)ни ва бино (иншоот)нинг энергетик паспортини киритиш, 23-бандида қабул қилинадиган лойиҳавий ечимларнинг энергиясамарадорлигини таъминлаш бўйича тадбирлар ва истеъмол қилинган энергетик ресурсларни ҳисоблаш приборлари билан объектларнинг жиҳозланганлигига қўйиладиган талаблар лойиҳа ҳужжатини ишлаб чиқишда мажбурийлиги белгиланган.

Энергиятежамкор биноларни лойиҳалашнинг асосий принципи – бу ички ҳароратни, бинони ташқи тўсиқ конструкцияларини максимал герметизациялаш ва муқобил энергия манбаларидан фойдаланиш ҳисобига иситиш тизими ва шамолатишни қўлламаган ҳолда мақбул ҳолатда сақлаб туриш ҳисобланади. “Энергиятежамкор” тушунчаси, аввало, фан-техника ва технологиянинг энг сўнгги ютуқлари асосида энергия ресурсларидан иқтисодий жиҳатдан оқилона фойдаланишга эришганликни англатади [4].

Энергия тежамкор бино - техник жиҳатдан мақсадга мувофиқ, иқтисодий асосланган, экологик ва ижтимоий мақбул бўлган ва одатдаги турмуш тарзини ўзгартирмайдиган инновацион ечимлардан фойдаланиш орқали энергия самарадорлигидан фойдаланиш имконияти бўлган бино. Энергия тежайдиган биноларга кам энергияли ва нол энергияли бинолар кириши мумкин.

Энергия энергиятежамкор бинони лойиҳалаш ва қуришда иссиқлик йўқотишни камайтириш, энергия ресурслардан оқилона фойдаланиш, электр энергияни мустақил ишлаб чиқиш ва автоматлаштирилган бошқарув тизимларини жорий этиш йўналишларга йўналтирилган технологияларга эътибор қаратиш лозим. Бундай бинолар нафақат ташқи коммуникацияларга боғлиқ бўлади, балки умуман олганда ўзи ҳам энергия манбаи бўлиб хизмат қилиши мумкин. Буни уйнинг ўзида ва уни ўраб турган ҳудуднинг иссиқлик ва энергия манбаидан оқилона фойдаланиш ҳисобига амалга ошириш мумкин [5].

Энергия тежайдиган ва экологик жиҳатдан тоза биноларнинг юқорида келтирилган концепциялари кўплаб қурилиш объектларида, қишлоқ жойлардаги ва шаҳар туманларининг бинолари қурилишларида амалга оширилади. Энергия энергиятежамкор биноларни қуриш ва улардан фойдаланиш борасида тўпланган илғор хорижий тажрибаларни ўрганиш ва таҳлил этиш натижасида соҳадаги ишларни жадаллаштириш борасида аниқ таклиф ва тавсиялар ишлаб чиқиш бугунги куннинг долзарб вазифаси ҳисобланади [8].

Хулоса. Умуман Ўзбекистон шароити учун энергиятежамкор биноларни лойиҳалаш, қуриш ва улардан фойдаланиш борасида тўпланган илғор хорижий тажрибаларни

жорий этишда қуйидагиларга эътибор қаратиш лозим:

- энергия тежамкор биноларни қуришни қўллаб қувватлашнинг ташкилий асосларини шакллантириш ва уни доимий такомиллаштириб бориш;

- аҳоли ўртасида энергиятежамкор ресурслар асосида уй-жойларни қуриш ва улардан фойдаланиш истиқболлари тўғрисидаги тарғибот ва ташвиқот ишлари олиб бориш;

- замонавий энергиятежамкор қурилиш материалларини ишлаб чиқаришга мўлжалланган лойиҳаларни амалиётга жорий этишни такомиллаштириш [10].

Энергиятежамкор бинолар нафақат энергия-ресурсларни тежашни, балки атроф-муҳит билан ҳамкорликдаги ғояга асосланган бутун бир фалсафани намоён этади. Энергия тежамкор биноларни лойиҳалаш ва қуриш бу ҳаётий зарурат бўлиб, долзарб вазифа ҳисобланади. Кучли ноу-хау, кучли фикрлаш қоидаларига асосланган техник ечимлардан фойдаланиш орқали энергияни тежаш, микроиклимнинг сифати ва экологик хавфсизликка эришиладиган бинолар, яъни юқори технологияли биноларни лойиҳалаш ва қуришга эътибор қаратиш лозим [11].

Адабиётлар

- [1]. Ўзбекистон Республикаси Президентининг 2022 йил 28 январдаги “2022-2026 йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида”ги ПФ-60-сонли Фармони.
- [2]. Н.Н.Норов Қуёш нури билан пассив тизимда иситиладиган фазовий тузилмани кам қаватли турар-жой биноларининг конструктив ечими. Докторлик (PhD)диссертацияси автореферати. Т.-2019.-15,16 бетлар.
- [3]. З.М.М.Захидов, Н.Н.Норов Энергоэкономичное здание. Журнал «Жилищное строительство» Издательство «Ладья», М., 5/2003. – 29с.
- [4]. Norov Nusiraton Nuralievich, Khudainazarova Yulduz Djumanazarovna. Designing architectural-spatial structure of smallstorey residential buildings with sunny heating. International journal for innovative research in multidisciplinary field. ISSN: 2455-0620; Scientific Journal Impact factor-IF=6.497. India. Volume-5. Issue-8. Aug-2019. –P.160-162.
- [5]. Norov N.N.“Development of volume-planning and constructive solution of houses with solar heat supply” European Science Review-Austria, 2018. № 5-6. P.313-315.
- [6]. ҚМҚ 2.01.04-18 “Қурилиш иссиқлик техникаси”
- [7]. Энергоэффективный дом с нетрадиционными и возобновляемыми источниками энергии. Кряклина И. В., Шешунова Е. В., Грек И. Л. [Электронный ресурс]: URL: <http://cyberleninka.ru/article/n/energoeffektivnyydom-s-netraditsionnymi-i-vozobnovlyаемymi-istochnikami-energii>.
- [8]. N.N. Norov “Development of space-planning and constructive solutions for an energy-efficient residential building with solar heating”. VESTNIK TashGTU magazine, 2016, No. 4, pp.-63-68.
- [9]. Н.Н.Норов, У.Абдуллаев “Энергоэффективных технологий с солнечными системами теплоснабжения в сельском комплексе”, Журнал таълим фидойилари, Тошкент-2023, №2, 48-50 бетлар.
- [10]. Н.Н.Норов, А.Х. Мингяшаров, Ю.Ж. Худайназарова. “Турар-жой биноларида энергия истеъмоли ҳолати ва энергия тежамкорлики таъминлаш масалалари” Тошкент архитектура-қурилиш университети “Қурилишда инновацион технологиялар” халқаро илмий-техник анжуман. Тошкент 2023 йил, 25-май.
- [11]. Н.Н.Норов, Ю.Ж.Худайназарова “Повышение энергоэффективности зданий с использованием современных конструкционных теплоизоляционных строительных материалов в условиях Узбекистана”, журнал INTERNATIONAL BULLETIN OF APPLIED SCIENCE AND TECHNOLOGU. UIF 8,2. IBAST. Volume3, Issue9, September – 2023.

TO‘SINBOP MAHALLIY YOG‘OCH MATERIALLARINI CHO‘ZILISHGA HISOB

E.M. Yunusaliyev, I.B. Toshpulatov

*Farg‘ona politexnika instituti (ferpi_info@edu.uz)
(Qabul qilindi 18.11.2023 y.)*

Ushbu ilmiy maqolada mahalliy yog‘och mahsulotlaridan tayyorlangan to‘sinlarni loyihalash asoslari atroflicha o‘rganilgan. Bunda mahalliy yog‘och materiallaridan tayyorlangan yelimlangan va butun yog‘och to‘sinlarni sinflariga bo‘lib o‘rganilgan. Shuningdek mahalliy yog‘och materiallaridan tayyorlangan to‘sinlarni cho‘zilishga hisoblash usullari ko‘rib chiqildi. Mahalliy

yog'och konstruksiyalardan tayyorlangan to'sinlarning materiallari turlariga qarab butunyog'ochli, metalyog'ochli, yelimlangan yog'ochli turlari ko'rib chiqildi.

Tayanch so'z iboralar: mahalliy yog'och mahsulotlaridan tayyorlangan to'sinlar, yelimlangan yog'och to'sin, butun yog'och to'sin, metallyog'ochli, yog'och to'sinlar birikmalari, ko'pburchakli yog'och fermalar.

In this scientific paper, the basics of designing beams made from local wood products are studied in detail. In this case, the glue made of local wood materials and the whole wood is studied by dividing the beams into classes. Methods for calculating beams made of local wood materials for stretching were also considered. Depending on the types of materials of beams made of local wooden structures, types of all-round, metal-round, glued timber were considered.

Keywords: cutlery made from local wood products, glued wood fence, whole wood fence, metalwork, wood fence joints, polygonal wood farms.

В этой научной статье подробно изучаются основы проектирования балок, изготовленных из местных изделий из древесины. В этом случае клей, изготовленный из местных древесных материалов, и вся древесина изучаются путем деления балок на классы. Также были рассмотрены методы расчета балок, изготовленных из местных древесных материалов, на растяжение. В зависимости от типов материалов балок, изготовленных из местных деревянных конструкций, рассматривались виды цельнокроеного, металлопрокатного, клееного бруса.

Ключевые слова: балки из местных изделий из дерева, клееные деревянные балки, цельные деревянные балки, металлические деревянные балки, комбинации деревянных балок, многоугольные деревянные фермы.

Kirish. Bugungi kunda respublikamizda yog'och konstruksiyalaridan foydalanish darajasi yangi bosqichga ko'tarildi. Zamonaviy imorat va inshootlarda yog'och materiallardan tayyorlangan konstruksiyalardan, yangi turar joy binolarini barpo qilishda turli yog'och materiallardan keng foydalanilmoqda. Shu sababli, bu turdagi konstruksiyalarni loyihalashni o'rganish, hisoblash ishlarini takomillashtirish, materiallarning fizik-mexanik xususiyatlarini e'tiborga olgan holda mustahkamligini tekshirish, biriktirish usullarini yangi turlarini yaratish muhim ahamiyatga ega.

Mamlakatimizda qurilishning jadal rivojlanishi yuqori samaradorlik va sanoatlashtirish talablariga javob beradigan yangi va takomillashtirilgan qurilish konstruksiyalaridan keng foydalanishni taqozo etmoqda. Yog'och konstruksiyalardan foydalanishning zarurati va maqsadga muvofiqligi, eng ekologik toza va yuqori strukturaviy xususiyatlarga ega bo'lib, ularni qoplash doirasini kengaytirish va raqobatbardoshlikni oshirish imkonini beradi.

Ma'lumki, yog'och qisqa muddatlarda o'z o'rnini to'ldirish qobiliyatiga ega bo'lgan, yengil qurilish konstruksiyalarini tayyorlash uchun keng qo'llaniladigan qimmatbaho o'rmon materiali hisoblanadi. Yog'och materiallardan tayyorlangan yengil qurilish konstruksiyalaridan unumli foydalanish, qurilish samaradorligini oshirish va qurilish jarayonlarini muddatini bir necha barobarga qisqartirish imkonini bermoqda. Yog'ochning qurilish materiali sifatida boshqa materiallarga qaraganda bir qator muhim afzalliklari, shu jumladan, yengilligi, qayta ishlov berishning osonligi, tashish va joyiga o'rnatishdagi mehnat harajatlarining kichikligi, ulardan turli yog'och konstruksiyalar, ya'ni yopmalar, to'sinlar, ustunlar, ramalar, arkalar, fermalar, yog'och imoratlarning sinchlari va fazoviy konstruksiyalar tayyorlash imkonini beradi [2]. Yog'ochning eng muhim afzalliklaridan yana biri materiallarga qayta ishlov berishning osonligidir. Shu sababli respublikamizda yog'och materiallardan foydalanish darajasi yildan yilga ortib bormoqda.

Shu sababli mahalliy yog'och mahsulotlarini yetishtirish va ulardan qurilish sanoatida keng foydalanishni rivojlantirish maqsadida O'zbekiston Respublikasi Vazirlar Mahkamasining 2020-yil 27-avgust kungi 520-sonli "Respublikada tez o'suvchi va sanoatbop pavlovniya daraxti plantatsiyalarini barpo qilish chora-tadbirlari to'g'risida"gi qarori qabul qilinib, ijroga qaratilgan. Ushbu qarorga asosan yurtimizda mahalliy yetishtiriladigan yog'och mahsulotlaridan samarali qurilish materiallari tayyorlash, pavloniya daraxti plantatsiyalarini ko'paytirish, mebel sanoatida yog'och mahsulotlariga bo'lgan ehtiyojni qondirish, import hajmini keskin kamaytirish vazifalari

belgilangan. Mazkur ilmiy maqolamizda respublikamizda yetishtirilgan pavloniya daraxtidan tayyorlangan to'sinbop konstruksiyalarni hisoblash ishlar o'rganilgan.

Biz tadqiq etayotgan pavloniya daraxti tez o'suvchi daraxtlar turiga kiradi. Pavloniya yog'ochining rangi kumush-kulrangdan och jigarranggacha, ba'zida qizg'ish rangga ega bo'ladi. Pavloniya daraxti juda kuchli, yumshoq va egilish va burilishga chidamli.

Og'irligi: Pavloniya yog'ochi eng yengil yog'och sifatida ajralib turadi. Lekin juda mustahkamligi jihatdan bardoshli hisoblanadi. Pavloniyaning bir kubometrining o'rtacha og'irligi taxminan 208-300 kg ni tashkil qiladi, bu eman daraxtidan deyarli to'rt baravar yengil (bir kubometr og'irligi 850 kg) va qarag'ay yog'ochidan ikki barobar yengilroqdir (bir kubometr og'irligi 482 kg).

Mustahkamligi: Pavloniya yog'ochi har qanday yog'och turlaridan eng yuqori kuch va vazn nisbatiga ega. Bundan tashqari, Pavloniya yuk ostida va namlik ta'sirida deformatsiyaga mukammal darajada qarshilik ko'rsatadi. Pavloniya yog'ochining yong'in xavfi past. Pavloniya ignabargli yog'ochning (qoraqarag'ay, qarag'ay) yonish haroratidan ikki barobar yuqori (400°C) haroratda yonadi.

Quritish: Havoda quritish kamida 30 kun davom etadi. Yog'ochdagi namlik miqdori 10% dan 12% gacha bo'lgunga qadar taxtalar pechlarda yuqori haroratda 24 soat davomida quritilishi mumkin. Nam yog'ochning pechda quritilgan yog'ochga nisbatan qisqarish koeffitsienti faqat 2,2% ko'ndalang kesim yuzasiga va 4% uzuniga.

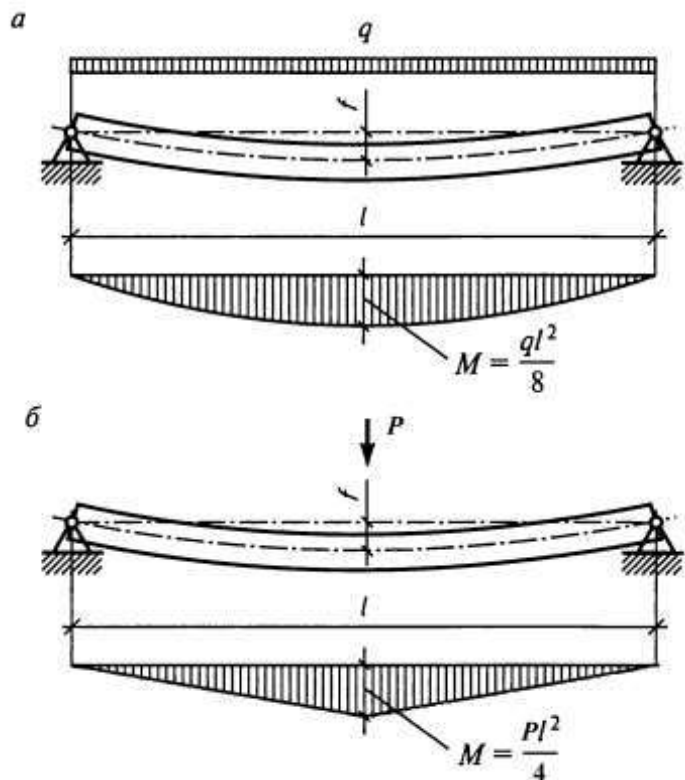
Narxi: Jahon bozorida Pavloniya daraxtining bir kubometri qayta ishlash darajasiga qarab 200 dan 800 dollargacha sotiladi. Shu bilan birga, o'zining o'ta tez o'sishi tufayli Pavloniya yillik vazn ortishi bo'yicha boshqa daraxtlardan ancha oldinda.

Pavloniya daraxti suvni yaxshi o'zlashtirmaydi, bu esa o'z navbatida himoya vositalari va laklarni yanada tejamkor iste'mol qilishga yordam beradi. Pavloniyadan tayyorlangan mahsulotlar og'ir ob-havo sharoitlari ta'sirida shakli va hajmini o'zgartirmaydi va chirishi qiyin.

Metodlar. Yog'och imorat va inshootlarning eng ko'p tarqalgan egiluvchi elementlariga turli stropilalar, to'shamalar, yopmalar, to'sinlar va boshqalar kiradi. Egiluvchi element kesimida tashqi yuklardan eguvchi moment M va kesuvchi kuch Q paydo bo'ladi. Masalan, bir ravoqli oshiq-moshiq birikkan to'sinda, tekis taqsimlangan (q) yukdan ravoq o'rtasida eguvchi moment $M=2q/8$ va ravoq o'rtasida yakka joylashgan R yukdan $M=R/4$ eguvchi moment paydo bo'ladi. Eguvchi moment ta'sirida element ko'ndalang kesim yuzasida normal kuchlanish paydo bo'ladi. Kesim yuzasining yuqori qismida siquvchi va pastki qismida esa cho'zuvchi kuchlanishlar paydo bo'ladi, shu sababli element egiladi.

Egilish bir o'q bo'ylab amalga oshadigan elementlar oddiy egiluvchi elementlar deb ataladi. Shu sababli elementlar II-toifa materiallardan tayyorlanadi. Oddiy egiluvchi chorqirra elementlarning kesim yuzalaridagi normal kuchlanish quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$\sigma = M/W_{HT} R_{\sigma}/\gamma_n.$$

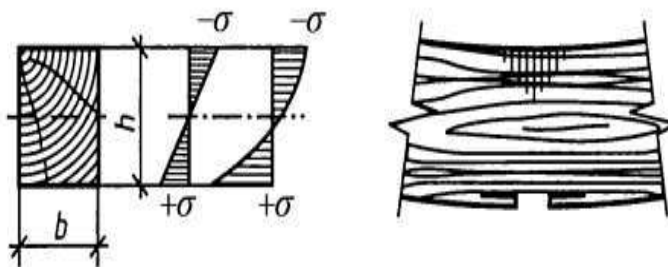


To'sinning hisobiy sxemasi. a) to'sin bo'ylab tekis taqsimlangan yuk bo'yicha; b) bir nuqtaga to'plangan yuk bo'yicha.

bu yerda: M – hisobiy eguvchi moment;
 W_{HT} – hisobiy ko‘ndalang kesim yuzasining netto qarshilik momenti;
 R_e – materialning egilishdagi hisobiy qarshiligi;
 γ_n – ishonchlik koeffitsienti.

Yog‘och sinchli imorat va inshootlarning asosiy elementlaridan biri to‘sinlar hisoblanadi.

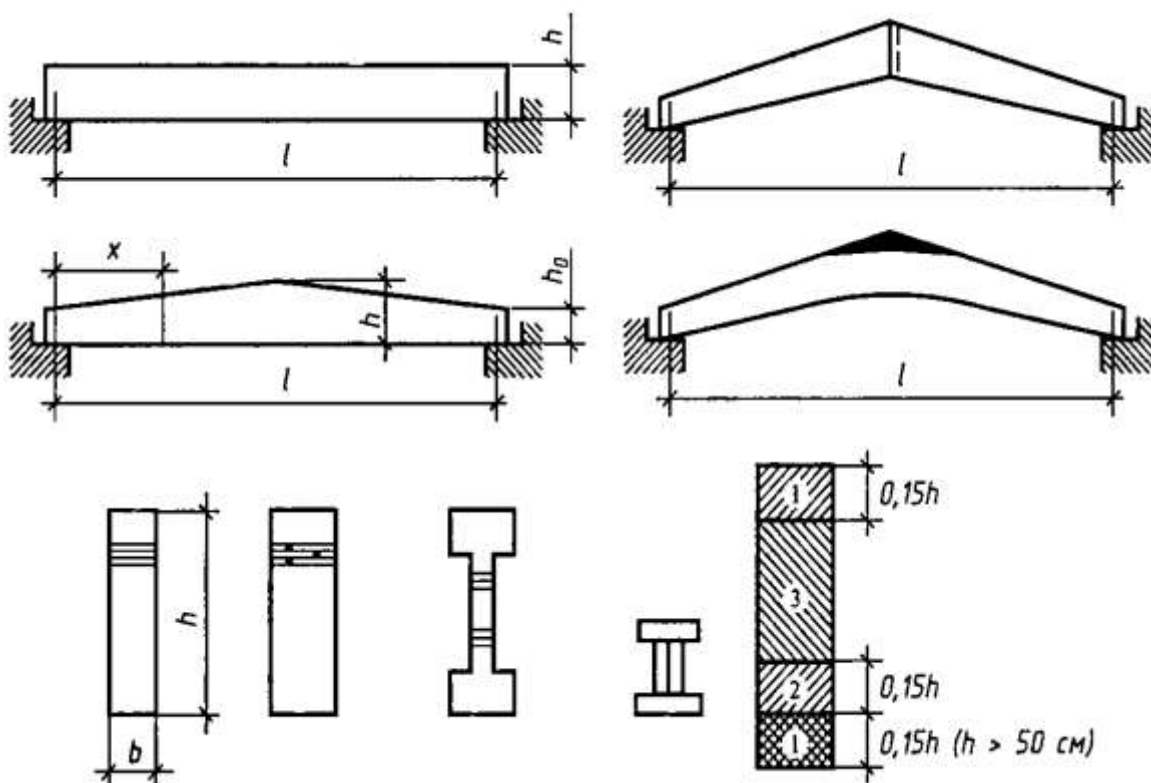
Shu sababli to‘sinlarning turlarini, afzallik va kamchiliklarini o‘rganish, loyihalash hamda hisoblash muhim ahamiyatga ega. To‘sinlar imoratning turiga, ravoq oralig‘iga, tomning nishabligiga, materialiga va boshqa texnik iqtisodiy ko‘rsatkichlarni e‘tiborga olgan holda tanlanadi.



Kesim yuzasi bo‘yicha normal kuchlanish epyurasi.

Yaxlit yog‘och to‘sinlar tayyorlashda mehnat sarfining kamligi, tayyorlashning osonligi, narxining arzonligi bilan boshqa to‘sinlardan katta farq qiladi. Kamchiligi esa uzunligining chegaralanganligidir. Shu sababli, bu turdagi to‘sinlarning ravoq oralig‘i kichik bo‘ladi va turli orayopmalar sifatida keng qo‘llaniladi. Hozirgi vaqtda yog‘och sinchli imoratlarda samarador yelimlangan to‘sinlar keng foydalanilmoqda va ularning geometrik ko‘rinishlari quyidagicha bo‘ladi. Bu turdagi to‘sinlar tashkil etilgan to‘sinlarga qaraganda bir qator afzalliklarga ega, shu jumladan:

- ular yuklar ta‘sirida bir butun yaxlit konstruksiyalardek ishlaydi;
- ko‘ndalang kesim yuzasining katta balandlikda tayyorlash imkoniyati mavjud;
- 6,5 metrdan katta uzunlikdagi konstruksiyalar tayyorlash uchun kichik o‘lchamdagi taxtalarni tishli birikmalar yordamida uzaytirish mumkin;
- ko‘ndalang kesim yuzasining cho‘ziladigan zonalarida yuqori navli, siqilgan va o‘rta qismida nisbatan past sifatli yog‘och materiallardan foydalanish mumkinligi va boshqalar.



Yelimlangan to'sinlar istalgan o'lchamda va geometrik ko'rinishlarda bo'lishi mumkin. Shu sababli bu turdagi to'sinlar hamdo'stlik mamlakatlarida ravoq oralig'i 24 metrgacha bo'lgan, dunyo amaliyotda esa 30 metrgacha bo'lgan imoratlarda keng qo'llanilmoqda.

Yelimlangan to'sinlarning balandligi $h_t=1/15 l$, eni $b=1/15 h_t$ nisbatda qabul qilinadi. To'g'ri chiziqli elementlar tayyorlash uchun qalinligi-33 mm, egri chiziqli elementlar uchun esa konstruksiyalarning egrilik radiusini e'tiborga olgan holda $b=16-20$ mm qalinlikdagi taxta materiallardan foydalaniladi.

Mustahkam va ishonchli yelimlangan chok hosil qilish uchun quyidagi asosiy talablarga amal qilish lozim:

- yelimlanadigan taxtalarning namligi ularni ekspluatatsiya namligiga mos bo'lishi kerak;
- yelimlashda turli namlikdagi materiallardan foydalanish tavsiya etilmaydi;
- yelimlashda taxtalarning yillik qavatlarining yo'nalishiga alohida e'tibor berish kerak;

Yelimlangan to'sinlar istalgan o'lchamda va geometrik ko'rinishlarda bo'lishi mumkin.

Shu sababli bu turdagi to'sinlar hamdo'stlik mamlakatlarida ravoq oralig'i 24 metrgacha bo'lgan, dunyo amaliyotda esa 30 metrgacha bo'lgan imoratlarda keng qo'llanilmoqda.

Yelimlangan to'sinlarning balandligi $h_m=1/15 l$, $b=1/15 h_m$ nisbatda qabul qilinadi. To'g'ri chiziqli elementlar tayyorlash uchun qalinligi $\delta=33$ mm, egri chiziqli elementlar uchun esa konstruksiyalarning egrilik radiusini e'tiborga olgan holda $\delta=16-20$ mm qalinlikdagi taxta materiallardan foydalaniladi.

Mustahkam va ishonchli yelimlangan chok hosil qilish uchun quyidagi asosiy talablarga amal qilish lozim:

- yelimlanadigan taxtalarning namligi ularni ekspluatatsiya namligiga mos bo'lishi kerak;
- yelimlashda turli namlikdagi materiallardan foydalanish tavsiya etilmaydi;
- yelimlashda taxtalarning yillik qavatlarining yo'nalishiga alohida e'tibor berish kerak;
- yelimlanadigan taxtalarning namligi 12% gacha bo'lishi lozim;
- kesim yuzasining enini $b=175$ mm ga teng taxtalardan tayyorlash tavsiya etiladi.

Yelimlangan to'sinlarning mustahkamligi quyidagi formuladan aniqlanadi.

$$\sigma=M/W \leq R_e m_b m_k$$

bu erda: M -eguvchi moment

W -kesim yuzasining qarshilik momenti, $W=bh^2/6$ (sm^3);

R_e -materialning egilishdagi hisobiy qarshiligi, $R_e=13$ MPa;

m_b -ish sharoitini e'tiborga oluvchi koeffitsient bo'lib qiymati 1 dan kichik bo'ladi;

m_k -qavatlar sonini e'tiborga oluvchi koeffitsient.

Kesim yuzasining talab qilingan qarshilik momenti, balandligi yoki eni quyidagi formulalardan aniqlanadi:

$$\begin{aligned} W_{tq} &= M/R_e, & h_{tq} &= \sqrt{6M/R_e b}; \\ b &= 6M/R_e h^2; & d &= \sqrt[3]{10W_{tq}} \end{aligned}$$

Yelimlangan to'sinlarning yorilishdagi mustahkamligi quyidagi formuladan tekshiriladi:

$$\tau=Q \cdot S/J \cdot b < R_f \text{ yor.}$$

bu yerda: Q -maksimal kesuvchi kuch, $Q=q \cdot l/2$;

S -kesim yuzasining statik inertsia momenti, $S=b \cdot h^2/8$ (sm^3);

J - kesim yuzasining inertsia momenti $J= b \cdot h^3/12$ (sm^4).

Bir ravoqli yelimlangan to'sinning egilishdagi mustahkamligi quyidagi formuladan aniqlanadi:

$$f=5q^H \cdot l^4/384J \qquad E \leq (f_{cheg})$$

bu yerda: q^H -yukning me'yoriy qiymati;

l -to'sinning ravoq uzunligi;

E -yog'och materialning elastiklik moduli;

J - kesim yuzasining inertsia momenti $J=b \cdot h^3/12$ (sm⁴).

Yelimlangan to'sinlar tayyorlash uchun KB-3, FR-12, FR-50, FR-100 kabi sintetik yelimlardan foydalaniladi.

Natijalar. Mahalliy yog'och materiallaridan tayyorlangan ravoq oraliq'i $l=9,0m$, kesim yuzasining balandligi bir xil bo'lgan yelimlangan to'sinning mustahkamligini tekshirib chiqamiz. Yelimlangan to'singa qiymatlari $q^H=16,5$ kN/mga teng me'yoriy va $q=25,0$ kN/m bo'lgan hisobiy yuklar ta'sir qiladi deb olamiz. To'sinning balandligi qalinligi (tekislangandan kiyin) 45 mm bo'lgan 17 qavat taxtalardan elimlab tayyorlangan va umumiy o'lchami $b \times h=190 \times 765$ mmga teng.

To'sin materiali - pavloniya. Imorat sinfi –II. Binoning ishonchlik koeffitsienti $\gamma_n=0,95$ ga teng.

Kesim yuzasining geometrik xarakteristiklari quyidagilar:

-Qarshilik momenti $W = b \cdot \delta^2/6 = 19 \cdot 76,5^2/6 = 18832,12$ sm³

-Inertsia momenti $J = b \cdot \delta^3/12 = 19 \cdot 76,5^3/12 = 708853,78$ sm⁴

-Statik inertsia momenti $S = 0,125 b \cdot \delta^2 = 0,125 \cdot 19 \cdot 76,5^2 = 13899,10$ sm³

-Hisobiy eguvchi moment $M = 0,125 q \cdot l^2 = 0,125 \cdot 25 \cdot 9^2 = 253,125$ kN·m

-Hisobiy kesuvchi kuch $Q = q \cdot l/2 = 25 \cdot 9/2 = 112,2$ kN·m

Mahalliy yog'och materiallaridan tayyorlangan to'sinning egilishdagi mustahkamligini quyidagi formula yordamida aniqlaymiz:

$$\sigma = M/W \cdot m_\delta \cdot m_k = 25312,5/18832,13 \cdot 0,92 \cdot 0,95 = 1,56 \leq R_c / \gamma_n = 1,58 \text{ kN/sm}^2$$

bu erda, $\gamma_n=0,95$ -ishonchlilik koeffitsienti;

$m_\delta=0,92$ -ish sharoitini e'tiborga oluvchi koeffitsient;

$m_k=0,95$ -qavatlar sonini e'tiborga oluvchi koeffitsient.

Yelimlangan to'sinning egilishi

$$f/l = 5q^H \cdot l^3/384 J E = 5 \cdot 16,5 \cdot 10^{-2} \cdot 900^3/384 \cdot 10^3 \cdot 708853,78 = 0,0022 < (f/l)/0,95 = (1/200)/0,95 = 0,0058$$

bu erda: $E=103kN/sm^2$ – pavloniya yog'och materialining elastiklik moduli.

Yuqoridagi formulalar yordamida aniqlangan natijalarga ko'ra mahalliy yog'och materiallaridan tayyorlangan to'sinning mustahkamligi va bikrligi ta'minlanganligi ko'rindi.

Xulosalar.

- Mahalliy yog'ochlarining qurilish materiali sifatida boshqa materiallarga qaraganda bir qator muhim afzalliklari, shu jumladan, yengilligi, qayta ishlov berishning osonligi, tashish va joyiga o'rnatishdagi mehnat harajatlarning kichikligi, ulardan turli yog'och konstruksiyalar,

ya'ni yopmalar, to'sinlar, ustunlar, ramalar, arkalar, fermalar, yog'och imoratlarning sinchlari va fazoviy konstruksiyalar tayyorlash imkonini mavjudligi bilan ajralib turadi [2].

- Pavloniya yog'ochining eng muhim afzalliklaridan yana biri materiallarga qayta ishlov berishning osonligidir. Shu sababli respublikamizda pavloniua daraxti materiallaridan qurilish ishlarida foydalanish darajasi yildan yilga ortib bormoqda.
- Olib borilga hisoblash ishlari natijalariga ko'ra mahalliy yog'och mahsuloti bo'lgan pavloniya daraxtidan zavod sharaotida yelimlangan konstruksiyalar tayyorlash va ulardan foydalanishni o'ziga hos hususiyatlari bor ekanlini ko'rsatdi.
- Yelimlangan yog'och konstruksiyalardan foydalanishning eng muhim yo'nalishlaridan biri katta ravoqli imoratlarni yopish uchun qo'llanilishi, kesim yuzalarini yaxlit, qutisimon, to'rtburchakli, qo'shtavr ko'rinishlarida tayyorlash imkoniyatining mavjudligidir.
- Yelimlangan yog'och konstruksiyalardan samarali foydalanish orqali me'morlar tomonidan taklif etilayotgan zamonaviy bino va inshootlarning noyob loyihalari va konstruktiv yechimlarini amaliyotga joriy etish imkoniyati paydo bo'ldi.

Adabiyotlar

- [1]. Donald E Breyer, P.E., Kelly E Cobeen, Kenneth J Fridley, PH.D. Design of Wood Structures-ASD/LRFD 7th Edition. USA 2014.
- [2]. Ruziev Q.I., Alimov M.A. "Binolarning yog'och va plastmassa qurilmalari" T., O'qituvchi", 1993
- [3]. Kazakbaeva K.K. "Ekologik sof qurilish konstruksiyalari". O'quv qo'llanma. T., "O'qituvchi", 2005.
- [4]. Razzoqov S.J. Yog'och va plastmassa konstruksiyalari. O'quv qo'llanma. T., Akademiya. 2005.
- [5]. ShNQ 2.01.15-05. Turar-joy binolarida kuzatuv-tekshiruv ishlarini olib borish Yo'riqnomasi. O'zbekiston.
- [6]. ShNQ 1.04.01-21 «Bino va inshootlarning texnik holatini tekshirish va monitoring qilish» shaharsozlik normalari va qoidalari.
- [7]. Nizomov Sh.R., Xotamov A.T. Bino va inshootlarni texnik baholash. Darslik. O'zROO'MTV. Tashkent: 2013. - 320 b.
- [8]. Tojiev R.J., Yunusaliev E.M., Abdullaev I.N. Gazodetonatsionniy metod monitoringa seysmostoykosti ekspluatiruemix zdaniy i soorujeniy. Materiali XXVI Mejdunarodnoy nauchno-texnicheskoy konferensii YaGTU, 12-14 okt.2022y., Yaroslav
- [9]. Yunusaliev E.M., Tojiev R.J., Ibragimov B.T., Abdullaev I.N. Turar joy binolarida seysmik ta'sirlardan paydo bo'ladigan yong'inlar, talofati va xavf-xatarlarning tahlili, O'zFVV, "Yong'in-portlash xavfsizligi" ilmiy amaliy elektron jurnal. Toshkent, 2022, V.E.Shishkin «Primeri rascheta konstruksiy iz dereva i plastmass». M., Stroyizdat 1974 .
- [10]. Arleninov D.K. «Konstruksii iz dereva i plastmass» M. Izd-vo «ASV» 2002.
- [11]. QMQ 2.01.07-96. Yuklar va ta'sirlar. T., DAQQ, 1996
- [12]. QMQ 2.03.08-98 "Yog'och qurilmalari". T., DAQQ, 1998.

УДК 624.01

УЛЬТРА ЮКОРИ МУСТАХКАМ БЕТОНЛАР ВА УЛАРНИНГ САМАРАДОРЛИГИ

С.Ж. Раззаков, А.Ш. Мартазаев

Наманган муҳандислик-қурилиш институти
sobirjonrsj@gmail.com, Тел.: +99890-741-04-22,
abdurasul.mash@gmail.com, тел.: +99893-914-05-06,
 (Қабул қилинда 21.09.2023 й.)

Мақолада ўта юқори мустаҳкам бетонларнинг физик-механик хоссалари, қўлланилиш соҳалари ва муаллифлар томонидан олиб борилган илмий тадқиқотлар, улар бўйича таҳлил ҳамда хулосалар келтирилган.

Таянч сўзлар: ўта юқори мустаҳкам бетон, кремний кукуни, цемент, суперпластификатор, нано заррачалар.

В статье приведены физико-механические свойства сверхвысокопрочных бетонов, области применения и научные исследования проведенные авторами, анализ, а также выводы.

Ключевые слова: сверхвысокопрочный бетон, микрокремнезем, цемент, суперпластификатор, наночастицы.

The paper presents physical and mechanical properties of ultra-high performance concrete, areas of application and scientific research conducted by the authors, analyses, as well as conclusions.

Key words: ultra-high performance concrete, silica fume, cement, superplasticizer, nanoparticles.

Ультра юқори мустаҳкам бетон (УЮМБ) ўзининг ўта юқори физик-механик хусусиятларини намоён этадиган янги қурилиш материали бўлиб, у тегишли материалларни тежаш ва конструкция элементларининг кесимларини кичрайтириш орқали иқтисодий самарадорликка олиб келиши мумкин. УЮМБ сўнги 30 йил ичида бетон конструкциясининг механик хоссалари ва чидамлилиги нуқтаи назаридан ишлаб чиқилган юқори мустаҳкамликка эга бўлган цемент асосида олинадиган қурилиш материалларидан биридир. УЮМБнинг нисбатан юқори бошланғич нархи уни қурилиш саноатида кенг қўлланилишини чеклаб қўймоқда. Шу билан бирга, УЮМБлар асосида темирбетон конструкциялари тайёрлаш учун қурилиш меъёрларини ишлаб чиқиш ва бу қурилиш меъёрларини амалиётга татбиқ этиш бугунги кундаги муҳим масаладир.

Амалий жиҳатлари қаралганда, УЮМБдан кўп қаватли бино ва иншоотларнинг конструкцияларини ишлаб чиқишда, бино ва иншоотлар элементларини реконструкция қилиш ишларида, катта оралиқли кўприklar қурилишларида, юқори мустаҳкамлик талаб қиладиган ҳарбий аҳамиятга эга бўлган иншоотларда, шунингдек, гидротехник иншоотларда фойдаланиш мумкин. Бугунги кунда УЮМБ ва юқори мустаҳкамликка эга арматуралардан фойдаланган ҳолда ноёб қурилиш конструкцияларини яратиш, амалий аҳамияти юқори бўлган долзарб вазифалардан бири ҳисобланади [1].

Юқори мустаҳкам бетон олиш бўйича кўплаб олимлар илмий тадқиқот ишларини олиб боришган. Мисол учун, Россиялик олимлар саноат ва маиший шиша чиқиндилари асосида юқори мустаҳкам бетон олиш технологиясини ишлаб чиққанлар. Янги шиша асосидаги бетон арзон ва юқори мустаҳкамликка эга бўлибгина қолмай, шиша чиқиндилари миқдорини ҳам камайтирган. Бизга маълумки, шиша табиий жараёнлар, шунингдек, ишқорлар, кислоталар ва тузлар таъсирида деярли парчаланмайди. Ҳар йили дунёда катта миқдордаги саноат ва маиший шиша чиқиндилари ҳосил бўлади. Уларни қайта ишланиши ва янги маҳсулотлар ишлаб чиқаришда фойдаланиш мумкин. Шиша таркибида кремний оксиди мавжуд бўлиб, у қўшилганда калций оксиди билан кимёвий реакцияга киришиб, калций силикатыни ҳосил қилади. Шиша бетон таркибида боғловчи элемент сифатида ишлайди.

Олимлар бир қатор тажриба синов ишларини ўтказганлар ва юқори мустаҳкам шиша асосидаги бетон ишлаб чиқариш параметрларини оптималлаштиришган. Бетонган шиша ва калций оксиди 20-50 фоиз қўшилганда, шиша асосидаги бетоннинг мустаҳкамлиги 2.5 барабарга ошган.

Оддий бетон ва юқори мустаҳкам бетонларга нисбатан УЮМБда цементнинг ўзгача нисбати ишлатилади. Кўплаб тадқиқотчилар олиб борган илмий изланишларига кўра, цемент миқдорини ортиши ҳисобига УЮМБнинг сиқилишдаги мустаҳкамлигини ошиши кузатилган. Аксарият тадқиқотларда хусусий ҳолда



1-расм. Кремний кукунининг умумий кўриниши.

тадқиқотчилар томонидан цемент сарфини камайтириш мақсадида кремний кукунидан фойдаланилганлигини адабиётлардан кўриш мумкин. Кремний кукуни заррачаларининг нисбатан кичиклиги, ўлчамлари ва шарсимон шакли туфайли йирик тўлдирувчилар орасидаги бўшлиқларни тўлдириш имконияти мавжуддир. Шу сабабли, боғловчи сифатида кремний кукунини қўшиш орқали УЮМБнинг сиқилишдаги, чўзилишдаги ва эгилишдаги мустаҳкамлик кўрсаткичларини оширилиши самаралидир деган хулосага келиш мумкин [1,2,3]. Кремний кукунининг умумий кўриниши 1-расмда кўрсатилган.

Тадқиқотчилар Ma J., Matte V., Chan Y. W., Chu S. H., Xing F. [2, 4, 5, 6] УЮМБда юқори мустаҳкамлик хусусиятларига эришиш учун боғловчи сифатида кремний кукунидан 20-30% гача фойдаланишни тавсия этганлар.

УЮМБ қоришмасини тайёрлашда жуда паст *сув/боғловчи (с/б)* нисбати қўлланилади. Минимал *с/б* нисбати 0,08 Richard va Cheyrezy томонидан 1995 йилда билдирилган. Лекин, бу нисбат қоришмадаги тўлдирувчиларнинг етарли даражада зичланишини таъминлаши жуда қийин кечади.

Richard P., Cheyrezy M. H., De Larrard F., Sedran T., Gao R., Wen-yu J., Shi C. [3, 7, 8, 9, 10] олиб борган тадқиқотларида энг мақбул *с/б* сифатида 0,13-0,20 нисбати тавсия этилган. Шу билан бирга, тадқиқотчи олимлар Wille K., Naaman A. E., Parra-Montesinos G. J., Droll K. [1, 11, 12] 0,25 *с/б* нисбати ёрдамида сиқилишдаги мустаҳкамликни 150 МПа дан юқори бўлишига эришганлар. Шулар сабабли, *с/б* нисбати УЮМБ материаллини олишда ягона омил эмаслиги ҳақида хулоса қилиш ва янги инновацион ғояларни илгари суриш мумкин деб ҳисоблаймиз. Шу ўринда, УЮМБ учун қотиш шароити, қоришманинг таркибий қисмларининг хусусиятлари, қоришманинг аралаштириш тартиблари ва турлари ҳам муҳим параметрлар ҳисобланишини таъкидлаш лозим деб ҳисоблаймиз.

Сув боғловчи нисбати кичик бўлган ҳолатда УЮМБ самарадорлигининг пасайишини суперпластификаторлар (СП) қўшиш орқали физик-механик хоссаларини яхшилаш мумкин. УЮМБда керакли СП миқдори бетон қоришмасининг таркибий қисмлари ва фойдаланиладиган СП турига боғлиқ бўлади. СПни бирданига қўшиш ўрнига босқичма-босқич қўшилиши яхшилانган дисперс эффекти туфайли УЮМБ қоришмасининг иш самарадорлиги оширилиши бўйича айрим хусусий хулосалар олинган [13].

Кўплаб тадқиқотларда Heinz D., Dehn F., Urbonas L., Schmidt M., Fehling E. [1, 14, 15] УЮМБ қоришмасининг самарадорлигини ошириш учун цемент оғирлиги бўйича 1÷8% гача бўлган миқдорларда СП дан фойдаланилган. Маълумки одатда, цемент оғирлиги бўйича 1,4-2,4% миқдорларида СП қўшиш тавсия этилади [11].

Аксарият ҳолларда, оддий бетонлардаги бузилиш цемент матрицаси ва йирик тўлдирувчилар ўртасидаги боғланишнинг йўқолиши натижасида юзага келади [16]. Шунинг учун бетон қоришмасида йирик тўлдирувчиларни камайтириш УЮМБ олишнинг омилларидан бири ҳисобланади. УЮМБ қоришмасида майда тўлдирувчилар сифатида кварц куми яна бир асосий омил ҳисобланади. Кум ва цементнинг энг мақбул нисбати 0,8 мм кварц заррачалари учун 1,4 га тенг эканлиги тадқиқотларда аниқланган [11].

УЮМБ қоришмасини зичлигини яхшилаш орқали ғовакликлар камайтирилади. Кремний диоксида (SiO_2), алюминий оксиди (Al_2O_3), темир оксиддан (Fe_2O_3) ишлаб чиқарилган нано-заррачаларни қўшилиши ҳисобига, микрон ўлчамдаги цемент материаллари ва майда тўлдирувчилар орасидаги бўшлиқларни тўлдирилиши мумкин. Бу эса ғовакликларнинг камайтиришига ва заррачаларнинг зичликлари ошишига ҳамда УЮМБнинг механик хусусиятларини сезиларли яхшиланишига олиб келиши билан кузатилади [17]. Тадқиқотчилар Ghafari E., Shakhmenko G. [17, 18] УЮМБ қоришмасида нано-заррачаларнинг миқдори цемент оғирлигига нисбатан 1÷5% гача бўлган ҳолатда

фойдаланишни умумий ҳолда тавсия қилганлар. Ҳар хил турдаги бетонлар хоссаларининг кўрсаткичлари ва параметрлари қуйидаги 1-жадвалда келтирилди.

1-жадвал.

Ҳар хил турдаги бетонларнинг параметрлари ва кўрсаткичлари

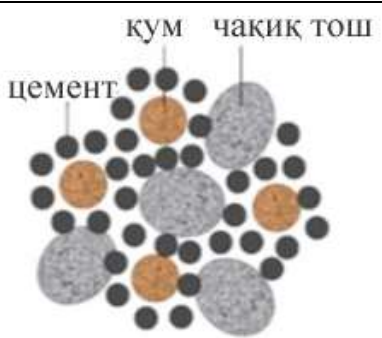
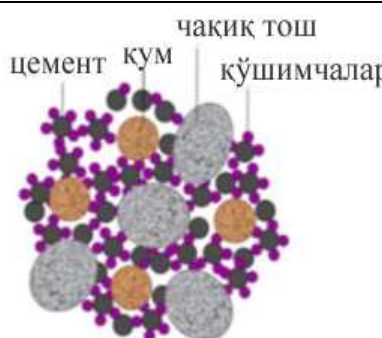
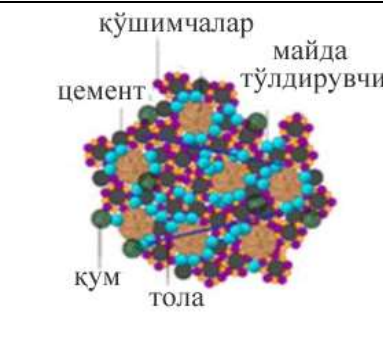
№	Бетон тури	Сиқилишдаги мустаҳкамлик, МПа	с/б нисбати, %	Цемент сарфи, (кг/м ³)
1.	Оддий бетон	20-50	0,45-0,65	260-380
2.	Юқори мустаҳкам бетон	50-100	<0,4	400-700
3.	Ультра юқори мустаҳкам бетон	>100 >120 >150	0,2-0,3	800-1000

Бетоннинг мустаҳкамлигини таъминлаш қуйидагича амалга оширилиши мумкин:

- 1) оддий мустаҳкам бетон (ОМБ) В60 МПа гача;
- 2) юқори мустаҳкам бетон (ЮМБ) В60 дан В100 МПа гача;
- 3) ўта юқори мустаҳкам бетон (ЎЮМБ) В100 дан В150 МПа;
- 4) ультра юқори мустаҳкам бетон (УЮМБ) В150 дан В300 МПа гача.

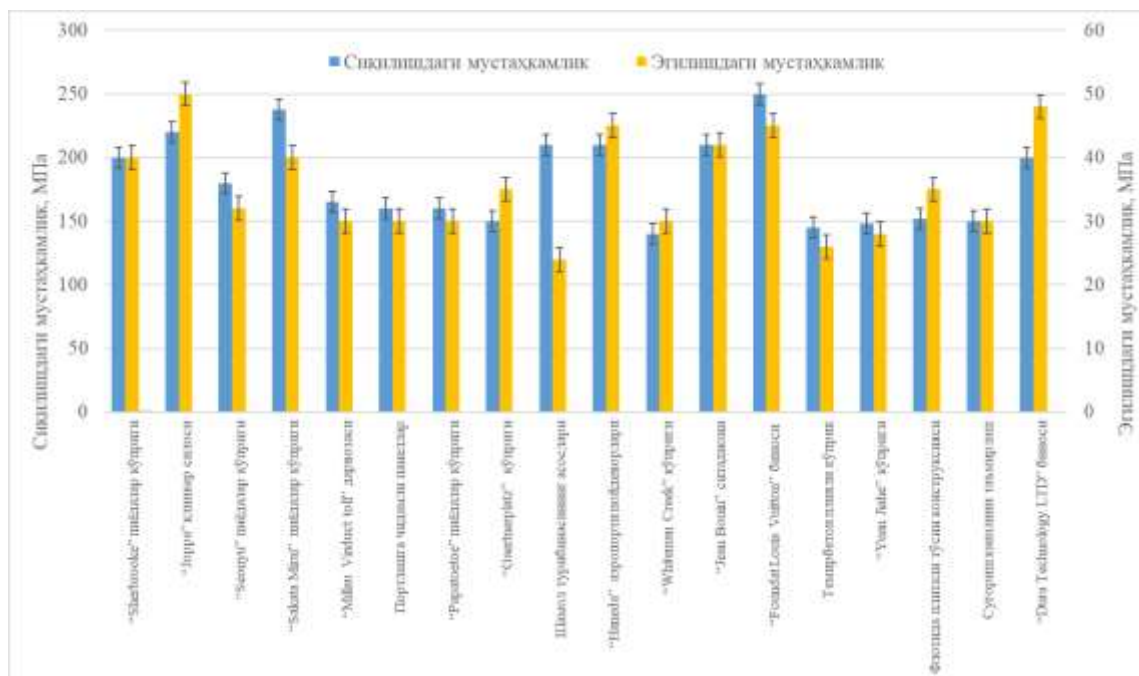
Турли мустаҳкамликдаги бетон олиш учун материалларнинг таркиблари қуйидаги 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал. Турли мустаҳкамликдаги бетон материалларнинг таркиби

Оддий мустаҳкам бетон	Юқори мустаҳкам бетон	Ультра юқори мустаҳкам бетон
 цемент, кум, чақиқ тош	 цемент, кум, чақиқ тош, кўшимчалар	 кўшимчалар, майда тўлдирувчи, цемент, кум, тола
Мустаҳкамлик: 20-40 МПа Ғоваклик: 10-20%	Мустаҳкамлик: 50-100 МПа Ғоваклик: 5-8%	Мустаҳкамлик: 150-300 МПа Ғоваклик: 2% дан кам

XX асрнинг охирлари ва XXI асрдан бошлаб ультра юқори мустаҳкамликка эга бўлган бетонлар йўналишида цемент сарфини камайтиришга катта эътибор қаратилганлигини кўриш мумкин. Масалан, Гафари ва бошқалар тадқиқотларида, ультра юқори мустаҳкамликка эга бўлган бетонлар ишлаб чиқариш учун 950 кг/м³ цемент ва 250 кг/м³ кремний кукунидан фойдаланишган [1, 4]. Ҳу ва бошқалар 620 кг/м³ цемент билан сиқилишдаги мустаҳкамлиги 100 МПа бўлган ультра юқори мустаҳкамликка эга бўлган бетон ишлаб чиқаришга эришишган. Aldahdooh ва бошқалар 638 кг/м³ цемент билан сиқилишдаги мустаҳкамлиги 120 МПа бўлган ультра юқори мустаҳкамликка эга бўлган бетон олиш шарафига муяссар бўлганлар. Бундан ташқари, ультра юқори мустаҳкамликка эга бўлган бетонлар пиёда ва автомагистрал кўприкларида кенг қўлланилганлигини ҳам таъкидлаш лозим. Мисол учун, Канадада ультра юқори мустаҳкамликка эга бўлган бетонлар асосида 1997 йилда биринчи пиёдалар кўприги қурилган. Америка қўшма штатларида Wapello округи Марс тепалигида

ултра юқори мустаҳкамликка эга бўлган бетонлар асосида 2006 йилда автомагистрал кўприги қурилган. Ултра юқори мустаҳкамликка эга бўлган бетонлардан Кинзия тўғонининг Стиллинг ҳавзасини мустаҳкамлаш мақсадида фойдаланилган. Шу билан бирга, ултра юқори мустаҳкамликка эга бўлган бетонлардан меъморий ва эстетик жиҳатдан ноёб конструкциялар яратишда фойдаланиш мумкинлигини эътироф этишни зарур деб ҳисоблаймиз. Ултра юқори мустаҳкамликка эга бўлган бетонларни қўлланилиши бўйича мисоллар 2-расмда келтирилган.



2-расм. Ултра юқори мустаҳкамликка эга бўлган бетонларни қўлланилиши ва мустаҳкамлик кўрсаткичлари.

УЮМБнинг эгилишдаги мустаҳкамлиги юқори ҳисобланади. Тадқиқотчилар Richard P., Cheyrezy M. H. [3] маълумотларига кўра, УЮМБнинг эгилишдаги мустаҳкамлиги оддий бетонга нисбатан 250 баробар юқори ҳисобланади. УЮМБнинг эгилишдаги мустаҳкамлиги коришманинг таркиби ва қуриш режимига боғлиқ ҳолда 48 МПа гача бўлиши мумкинлигини тадқиқотлар натижаларидан кўриш мумкин.

Ултра юқори мустаҳкам бетонлардан фойдаланиш ёмон ёки оғир об-ҳаво шароити бўлган жойларда коррозияга чидамликни ошириши кузатилади. Ултра юқори мустаҳкам бўлган бетонларнинг ўта юқори сиқилишдаги мустаҳкамлиги туфайли конструкциянинг вазнини камайтириш ҳам мумкин. Ушбу вазни камайтириш янада нозик қурилишларда, кўп қаватли биноларда фойдали майдон ортишига ва умумий ҳаражатларни камайтиришга олиб келади. Бетоннинг ўта юқори мустаҳкамлиги туфайли арматура сарфини камайтириш ҳам мумкин. Шу билан бирга, меъморлар ва дизайнерларга деярли мураккаб конструктив элементларни турли шакллари яратиш имкониятини бериши бўйича хулоса қилиш мумкин. Ултра юқори мустаҳкам бетонларнинг камчиликларига, унинг юқори цемент сарфини (950-1000 кг/м³) талаб қилиш омилини киритиш мумкин. Бундан ташқари, кремний деоксиддан (150-250 кг/м³) фойдаланиш карбонат ангидритни CO₂ сарфини кўпайишига ва глобал исишнинг ортишига олиб келиши мумкин.

Хулосалар

УЮМБ бутун дунё бўйлаб бир нечта конструкцияларда қўлланилган бўлсада, у хали ҳам кенгрок татбиқ этилиши учун баъзи қийинчиликларга дуч келмоқда. Ушбу инновацион материалнинг афзалликлари етарли даражада тадқиқ қилинмаган ва маълум эмас. УЮМБни қурилиш соҳасида муваффақиятли қўлланиши учун қуйидаги асосий муаммолар ҳал қилиниши зарур деб ҳисоблаймиз:

1. УЮМБни курилиш соҳасида кенг татбиқ этилишини таъминлаш учун бу турдаги бетон таркибини оптималлаштиришнинг амалий усуллари ишлаб чиқилишини мақсадга мувофиқ деб ҳисоблаймиз.
2. УЮМБда жуда кам миқдорда *c/б* нисбатини талаб қилиши туфайли қоришмани энг мақбул вариантларда тайёрлаш ва аралаштириш учун юқори кувватли миксер конструкцияларини яратилиши лозим.
3. УЮМБнинг эгилишдаги мустаҳкамлик хусусиятларига толаларнинг йўналиши таъсир қилади. Шунинг учун, матрицадаги толаларнинг керакли йўналиш билан самарали тақсимланишига имкон берувчи ишончли усулни ишлаб чиқиш зарурдир.
4. УЮМБнинг мустаҳкамлик ва ишончлилик хусусиятлари иссиқлик билан ишлов беришга боғлиқ ҳисобланади. Шу сабабли, иссиқлик билан ишлов бериш учун махсус тадбирлар ва усуллари алоҳида муҳим томонларини илмий жиҳатдан асослаш лозим.
5. УЮМБнинг юқори мустаҳкамлиги ва бошқа ноёб хоссаларидан самарали фойдаланиш учун амалий ва ишончли курилиш меъёрлари ва қоидалари ҳамда тайёрлаш технологиясининг илмий жиҳатдан асосланган тартибини ишлаб чиқиш зарур.

Адабиётлар

- [1]. Abbas S., Nehdi M. L., Saleem M. A. Ultra-high performance concrete: Mechanical performance, durability, sustainability and implementation challenges //International Journal of Concrete Structures and Materials. – 2016. – Т. 10. – С. 271-295.
- [2]. Ma J. et al. Comparative investigations on ultra-high performance concrete with and without coarse aggregates //International Symposium on Ultra High Performance Concrete, Kassel, Germany. – 2004. – С. 205-212.
- [3]. Richard P., Cheyrezy M. H. Reactive powder concretes with high ductility and 200-800 MPa compressive strength //Special Publication. – 1994. – Т. 144. – С. 507-518.
- [4]. Matte V., Moranville M. Durability of reactive powder composites: influence of silica fume on the leaching properties of very low water/binder pastes //Cement and concrete composites. – 1999. – Т. 21. – №. 1. – С. 1-9.
- [5]. Chan Y. W., Chu S. H. Effect of silica fume on steel fiber bond characteristics in reactive powder concrete //Cement and concrete research. – 2004. – Т. 34. – №. 7. – С. 1167-1172.
- [6]. Xing F. et al. Study on preparation technique for low-cost green reactive powder concrete //Key Engineering Materials. – 2005. – Т. 302. – С. 405-410.
- [7]. De Larrard F., Sedran T. Mixture-proportioning of high-performance concrete //Cement and concrete research. – 2002. – Т. 32. – №. 11. – С. 1699-1704.
- [8]. Gao R. et al. Static properties of plain reactive powder concrete beams //Key Engineering Materials. – 2005. – Т. 302. – С. 521-527.
- [9]. Wen-yu J. et al. Study on reactive powder concrete used in the sidewalk system of the Qinghai-Tibet railway bridge //International Workshop on Sustainable Development and Concrete Technology, Beijing, China. – 2004. – С. 333-338.
- [10]. Shi C. et al. A review on ultra-high performance concrete: Part I. Raw materials and mixture design //Construction and Building Materials. – 2015. – Т. 101. – С. 741-751.
- [11]. Wille K., Naaman A. E., Parra-Montesinos G. J. Ultra-High Performance Concrete with Compressive Strength Exceeding 150 MPa (22 ksi): A Simpler Way //ACI materials journal. – 2011. – Т. 108. – №. 1.
- [12]. Droll K. Influence of additions on ultra-high performance concretes–grain size optimisation //Proceedings of the International Symposium on UHPC, Kassel, Germany. – 2004. – С. 285-301.
- [13]. Tue N. V. et al. Influence of addition method of superplasticizer on the properties of fresh UHPC //Proceedings of the 2nd International Symposium on Ultra-High Performance Concrete, Kassel, Germany. 2008. – С. 93-100.
- [14]. Heinz D., Dehn F., Urbonas L. Fire resistance of ultra-high performance concrete (UHPC)–Testing of laboratory samples and columns under load //International symposium on ultra-high performance concrete. – Kassel Germany, 2004. – С. 703-715.
- [15]. Schmidt M., Fehling E. Ultra-high-performance concrete: research, development and application in Europe //ACI Spec. Publ. – 2005. – Т. 228. – №. 1. – С. 51-78.
- [16]. Park J. J. et al. Influence of the ingredients on the compressive strength of UHPC as a fundamental study to optimize the mixing proportion //Proceedings of the second international symposium on ultra-high performance concrete. – Kassel University Press GmbH, Kassel, Germany, 2008. – С. 105-112.
- [17]. Ghafari E. Et al. Influence of nano-silica addition on durability of UHPC //Construction and Building Materials. – 2015. – Т. 94. – С. 181-188.
- [18]. Shakhmenko G. et al. UHPC containing nanoparticles synthesized by sol-gel method //Proceedings of the 3rd International Symposium on UHPC and Nanotechnology for High Performance Construction Materials, Kassel, Germany. – 2012. – С. 79-85.

УДК 621.391

ИССЛЕДОВАНИЕ СОЛНЕЧНОЙ ПАНЕЛИ БЕЗ СИСТЕМЫ ОЧИСТКИ ОТ ПЫЛИ

Х.Ф. Зикриллаев, Т.Б. Содиков

Ташкентский государственный технический университет, sodikovtim94@gmail.com

(Получена 03.07.2023 г.)

This article discusses a solar panel that does not have a dust cleaning system. The study revealed that the maximum efficiency value of the solar panel was 10.70 %, which is 24.94 % and 30.96 % less than the rated efficiency value at NOCT and STC respectively. Therefore, to increase the efficiency of solar panels, it is necessary to periodically clean their surface from dust or use an automatic cleaning system.

Keywords: energy system, renewable energy sources, a solar panel, solar flux density, short circuit current, open circuit voltage, power, efficiency.

Ушбу мақолада чангдан тозалаш тизимига эга бўлмаган қуёш панели қўриб чиқилган. Тадқиқот жараёнида ўрганилаётган қуёш панелини фойдали иш коэффициентининг максимал қиймати 10.70 % ни таъкил этди, бу эса NOCT ва STC ҳолатларидаги фойдали иш коэффициентининг қийматидан мос равишда 24.94 % ва 30.96 % га кам. Шунинг учун қуёш панелларининг фойдали иш коэффициентини ошириш учун уларнинг юзасини вақти-вақти билан чангдан тозалаш ёки автоматик тозалаш тизимини қўллаш зарур.

Таянч сўз ва иборалар: энерготизим, қайта тикланувчи энергия манбалари, қуёш панели, қуёш нурланишининг оқим зичлиги, қисқа туташув тоқи, салт юриш кучланиши, қувват, фойдали иш коэффициенти.

В данной статье рассмотрена солнечная панель, у которой отсутствует система очистки от пыли. В ходе исследования выяснилось, что максимальное значение КПД солнечной панели составил 10.70 %, что на 24.94 % и 30.96 % меньше, чем паспортное значение КПД при NOCT и STC соответственно. Поэтому для повышения КПД солнечных панелей необходимо периодически очищать их поверхность от пыли или же применить автоматическую систему очистки.

Ключевые слова: энергосистема, возобновляемые источники энергии, солнечная панель, плотность потока солнечного излучения, ток короткого замыкания, напряжение холостого хода, мощность, коэффициент полезного действия.

Введение. За последние годы во всём мире спрос на энергию, прежде всего на электрическую энергию, значительно растёт, а это в свою очередь требует искать новые источники энергии для дальнейшего и без перебойного снабжения потребителей энергией. Согласно данным Министерства Энергетики Республики Узбекистан, в 2022 году было выработано 74,3 млрд кВт*ч электроэнергии, что на 3 млрд больше чем 2021 год, а по сравнению с 2016 годом на 15,3 млрд больше. Делается прогноз, что к 2030 году потребление электроэнергии достигнет 120,8 млрд кВт*ч [1]. Поэтому в стране принимаются ряд законодательных актов по развитию энергетической отрасли, где уделяется особое внимание на возобновляемые источники энергии, потому что они безвредные, экологически чистые и играют ключевую роль в достижении углеродной нейтральности. Например, Указ Президента Республики Узбекистан от 09.09.2022 г. № УП-220 «О дополнительных мерах по внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии малой мощности», стал импульсом для развития энергетического сектора, согласно которому, нуждающимся семьям за счёт дополнительных источников местных бюджетов обеспечивается установка возобновляемых источников энергии, а именно водонагревательные установки с объемом не менее 100 литров, солнечные фотоэлектрические станции с мощностью до 1 кВт. Кроме того, если физические лица установят ветряные станции, солнечные водонагревательные установки и солнечные электростанции отечественного производства, то в зависимости от их объема и мощности установок государство предоставляет компенсацию, а также предоставляет оплатить за эти установки в рассрочку без процентов в течении 3 лет, а всё это в свою очередь даёт широкую

возможность внедрить возобновляемые источники энергии в энергосистему [2-3]. Известно, что гидроэнергетика положительно влияет на энергетическую систему, но имеет такие недостатки как зависимость от индивидуальных факторов местности, зависимость от среднегодового расхода и напора воды. Эти недостатки делает её неприемлемым, особенно в то время, когда наблюдается нехватка воды, поэтому делается акцент в основном на солнечную энергетику, так как значения уровня инсоляции достигает от 3,6 до 4,6 кВт*ч/м², что доказывает наша страна благодаря благоприятному климатическому и географическому положению имеет огромный потенциал солнечного ресурса [4-6]. Именно поэтому за последние годы строятся новые фотоэлектрические станции разной мощности, на крышах административных зданий, жилых домов и промышленных предприятий устанавливаются солнечные панели и солнечные коллекторы, которые будут покрывать их собственные нагрузки вследствие чего в какой-то объеме будет сэкономлено природный газ, а также значительно будет ограничено изменение климата из-за недопущения парникового эффекта. Это самый важный и преимущественный аспект использования солнечных панелей и коллекторов. Однако, не следует забывать, что в солнечной энергетике, как и во всех отраслях существует ряд проблем связанные с эксплуатацией, это подвергание солнечных панелей к деградации, сильная зависимость солнечных панелей от внешней среды, дороговизна аккумуляторной батареи, зависимость эффективности солнечной батареи от геометрии её поверхности, зависимость электрических параметров от плотности потока солнечного излучения [7-10]. Поэтому для эффективного использования солнечных панелей необходимо периодически их тестировать, анализировать их реальное состояние и принять соответствующие меры. Цель данной работы – исследовать солнечную панель у которой отсутствует система очистки и сделать анализ её работы, а для этого надо выполнить следующие задачи – провести научно-практические исследование на фотоэлектрической станции, измерить текущие электрические параметры изучаемой солнечной панели, сравнить текущие и каталожные электрические параметры, а также сделать анализ и выявить заключения.

Основная часть. Научно-практические исследования были основаны на математический метод, метод мониторинга, измерения и наблюдения (рис.1).



Рис.1. Процесс проведения научных исследований.

На станции, который запущен в тестовом режиме, установлены солнечные панели разного типа и разной мощности, которые относятся к зарубежному производству. А в настоящей работе будем изучать солнечную панель под названием HANWHA с номинальной мощностью 250 Вт, общий вид которого показан на рис.2.

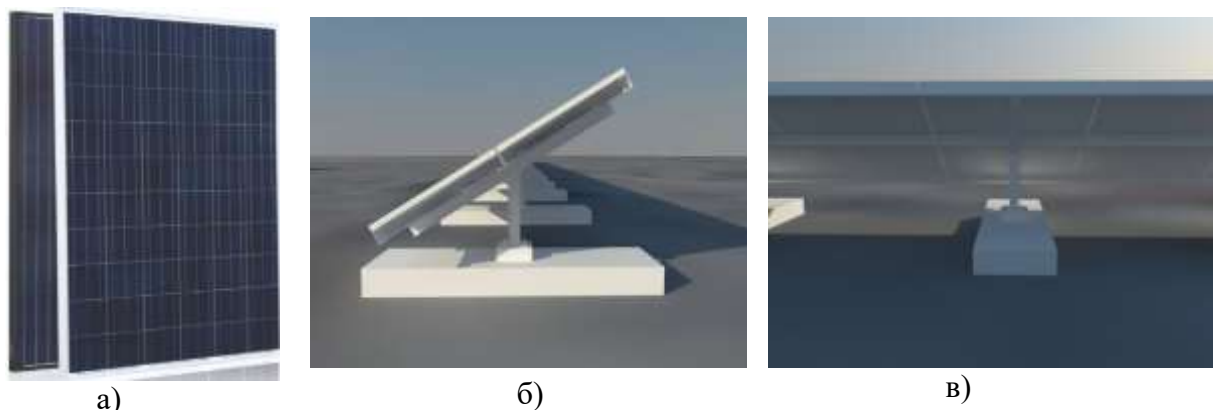


Рис.2. Изучаемая солнечная панель. а) общий вид; б) трекер солнечной панели –вид сбоку; в) трекер солнечной панели – вид сзади.

Из вышепоказанных рисунков не трудно выяснить, что изучаемая солнечная панель не имеет систему очистки от пыли, не имеет систему охлаждения, а трекер её стационарный, то есть не снабжен системой слежения за солнцем, а всё это в свою очередь при длительной работе модулей приводит к снижению их параметров.

Таблица 1.

Электрические характеристики изучаемой солнечной панели при номинальной рабочей температуре солнечного элемента (NOCT)

Класс мощности	235 Вт	240 Вт	245 Вт	250 Вт	255 Вт
Максимальная мощность P_{max}	172 Вт	175 Вт	179 Вт	183 Вт	186 Вт
Напряжение холостого хода V_{oc}	34,4 В	34,6 В	34,8 В	35,0 В	35,2 В
Ток короткого замыкания I_{sc}	6,89 А	6,97 А	7,05 А	7,13 А	7,22 А
Напряжение при максимальной мощности V_{mp}	26,5 В	26,8 В	27,3 В	27,6 В	27,9 В
Ток при максимальной мощности I_{mpp}	6,50 А	6,53 А	6,56 А	6,64 А	6,67 А
Коэффициент полезного действия модуля η	13,3 %	13,5 %	13,8 %	14,2 %	14,4 %

Известно, что для оценки влияния реальных условий работы на генерацию солнечных панелей существует различные тестовые условия, при которых определяются производительность и эффективность модулей. Одним из этих тестовых условий - номинальная рабочая температура солнечного элемента (NOCT). На вышепоказанном таблице, приведены параметры изучаемой солнечной панели при NOCT, где максимальная мощность P_{max} , напряжение холостого хода V_{oc} , ток короткого замыкания I_{sc} , напряжение при максимальной мощности V_{mp} и ток при максимальной мощности I_{mpp} были определены при интенсивности солнечного света 800 Вт/м^2 , скорости ветра 1 м/с и температуре воздуха 20° С . Однако, в реальных условиях, где эксплуатируются солнечные панели, эти параметры искажаются. На нижеприведенных таблицах приведены текущие электрические параметры, которые были получены в ходе исследования.

Таблица 2.

Текущие электрические параметры изучаемой солнечной панели.

№	U_{xx} , В	$I_{кз}$, А	$P_{вых}$, Вт
1	34.2	5.51	141
2	33.9	5.91	149
3	34.0	6.11	155
4	33.8	6.53	163
5	33.7	5.32	134

Из вышепоказанной таблицы 2 видно, что текущее значение параметров отличаются от значений параметров, которые приведены в таблице 1. Это объясняется тем, что окружающая среда, где эксплуатируются солнечные панели не соответствует условиям NOCT. Кроме того, на искажение этих параметров влияют такие факторы как температура окружающей среды, которая за последние годы становится наиболее неустойчивой, высокий уровень запыленности территории, направление лучей солнца. Например, при четвертом измерении I_{kz} изучаемой солнечной панели достиг своего максимума и составил 6,53 А, что на 8,41 % меньше, I_{kz} при NOCT, а чем ток короткого замыкания при STC меньше на 25.71 %. Максимальное значение выходной мощности панели составил 163 Вт, что на 10.92 % и 33.6 % меньше, чем значение мощности при NOCT и STC соответственно.

Таблица 3.

Разница КПД солнечной панели.

№	Расчёт КПД η , %	Паспортное значение КПД η при NOCT, %	Паспортное значение КПД η при STC, %	Уменьшение КПД по отношению КПД при STC, %	Уменьшение КПД по отношению КПД при NOCT, %
1	10.38	14.2 %	15.5	33.03	26.90
2	9.93			35.93	30.07 %
3	10.31			33.48	27.39
4	10.70			30.96	24.64
5	9.19			40.70	35.28

В вышепоказанной приведены значение коэффициента полезного действия η солнечной панели при NOCT и STC, а также показаны отклонение КПД от значений КПД при этих условиях. Если сравнить, то при первом расчёте КПД солнечной панели была равна 10.38 %, по сравнению с значением КПД при NOCT она на 26.90 % меньше, а по сравнению с значением КПД при STC на 33.03 % меньше. Максимальное значение коэффициента полезного действия при расчёте была равна 10.70 %, что на 30.96 % и на 24.64 % меньше значения КПД при STC и NOCT соответственно. Поэтому для недопущения снижения КПД необходимо периодически очищать поверхность солнечных панелей от пыли или же выходя из конструктивно-механической части панелей применить автоматическую систему очистки от пыли, так как, ручная очистка фотоэлектрических станций требует значительного времени, а это крайне недопустимо, особенно в то время, когда в энергосистеме наблюдается дефицит энергии, а спрос неуклонно растёт.

Заключение. Таким образом, из вышесказанного можно заключить следующее:

1. Постановления и Указы Президента Республики Узбекистан о возобновляемых источниках энергии станут импульсом для развития энергетического сектора;
2. Максимальное значение тока короткого замыкания изучаемой солнечной панели составил 6.53 А, что на 8.41 % и 25.71 % меньше, чем паспортное значение тока короткого замыкания при NOCT и STC соответственно;
4. Максимальное значение выходной мощности при измерении составил 163 Вт, что на 10.92 % и 33.6 % меньше, чем паспортная мощность при NOCT и STC соответственно;
4. Максимальное значение КПД панели составил 10.70 %, что отличается от паспортных значений КПД при STC и NOCT на 30.96 % и 24.94 % соответственно;
5. Для того чтобы сократить разницы выше приведенных параметров необходимо выходя применить автоматическую систему очистки.

Список литературы

- [1]. Зикриллаев Х.Ф., Содиков Т.Б. Перспективы развития возобновляемых источников энергии. // Международная научная конференция памяти академика НАН Республики Казахстан Эрнста

- Гербертовича Бооса. – Казахстан, 2023 г. – С.17-19.
- [2]. Содиков Т.Б. Импульсы к развитию «зеленой энергетики» Узбекистана. // Международная научная конференция памяти академика НАН Республики Казахстан Эрнста Гербертовича Бооса. – Казахстан, 2023 г. – С.38-39.
- [3]. Указ Президента Республики Узбекистан от 09.09.2022 г. № УП-220 «О дополнительных мерах по внедрению энергосберегающих технологий и развитию возобновляемых источников энергии малой мощности», Ташкент, 2022.
- [4]. Жураев К.С., Шадибекова Ф.Т. Перспективы строительства гидроаккумулирующих электростанций в Узбекистане. Журнал «Technical science and innovation», 2019 №1(106).
- [5]. Умирова Н.Р., Каршиева Н.Х. Обследование потенциальных мест для строительства микро-ГЭС в Узбекистане. Журнал «Technical science and innovation», 2019 №2 (107).
- [6]. Аллаев К.Р. Современная энергетика и перспективы её развития. –Т.: Фан, 2021: - 581 с.
- [7]. Turabdjano S, Toshov J, Saitov E, et.al Research of electrophysical parameters of different types of solar panels taking into account degradation processes. // Rudenko International Conference Methodological problems in Reability Study of Lage Energy Systems, 05 January 2023.
- [8]. Zikrillayev N, Toshov J, Saitov E, Sodikov T Development and selection of equipment for a peak autonomous photo power plant. // Rudenko International Conference Methodological problems in Reability Study of Lage Energy Systems, 05 January 2023.
- [9]. S.Shoguchkarov et.al The effect of the surface geometry of a photovoltaic battery on its efficiency. // Rudenko International Conference on Methodological Problems in Reability Study of Large Energy Systems E3S Web of conferences September 21, 2020.
- [10]. <https://lex.uz/uz/docs/6189043>

УДК 629.735

**РАЗРАБОТКА МАТЕМАТИЧЕСКОЙ МОДЕЛИ АВТОМАТИЧЕСКОГО
ЗАВИСИМОГО ГИБРИДНОГО НАБЛЮДЕНИЯ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И
ПРЕДОТВРАЩЕНИЯ АВАРИЙНЫХ СИТУАЦИЙ В АВИАЦИИ**

Н.М. Тураева

*Узбекский государственный университет физической культуры и спорта, t.nasiba@gmail.com
(Получена 26.09.2023 г.)*

This article shows the key features of the development of a mathematical model of automatic dependent hybrid observation and discriminatory characteristics, and discusses the issues of choosing optimal parameters for the functioning of the components of a digital system for automatic target tracking in range.

Keywords: *mathematical model, probability theory, time discriminator, voltage-code converter, code-time delay converter.*

В данной статье показаны ключевые особенности разработки математической модели автоматического зависимого гибридного наблюдения и дискриминационной характеристики, а также и рассмотрены вопросы выбора оптимальных параметров функционирования составных частей цифровой системы автоматического сопровождения цели по дальности.

Ключевые слова: *математическая модель, теория вероятностей, временной дискриминатор, преобразователь напряжение-код, преобразователь код-временная задержка.*

Ushbu maqolada avtomatik bog'liqli gibridd kuzatuvning matematik modelini va diskriminatsion xarakteristikalarini ishlab chiqishning asosiy xususiyatlari ko'rsatilgan, shuningdek, diapazonda nishonni avtomatik kuzatish uchun raqamli tizim komponentlarining ishlashi uchun optimal parametrlarni tanlash masalalarini ko'rib chiqilgan.

Таянч сўз ва иборалар: *matematik model, ehtimollar nazariyasi, vaqt diskriminatori, kuchlanish-kod konvertori, kod-vaqtqi kechiktirish konvertori.*

Аннотация. Автоматическое зависимое гибридное наблюдение (АЗГН) является важным инструментом для обеспечения безопасности и контроля в различных областях, таких как авиация, медицина, промышленность и транспорт. Основное предназначение

АЗГН - обнаружение и предотвращение аварийных ситуаций, а также определение их причин.

Разработка математической модели АЗГН имеет большое значение для повышения эффективности этой системы. Модель должна учитывать все основные параметры, влияющие на процесс наблюдения: типы датчиков, расположение объектов наблюдения, характеристики среды и другие факторы.

Введение.

Автоматическое зависимое гибридное наблюдение – это метод мониторинга объектов, который сочетает в себе преимущества как автономного, так и зависимого наблюдения. Он позволяет эффективно контролировать процессы на объектах, обнаруживать возможные нарушения и предотвращать их.

Для обеспечения эффективности и точности такого наблюдения необходимо разработать математическую модель, которая будет учитывать все факторы, влияющие на процессы контроля объектов.

Разработка математической модели автоматического зависимого гибридного наблюдения – это сложный процесс, требующий высокой квалификации и знания различных областей науки. Однако, благодаря такой модели можно значительно повысить эффективность контроля объектов и предотвратить возможные аварии и неисправности.

В основе математической модели АЗГН лежит теория вероятностей. В процессе разработки модели необходимо определить вероятность возникновения аварийных ситуаций при различных условиях. Для этого проводятся эксперименты и анализируются данные о предшествующих авариях.

Важным элементом математической модели АЗГН является алгоритм работы системы. Он должен быть максимально эффективным и обеспечивать своевременное обнаружение и реагирование на аварийные ситуации. Алгоритм может быть разработан на основе методов искусственного интеллекта, таких как нейронные сети, генетические алгоритмы или экспертные системы.

Важным этапом разработки математической модели АЗГН является ее верификация и валидация. Верификация представляет собой проверку соответствия модели заданным требованиям. Валидация - это проверка работоспособности модели на реальных данных.

Основная часть.

Математическая модель автоматического зависимого гибридного наблюдения является комплексной системой, которая объединяет в себе динамическую модель объекта, систему наблюдения, компьютерную систему обработки данных и систему управления. Она позволяет автоматизировать процесс наблюдения и управления за объектом с высокой точностью и надежностью и может быть описана следующим образом:

Объект наблюдения описывается динамической системой, заданной уравнением:

$$dx/dt = f(x, u, t) \quad (1)$$

где x - вектор состояния объекта, u - вектор управления, t - время.

На основе этих параметров математическая модель будет представлять собой комплексную систему уравнений и функций, которые будут связывать различные характеристики полета и обеспечивать эффективную передачу информации между самолетами и наземными станциями управления:

$$\begin{cases} P = f(t) \\ A = g(t) \\ V = h(t) \\ C = i(t) \\ B = j(t) \end{cases} \quad (2)$$

Для каждого из параметров можно использовать различные математические функции, которые будут зависеть от конкретных условий и требований. Например, для определения позиции самолета P в зависимости от времени t можно использовать следующую формулу:

$$P(t) = P_0 + vt \quad (3)$$

где P_0 - начальная позиция самолета, v - скорость самолета.

Аналогично, для определения высоты A и скорости v можно использовать соответствующие формулы в зависимости от конкретных условий полета.

Для определения уникального идентификатора полета C можно использовать кодирование информации о маршруте полета, типе самолета и других характеристиках. А для выбора оптимальной частоты B передачи информации можно использовать анализ радиочастотного спектра и других технических параметров передачи данных.

Разработка математической модели АЗГН является сложным процессом, требующим знаний в области теории вероятностей, анализа данных и методов искусственного интеллекта. Однако, правильно построенная модель может значительно повысить эффективность системы наблюдения и обеспечить безопасность в различных областях применения.

Основными компонентами математической модели автоматического зависимого гибридного наблюдения являются:

1. Модель объекта. Эта модель описывает поведение объекта в различных условиях. Она должна учитывать все особенности объекта: его физические параметры, структуру, возможные функциональные нарушения и т. д.

2. Модель среды. Среда, в которой находится объект, может влиять на его поведение и работу системы контроля. Поэтому необходимо учитывать характеристики среды: свойства материалов, температуру, влажность и другие параметры.

3. Модель наблюдения. Эта модель описывает процесс наблюдения за объектом и включает в себя характеристики используемых датчиков, алгоритмы обработки полученных данных и другие параметры.

4. Модель решения. Эта модель определяет, как система должна реагировать на обнаруженные нарушения или неисправности объекта. Она включает в себя алгоритмы принятия решений и действий, которые должны быть выполнены для устранения проблемы.

Рассмотрим математическую модель цифровой системы автоматического сопровождения цели по дальности, которая, в отличие от существующих, удовлетворяет требованиям по устойчивости и качеству системы измерения дальности и автоматического сопровождения цели.

Цифровая система автоматического сопровождения дальности (АСД) обеспечивает измерение дальности до цели и наведения, осуществляет автоматическую временную селекцию отраженных от цели радиоимпульсов-слежение за дальностью, проводит автоматическое измерение дальности [5].

Оценка параметров сигналов, несущих информацию о координатах и характеристиках воздушных целей, является одной из основных операций первичной обработки радиолокационных сигналов. Оценка параметров начинается после того, как принято решение об обнаружении цели. Цифровые системы автоматического сопровождения дальности имеют высокую стабильность параметров [10], которые не зависят от воздействия внешней среды. Кроме этого, при цифровой реализации система автоматического сопровождения дальности значительно сокращает эксплуатационные расходы, связанные с периодическими регулировочными работами по ее обслуживанию [8].

1. Математическая модель аналогового временного дискриминатора

Временной дискриминатор (ВД) предназначен для измерения временного рассогласования между временным положением Энергетического центра отраженного от цели сигнала и временным положением состояния двух след-кующих импульсов.

Временной дискриминатор выполняет функцию сравнения блока, вырабатывающего напряжение, которое зависит от рассогласования [9]:

$$\Delta\tau = \tau_y - \tau_{ci} \quad (4)$$

Напряжение на выходе временного дискриминатора (ВД) определяется как:

$$U_g(kT) + \xi(kT), \quad (5)$$

где $U_g(kT)$ - математическое ожидание исходного напряжения $U_g(kT) = M\{U_g\}$; t - период следования зондирующих импульсов; k -номер очередного радиоконтакта; $\xi(kT)$ - флуктуационная составляющая выходного напряжения.

Математическое ожидание выходного напряжения U_g зависит от величины рассогласования. Эта зависимость называется дискриминаторной характеристикой ВД (рис. 1).

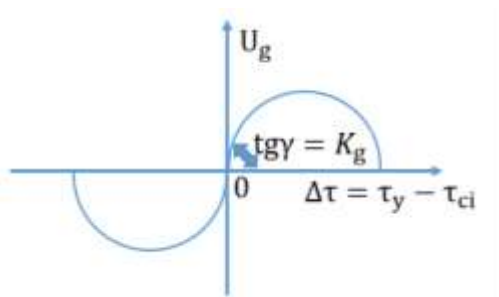


Рис. 1. Дискриминаторная характеристика ВД (разработано автором).

$$K_g = dU_g/d\Delta\tau, \quad (6)$$

$\Delta\tau = 0$ - коэффициент усиления дискриминатора, представляет собой крутизну дискриминаторной характеристики ВД при $\Delta\tau = 0$.

При достаточно небольшом рассогласовании можно считать, что выходное напряжение дискриминатора имеет вид:

$$U_{ВД}(nT, \Delta r(nT)) = U_{ВД}(\Delta r) + \xi(nT, \Delta r(nT)) \quad (7)$$

Исходя из выше сказанного и уравнений (1-2), обобщенная линеаризованная математическая модель ВД будет иметь вид (рис. 2).

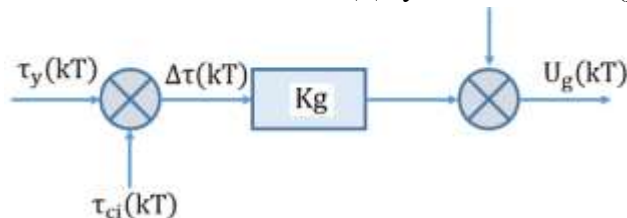


Рис.2. Математическая модель временного дискриминатора.

2. Математическая модель преобразователя напряжение-код (ПНК)

Преобразователь напряжение-код является одним из многообразий аналого-цифрового преобразователя (АЦП), он предназначен для преобразования непрерывной нагрузки в последовательность

цифровых кодов [6]. Для решения этой задачи преобразователь напряжение-код осуществляет цифровое кодирование аналогового напряжения путем осуществления операций ее временной дискриминации, квантирования по уровню и изменения масштаба.

В дальнейшем будем рассматривать преобразователь напряжение-код на примере аналогового цифрового преобразователя.

Из-за того, что в радиолокационной станции (РЛС) используется импульсный сигнал [2], то есть воздействие на входе аналогового цифрового преобразователя является решетчатой функцией времени, отбрасывается необходимость использования временной дискретизации сигнала. С учетом этого получаем математическую модель аналогового цифрового преобразователя (рис. 3).

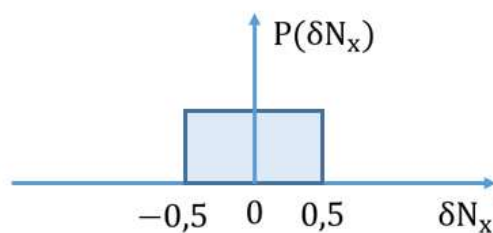


Рис.3. Математическая модель АЦП.

Зачастую вместо нелинейной математической модели аналогового цифрового преобразователя, использование которой затрудняет проведение исследования системы

автоматического управления (САУ), достаточно иметь его линеаризованную модель. Сущность линейной резки заключается в замене нелинейного преобразования линейной операцией сложения [5]:

$$N_x(nT) = N_x(nT) + \delta N_x(T), \quad (8)$$

где $N_x = X/q$ - результат изменения масштаба;

δN_x - погрешность, создаваемая при выделении ближайшего целого из величины N_x , которая зовется «шумом» округления.

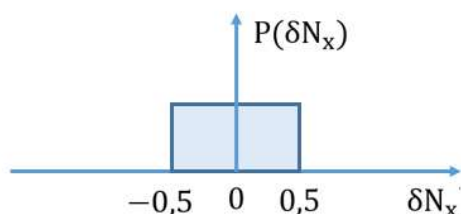


Рис. 4. закон распределения плотности вероятности «шума» округления.

При округлении до ближайшего целого $\delta N_x < 0,5$, для оценки воздействия «шума» округления на качество системы считают, что он является не коррелировано случайной последовательностью, которая распределена на интервале $[-0,5; 0,5]$ по равномерному закону (рис. 4).

$$P(\delta N_x) = \begin{cases} 1, & \text{при } |\delta N_x| < 0,5; \\ 0, & \text{при } |\delta N_x| > 0,5. \end{cases} \quad (9)$$

Исходя из этой гипотезы получим вероятностные характеристики «шума» округления:

– математическое ожидание

$$M\{\delta N_x\} = \int_{-\infty}^{\infty} \delta N_{xp}(\delta N_x) d(\delta N_x) = 0, \quad (10)$$

– дисперсия

$$D\{\delta N_x\} = \int_{-\infty}^{\infty} \delta^2 N_{xp}(\delta N_x) d(\delta N_x) = \frac{1}{12}. \quad (11)$$

Используя все предположения построим линеаризованную математическую модель

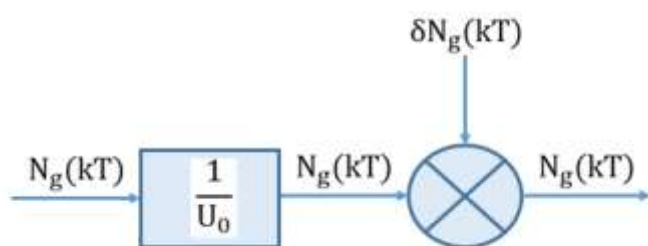


Рис. 5. Схема математической модели ПНК цифровой системы АСД.

преобразователя напряжение-код (ПНК) цифровой системы автоматического сопровождения дальности. Схема математической модели преобразователя напряжение-код цифровой системы автоматического сопровождения дальности приведена на рис. 5.

3. Схема математической модели цифрового фильтра

Цифровой код-преобразователь

(ЦКП), который иногда называют цифровым фильтром, решает следующие задачи:

- преобразует последовательность чисел $N_g(kT)$, что подаются на его вход с выхода преобразователя напряжение-код, в последовательность оценок текущей дальности $r(kT)$ [1].
- формирует последовательность чисел $N_g(kT)$, которая управляет работой преобразователя код - временная задержка (ПКЗ) и тем самым определяет в каждом периоде временной сдвиг следящих импульсов относительно импульсов синхронизации.

В связи с тем, что временной сдвиг следящих импульсов должен быть задан до прихода импульсов цели, когда еще не получена оценка текущей дальности $r(kT)$, для формирования чисел $N_g(kT)$ используются не оценка текущей дальности $r(kT)$, а

экстраполированное на момент времени kT значение дальности $r(kT)$, рассчитанное в предыдущем такте работы цифрового код-преобразователя по уже полученным оценкам дальности $r(kT - T)$, $2r(kT - T)$ и т.д., У соответствии с заложенной в программу работы цифрового код-преобразователя (ЦКП) гипотезой об укреплении дальности с ходом времени.

Поэтому, в текущем такте работы цифрового код-преобразователя, после получения оценки дальности $r(kT)$ рассчитывается величина $r(kT + T)$ – экстраполированное на момент времени $(kT + T)$ значение дальности (момент прихода следующего импульса цели). Значение величины $r(kT + T)$ позволяет определить число $N_k(kT + T)$, которое требуется в следующем такте работы АСД подать на преобразователь код-временная задержка, чтобы получить временной сдвиг следящих импульсов. Таким образом, ЦКП в каждом текущем такте работы рассчитывает величины $r(kT)$, $r(kT + T)$ и $N_k(kT + T)$.

Исходными величинами ЦКП в текущем такте работы являются:

$r(kT)$, - оценка текущей дальности;

$$N_k(kT) = S^{-1} \cdot N_k(kT + T) \quad (12)$$

Построим схему математической модели цифрового код-преобразователя и предположим, что оценка и экстраполяция происходит посредством линейных операций над входными данными.

Тогда можно записать:

$$r = K_0(S) \cdot N_g(kT), \quad (13)$$

$$r(kT + T) = K_g(S) \cdot r(kT), \quad (14)$$

где $K_0(S)$ и $K_g(S)$ – линейные стационарные разностные операторы оценки и экстраполяции соответственно.

Известно, что оценка и экстраполяция дальности в ЦКП осуществляется по алгоритму, который представлен с помощью линейных разностных уравнений [7]:

$$\hat{r}(kT) = r_e(kT) + \frac{1}{K_{gr}} K_1 N_g(kT), \quad (15)$$

$$\hat{V}(kT) = \hat{V}(kT - T) + \frac{1}{K_{gr}} K_2 N_g(kT), \quad (16)$$

$$\hat{r}_e(kT + T) = \hat{r}(kT) + T\hat{V}(kT), \quad (17)$$

где $\hat{r}$ и $\hat{r}_e$ – оценка дальности и ее экстраполированное значение;

$\hat{V}$ – оценка радиальной скорости цели; N_g – выходная величина дискриминатора;

K_1, K_2 – параметры алгоритма;

K_{gr} – коэффициент усиления с размерностью (одиночный разряд), связывающий величину погрешности дальности, выраженную в метрах, со значением исходного кода ПНК.

Для получения оператора оценивания дальности $K_0(S)$ необходимо:

1. решить уравнение (13) относительно оценки радиальной скорости:

$$\hat{V}(kT) = \frac{K_2}{K_{gr}(1 - S^{-1})} \cdot N_g(kT) = K_v(S) N_g(kT). \quad (18)$$

2. подставить выражение (18) в (19). Представить полученное уравнение в символьном виде и разрешить его относительно $r(kT)$:

$$r_e(kT) = S^{-1} \left[\hat{r}(kT) + \frac{K_r t}{K_{gr}(1 - S^{-1})} \cdot N_g(kT) \right] \quad (19)$$

3. подставить в (12) выражение (16) для $r(kT)$. После этого решить полученное соотношение относительно оценки дальности

$$\hat{r}(kT) = \frac{K_1 + (K_2 T - K_1)S^{-1}}{K_{gr}(1 - S^{-1})^2} \cdot N_g(kT), \quad (20)$$

Таким образом:

$$K_0(S) = \frac{K_1 + (K_2 T - K_1)S^{-1}}{K_{gr}(1 - S^{-1})^2}, \quad (21)$$

или по-другому:

$$K_0(S) = \frac{K_1 S^2 + (K_2 T - K_1)S}{K_{gr}(S - 1)^2}, \quad (22)$$

Для получения оператора экстраполяции дальности $K_0(S)$ необходимо:

Решить уравнение (17) относительно $N_g(kT)$:

$$N_g(kT) = \frac{1}{K_0(S)} \cdot r(kT) = \frac{K_2(1 - S^{-1})}{K_1 t(K_2 T - K_1) \cdot S^{-1}} \cdot \hat{r}(kT), \quad (23)$$

Подставить полученный результат в (15):

$$\hat{V}(kT) = \frac{K_v(S)}{K_0(S)} \cdot \hat{r}(kT) = \frac{K_2(1 - S^{-1})}{K_1 + (K_2 T - K_1) \cdot S^{-1}} \cdot \hat{r}(kT), \quad (24)$$

Подставить полученное значение в выражение (17), после чего привести его к виду

$$r_e(kT + T) = \frac{(K_1 + K_2)S - K_1}{K_1 S + K_2 T - K_1} \cdot \hat{r}(kT). \quad (25)$$

Таким образом:

$$K_e(S) = \frac{(K_1 + K_2)S - K_1}{K_1 S + K_2 T - K_1}, \quad (26)$$

$$\tau_{ci}(kT + T) = \frac{2r_e(kT + T)}{C}, \quad (27)$$

где C – скорость света

Чтобы получить селектирующие импульсы, задержанные на время $kT + T$, с точностью не менее половины периода слежения счетных фоне импульсов, на ПКЗ необходимо подать целое N_g , ближайшее к величине отношение τ_{ci}/T_i .

Округление этого числа до ближайшего целого числа в линеаризованной математической модели учитывается введением погрешности $\delta N_k(kT)$ с нулевым математическим ожиданием и дисперсией 12, которая представляет собой независимую случайную

последовательность.

Соотношения (12; 14) определяют упрощенную линеаризованную математическую модель цифрового код-преобразователя, которая приведена на (рис. 6).

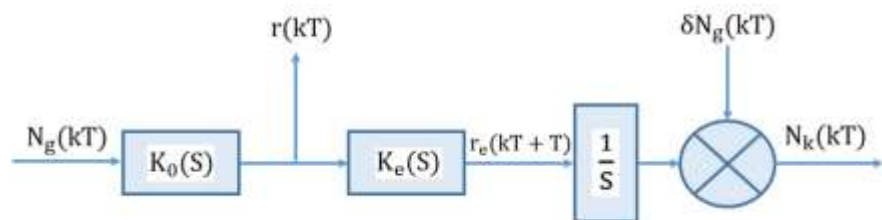


Рис. 6. Схема математической модели цифрового фильтра.

4. Схемы математической модели цифровой системы АСД

Соединяя схемы математических моделей временного дискриминатора, преобразователя напряжение-код, цифрового код-преобразователя и преобразователя код-временная задержка получаем схему математической модели цифровой системы автоматического сопровождения дальности, которая представлена на рис. 7.

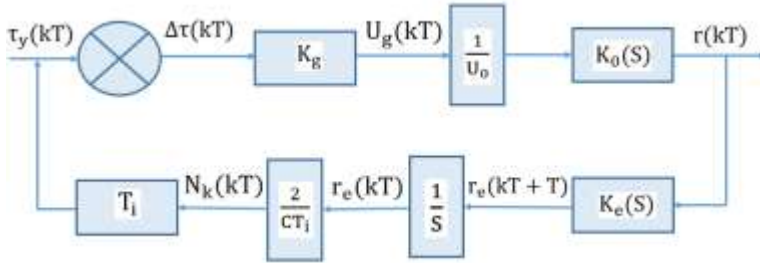


Рис. 7. Схема математической модели цифровой системы АСД.

Для дальнейшего анализа АСД необходимо перейти от схемы математической модели к уравнению, включающему дальность до цели (12). Переход осуществляется путем учета зависимости между дальностью до

$$\tau(kT) = 2/Cr(kT), \quad (28)$$

После этого исключим из схемы математической модели взаимно-обратные операторы T_i и $1/T_i$, для чего перенесем оператор с влиянием $\delta N_k(kT)$ через блок с оператором $2/C \times T_i$. Тогда на входе этого блока будем иметь мешающее эквивалентное воздействие:

$$\delta r_e(kT) = \frac{C \cdot T_i}{2} \delta N_k(kT), \quad (29)$$

который имеет дисперсию

$$D\{\delta r_e\} = \frac{(C \cdot T_i/2)^2}{1^2}, \quad (30)$$

после исключения операторов T_i и $1/T_i$ остается заменить операторы $2/C$ на обоих входах первого сумматора одним оператором $2/C$, вставленным на его выходе. Кроме этого все мешающие влияния, действующие на входе системы, определяются соотношением:

$$S(kT) = \delta r_e(kT) + \frac{CU_0}{2K_g} \delta N_g(kT) + \frac{C}{2K_g} \cdot \varphi(kT), \quad (31)$$

Из – за того, что (kT) - центрированный случайный процесс, то его знак не имеет значения.

Дисперсия эквивалентного мешающего воздействия равна:

$$D_f = \frac{(C \cdot T_i/2)^2}{12} + \frac{(C \cdot U_0/2K_g)^2}{12} + \left(\frac{C}{2K_g}\right)^2 D\varphi, \quad (32)$$

Окончательно преобразованная схема математической модели цифровой системы АСД приведена на рис. 8.

4. Выбор оценки наименьшего разряда ПНК

Наличие квантования по уровню сигнала приводит к появлению дополнительного воздействия, которое негативно действует на работу системы автоматического сопровождения

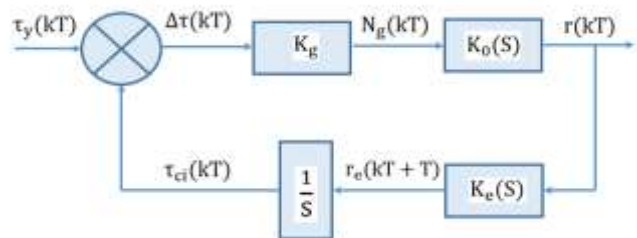


Рис. 8. Упрощенная схема математической модели цифровой системы АСД

дальности с дисперсией [4].

$$D = \left(\frac{CU_0}{2K_D} \right)^2 \cdot \frac{1}{12} \quad (33)$$

Приравнивая выражение (30) к 0,25, находим максимальное значение цены наименьшего разряда преобразователя напряжение-код:

$$U_0 = \frac{\sqrt{3} \cdot 2 \cdot K_D}{C} = \frac{0,69}{3} = 0,23 \quad (34)$$

Таким образом, выбирая цену наименьшего разряда преобразователя напряжение-код менее 0,23 Вольт, можно не учитывать влияние инструментальных ошибок на качество работы системы автоматического сопровождения (АС), которые обусловлены уровнем квантования сигнала в преобразователе напряжение-код.

Заключение. По результатам исследования предложен математический подход к выбору оптимальных параметров функционирования составных частей цифровой системы автоматического сопровождения цели по дальности. С помощью математической модели проведен анализ цифровой и аналоговой систем, по результатам которого получены оптимальные параметры обеспечения устойчивого сопровождения цели:

- на основании исследования модели системы автоматического сопровождения дальности проведен анализ устойчивости и качества системы. Определены допустимые области параметров алгоритма работы цифрового управляющего устройства, при которых система автоматического сопровождения дальности соответствует своему предназначению.

- на основании проведенного анализа качества системы автоматического сопровождения дальности выбрана оценка младшего разряда в преобразователе напряжение-код. Выбирая цену наименьшего разряда преобразователя напряжение-код менее 0,23 в, можно не учесть влияние инструментальных погрешностей, которые обусловлены квантованием по уровню в преобразователе напряжение-код, влияющий на качество работы системы автоматического сопровождения дальности.

Таким образом, по результатам моделирования были обеспечении требования к показателям устойчивости и качества системы автоматического сопровождения дальности, что вполне удовлетворяют требованиям к таким системам.

Список литературы:

- [1]. Абрамов Г.Н. Интерполяционные преобразователи время - цифровой код рециркуляционного типа / Г.Н.Абрамов, Ю.Г. Абрамов // Синергетика природных, технических и социально-экономических систем. 2019. № 16. С. 231-249.
- [2]. Анцев Г.В. Сверхширокополосные сигналы в системах функционального подавления / Г.В.Анцев, В.А. Сарычев // В сборнике: Актуальные проблемы защиты и безопасности. Пленарные доклады ххв всероссийской научно-практической конференции. Санкт-Петербург, 2022. С. 83-94.
- [3]. Боровицкий Д.С. Синтез оптимального временного дискриминатора системы автосопровождения эхосигнала спутникового альтиметра /Боровицкий Д.С., Жестерев А.Е., Мамчур Р.М. // В сборнике: Навигация и управление движением. Материалы XX конференции молодых ученых с международным участием. Научный редактор О.А. Степанов. Под общей редакцией В.Г. Пешехонова. 2018. С. 372-374.
- [4]. Васильев В. А. уточненная модель для обоснования требований к показателю качества радиотехнической следающей системы зенитного ракетного комплекса / В.А. Васильев, И.И. Сачук, А.А. Сосунов // системы вооружения и военная техника. – 2008. – № 2(14). - С. 23-25.
- [5]. Зиятдинов С.И. Последовательный преобразователь напряжение-код со ступенчатым пилообразным напряжением / Патент на изобретение RU 2692426 C1, 24.06.2019. Заявка № 2018100489 от 09.01.2018.
- [6]. Коваль А. А. Методика и результаты экспериментальных исследований флуктуации фазы радиосигнала, отраженного от характерных точек рельефа / А. А. Коваль, В. И. Луценко, В. С. Куц, А. В. Тесленко, А. А. Голинка // Системы обработки информации. – 2004. – № 10(38). - С. 72-83.

- [7]. Имитационное моделирование: учеб. пособие / М. С. Эльберг, Н. С. Цыганков. – Красноярск : Сиб. федер. ун-т, 2017. – 128 с.
- [8]. Эшмурадов Д. Э., Элмурадов Т. Д., Тураева Н. М. Автоматизация обработки аэронавигационной информации на основе многоагентных технологий //Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2022. – Т. 25. – №. 1. – С. 65-76.
- [9]. Эшмурадов Д. Э., Элмурадов Т. Д. МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ АВИАЦИОННОЙ СРЕДЫ //Научный вестник Московского государственного технического университета гражданской авиации. – 2020. – Т. 23. – №. 5. – С. 67-75.
- [10]. Ismailov O. Interaction of International Investment and Trade Regimes on Interpreting Treaty Necessity Clauses: Convergence or Divergence //Geo. J. Int'l L. – 2016. – Т. 48. – С. 505.

20 kv TAQSIMLASH ELEKTR TARMOQLARI NEYTRALINI REZISTORLI YERGA ULASHNI ASOSLASH

A.D. Taslimov¹, F.M. Raximov²

¹Islom Karimov nomidagi Toshkent davlat texnika universiteti, Tel.: +998931836232 (с),

²Navoiy davlat konchilik va texnologiyalar universiteti, Tel.: +998934640045(с),

e-mail: feruz.raximov.2017@mail.ru

(Qabul qilindi 18.11.2023 y.)

Ushbu maqolada 20 kv elektr tarmoqlarida neytralni yerga ulash rejimini tanlash muammosi ko'rib chiqiladi, ushbu kuchlanish tarmoqlarida rezistor orqali neytralni yerga ulashdan foydalanish tarmoqlarning ishonchliligini oshirishga, shikastlangan tarmoqni qidirishni avtomatlashtirishga va bir fazali qisqa tutashuvlarda avariylarni kamaytirishga imkon beradi. Tarmoq uzilish vaqtida ortiqcha kuchlanish ko'effitsiyentining talab qilinadigan darajada ushlab turish uchun rezistor qiymatini bir fazali qisqa tutashuv tokini kamaytiradigan miqdorga oshirish imkoniyati ko'rib chiqiladi.

Kalit so'zlar: neytralning rezistorli yerga ulanishi, qarshilik, podstantsiya, haddan tashqari kuchlanish, elektr xavfsizligi, rele himoyasi.

В данной статье рассматривается проблема выбора режима заземления нейтрали в электрических сетях 20 кв, применение заземления нейтрали через резистор в сетях данного напряжения позволяет повысить надежность сетей, автоматизировать поиск поврежденной сети, снизить аварийность при однофазных коротких замыканиях. Рассматривается возможность увеличения значения резистора на величину, уменьшающую однофазный ток короткого замыкания, для поддержания требуемого коэффициента перенапряжения при отключении сети.

Ключевые слова: резистивное заземление нейтрали, сопротивление, подстанция, перенапряжение, электробезопасность, релейная защита.

This article discusses the problem of choosing the neutral grounding mode in 20 kV electric networks, the use of neutral grounding through a resistor in networks of this voltage allows you to increase the reliability of networks, automate the search for a damaged network, reduce the accident rate in single-phase short circuits. The possibility of increasing the value of the resistor by an amount that reduces the single-phase short-circuit current in order to maintain the required overvoltage coefficient when the network is disconnected is being considered.

Key words: resistive neutral grounding, resistance, substation, overvoltage, electrical safety, relay protection.

Kirish. 20 kV kuchlanishli tarqatish tarmog'ida neytralning yerga ulanish rejimini tanlash elektr taqsimlash tarmoqlarini loyihalash, ishlatish va rekonstruksiya qilishda muhim masaladir.

20 kV tarmoqdagi neytralni yerga ulash rejimi quyidagilarni belgilaydi:

- bir fazali qisqa tutashuv vaqtida zarar ko'rmagan fazalardagi ortiqcha kuchlanish;
- bir fazali qisqa tutashuv vaqtida xodimlar va elektr jihozlarining xavfsizligi;
- bir fazali qisqa tutashuv vaqtida shikastlanish nuqtasida tok;
- bir fazali qisqa tutashuvdan rele himoyasi;
- iste'molchilarni elektr energiyasi bilan uzluksiz va ishonchli ta'minlash;

- elektr jihozlarining izolyatsiyasi darajasi;
- podstantsiyani yerga ulash zanjirining ruxsat etilgan qarshiligi.

Shunday qilib, 20 kV kuchlanishli tarmoqlarda neytralning yerga ulanish rejimi ma'lum bir tarmoqda amalga oshiriladigan ko'plab texnik yechimlarga ta'sir qilishi aniq. Dunyo bo'ylab 20kV tarmoqlarda (o'rta kuchlanishli tarmoqlar) ikki turdagi neytralning yerga ulanilishi qo'llaniladi:

- 1- izolyatsiyalangan neytral;
- 2- rezistor orqali yerga ulangan neytral.

Rivojlangan mamlakatlar o'rta kuchlanishli taqsimlash elektr tarmoqlarining ishlash xususiyatlarini o'rganish natijasida ma'lum bo'ldiki, 20 kV tarmoqlarning 75% dan ko'prog'ida, masalan, Shvetsiya, Fransiya, Italiya, Germaniyada neytralni rezistor orqali yerga ulash qo'llaniladi. Ushbu ishning maqsadi 20 kV kuchlanishli elektr tarmoqlarida neytralning rezistor orqali yerga ulashdan foydalanishdir [1].

Asosiy qism. To'plangan global va mahalliy tajriba o'rta kuchlanishli tarmoqlar neytralining rezistorli yerga ulashga o'tish kuchlanish transformatorlarining cho'lg'amlarida sezilarli darajada ortiqcha kuchlanish hosil bo'lishi yoki tokning ortib ketishiga olib keladigan bir qator xavfli jarayonlarni bartaraf etish orqali 20 kV elektr tarmoqlarining ishonchliligini sezilarli darajada oshirishi mumkinligini ko'rsatadi [2].

Tarmoq neytralining rezistorli yerga ulash quyidagilarga imkon beradi:

- 1) bir fazali qisqa tutashuv paytida ortiqcha kuchlanishni uskunani izolyatsiyalash uchun maqbul darajaga samarali cheklash;
- 2) kuchlanish transformatorlarining magnit zanjirlarining to'yinganligidan kelib chiqadigan xavfli ferrezonans hodisalarini bartaraf etish;
- 3) bir fazali qisqa tutashuvdan himoya qilish orqali qisqa tutashuv nuqtasini aniqlashning selektivligini ta'minlash.
- 4) rezonans jarayonlarini bostirish orqali qisqa tutashuvdan himoya qilishning to'g'ri ishlashini ta'minlash [3].

Neytralni rezistorli yerga ulashda bir fazali qisqa tutashuv paytida yerga ortiqcha kuchlanishni cheklash toksiz to'xtash paytida shikastlanmagan fazalarning sig'imini tushirish vaqt konstantasini kamaytirish va neytraldagi kuchlanishni bir darajaga kamaytirish orqali amalga oshiriladi.

Neytralni yerga ulash rezistorlari uchun ulanish sxemalari

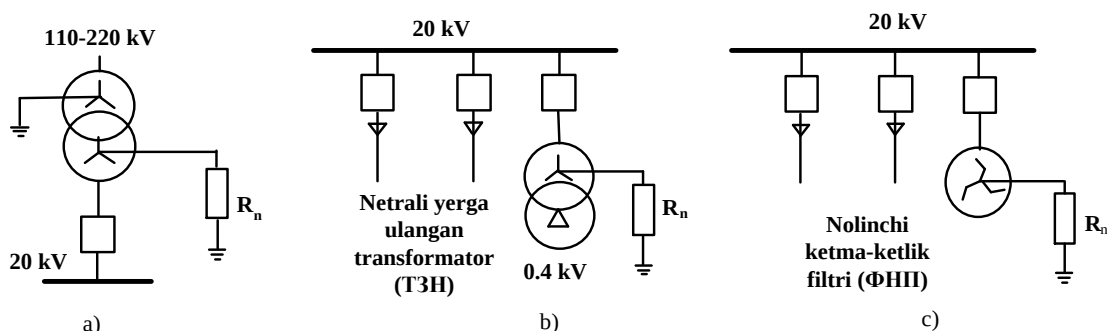
Zamonaviy amaliyotda rezistorlarni ulashning uchta asosiy sxemasi keng qo'llaniladi:

1. Quvvat markazida nol kuchlanish ketma-ketligi bilan 220(110)/20 kV kuchlanishli kuch transformatorining cho'lg'amini neytralga ulash (Y_0/Y_0), (1-rasm, a ga qarang).
2. Kuchlanishi 20/0.4 kV va yerga ulash sxemasi Y_0/Δ -11 bo'lgan yerga ulash maxsus transformatori neytraliga rezistorlarni ulash (1-rasmga qarang, b).
3. Zigzag usuli (Z_0) asosidagi ulanish sxemasi bilan nol ketma-ketlik filtrini ($\Phi\Pi\Pi$) qo'llash (1-rasmga qarang, c) [4].

Ushbu sxemalarning har biri turli xil elektr tarmoqlari sharoitida o'zining afzalliklari va qo'llash xususiyatlariga ega, bu esa muayyan vazifalar va ish sharoitlari uchun maqbul tanlovni aniqlash uchun qo'shimcha tahlil va tadqiqotlarni talab qiladi.

Yuqori kuchlanishli past qarshilikli neytral rezistorli yerga ulash qurilmasi bir fazali qisqa tutashuv sodir bo'lgan tarmoqni tanlab tez (rele himoyasi qurilmalarining ishlashi uchun zarur bo'lgan vaqt ichida) va sanoat chastotasining nol ketma-ketligi tokining faol tarkibiy qismini

yaratish orqali o'chirish uchun mo'ljallangan. Past qarshilikli rezestorlarning nominal qiymatlari 1-jadvalda keltirilgan [5].



1-rasm. 20 kV tarmoq neytralini rezistor orqali yerga ulash sxemasi.

20 kV taqsimlash tarmoqlarida qo'llaniladigan past qarshilikli rezistorlarning nominal qiymatlari

1-jadval

Rezistor quvvati, кВт	5391	4043	3234	2310	2021	1797	1294	1078	809	539	404	323
Rezistor nominal qarshiligi, Ом	30	40	50	70	80	90	125	150	200	300	400	500
Rezistor toki, А	424	318	254	182	159	141	102	85	64	42	32	25

Neytralning yuqori qarshilikli rezistor orqali yerga ulash tarmoqdagi ortiqcha kuchlanish darajasining ruxsat etilgan qiymatga pasayishi, signalga ta'sir ko'rsatadigan bir fazali yer bilan qisqa tutashuvdan selektiv samarali himoyani tashkil etish va himoya ta'sirida bir fazali yer bilan qisqa tutashuv rejimida tarmoqning uzoq vaqt ishlashi mumkinligi bilan tavsiflanadi. Yuqori qarshilikli rezestorlarning nominal qiymatlari 2- jadvalda keltirilgan.

20 kV taqsimlash tarmoqda qo'llaniladigan yuqori qarshilikli rezistorlarning nominal qiymatlari

2-jadval

Rezistor quvvati, кВт	404,3	269,5	202,1	134,8	115,5	89,8	64,7	53,9	40,4	32,3	23,1	20,2
Rezistor nominal qarshiligi, Ом	400	600	800	1200	1400	1800	2500	3000	4000	5000	7000	8000
Rezistor toki, А	31,8	21,2	15,9	10,6	9,1	7,1	5,1	4,2	3,2	2,5	1,8	1,6

Neytralni rezistor orqali yerga rejimini tanlash shartlari.

Tarmoq neytralining rezistorli yerga ulash turini aniqlash vazifasi ko'p qirrali bo'lib, quyidagi tarkibiy qismlarni o'z ichiga oladi:

- elektr xavfsizligini yuqori darajada ta'minlash;
- iste'molchilarning ishonchli va uzluksiz elektr ta'minoti;
- tarmoqdagi ortiqcha kuchlanish darajasini pasaytirish;
- avariya holatlaridan ishonchi rele himoyasini tashkil etish;
- rezistorli yerga ulashdan foydalanishning texnik-iqtisodiy asoslanishi;
- rezistorni ulaydigan transformatorning quvvatini aniqlash [6].

Elektr xavfsizligini ta'minlash sharti bo'yicha rezistor qarshiligining qiymatini tanlash.

Elektr xavfsizligini ta'minlash sharti, yerga ulash moslamasining yoki teginish kuchlanishining ruxsat etilgan qarshilik qiymatlarini mavjud standartlashtirishni hisobga olgan holda, podstansiyada bir fazali yer bilan qisqa tutashuv paytida odamlar uchun elektr xavfsizligi shartlariga rioya qilishdir. Neytrali rezistor orqali yerga ulangan 20 kV podstansiyada, agar yerga ulash qurilmasining ruxsat etilgan qarshilik qiymati $R_{rux.}$ shartni qanoatlantirsa, elektr xavfsizligi ta'minlanadi.

$$R_{rux.} \leq \frac{R_{y.u.} \cdot R_n}{\sqrt{R_n^2 + X_C^2}}, \text{ Om} \quad (1)$$

bu yerda $R_{y.u.}$ -elektr uskunalarni o'rnatish qoidalari bilan normallashtirilgan yerga ulash qurilmasining qarshilik qiymati, Om.

(1) dan kelib chiqadiki, [7] ga muvofiq qabul qilingan yerga ulash qarshiligining ruxsat etilgan qiymati bilan taqqoslaganda, tarmoqni neytral rezistor orqali yerga ulashda elektr xavfsizligi shartlari har doim yomonlashadi. Bunday holda, elektr xavfsizligi ikki yo'l bilan ta'minlanadi: (1) ga muvofiq yerga ulash qurilmasining ruxsat etilgan qarshiligini tanlash yoki shikastlangan aloqani uzish bilan bog'liq podstansiyada maxsus himoya choralari ko'riladi.

Iste'molchilarni elektr energiyasi bilan ta'minlashning ishonchliligi sharti.

Mumkin bo'lgan bir fazali qisqa tutashuvlar sharoitida elektr tarmog'ining xavfsiz va barqaror ishlashini ta'minlash zarur bo'lsa, neytralning yuqori qarshilikli yerga ulashdan foydalanish juda muhimdir. Bu qisqa tutashuv toklarini minimallashtirishni ta'minlaydi, bu esa o'z navbatida elektr energiya tizimi uskunasi yoxlitligini saqlashga va yuzaga kelishi mumkin bo'lgan favqulodda vaziyatlarning oldini olishga yordam beradi.

Ushbu rezistorli yerga ulashning samaradorligi, qabul qilingan signal asosida bir fazali isqa tutashuvlarni aniqlash va o'rnatilgan rele himoyasi bilan sezilarli darajada yaxshilanadi. Bunday kompleks yondashuv nafaqat tizim ishonchliligini ta'minlaydi, balki asbob-uskunalar va infratuzilmaning mumkin bo'lgan shikastlanishining oldini oladi, energiya tizimlarining xavfsizligi va uzluksiz ishlashini ta'minlaydi [8].

Ortiqcha kuchlanish darajasini pasaytirish sharti asosida rezistorning qiymatini tanlash.

Ortiqcha kuchlanish darajasini pasaytirish mezoniga ko'ra rezistor qarshiligining qiymatini tanlash tarmoq va elektr jihozlarining izolyatsiyasini ortiqcha kuchlanishdan himoya qilishning zarur darajasiga qarab amalga oshiriladi, bu ruxsat etilgan ortiqcha kuchlanish koefitsienti K_{OK} bilan belgilanadi:

$$K_{OK} = \frac{\sqrt{3} \cdot U_{\max}}{U_L}, \quad (2)$$

bu yerda $U_{\max}$ - shina qismiga ulangan uskunaning profilaktik sinovlarining kuchlanishi

Bunday holda, ortiqcha kuchlanish koefitsiyenti:

- past qarshilikli rezistorli yerga ulash uchun $K_{OK}=1,0-2,2$
- yuqori qarshilikli rezistorli yerga ulash uchun $K_{OK}=2,2-2,6$

Ortiqcha kuchlanish darajasining ma'lum qiymatida rezistorning qarshiligi K_{OK} koefitsiyenti orqali aniqlanadi.

$$R_n = X_C \cdot \frac{K_{OK} - 1}{3,4 - K_{OK}}, \text{ Om} \quad (3)$$

bu yerda X_c sigi'm qarshilik quyidagicha aniqlanadi:

$$X_c = \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot I_c}, \text{Om} \quad (4)$$

Ortiqcha kuchlanishni kamaytirishni ta'minlash uchun mo'ljallangan rezistorlarni sertifikatlashda aniqlovchi mezon K_{OK} ortiqcha kuchlanish koeffitsientining qiymati bo'lib, u quyida berilgan ifoda bo'yicha hisoblanadi.

$$K_{OK} = \frac{2,4R_n}{R_n + X_c} + 1 \quad (5)$$

Tarmoq va elektr jihozlarining izolyatsiyasini ortiqcha kuchlanishdan himoya qilishning asosiy darajasi sifatida $K_{OK}=2,6$ himoya darajasi olinadi, bu aylanadigan mashinalarni profilaktik sinovlar uchun standartga mos keladi. Himoya darajasini tanlash $K_{OK} > 2,6$ tegishli asosga ega bo'lishi kerak [9].

Rele himoyasining samarali ishlashi sharti bo'yicha qarshilik qiymatini tanlash.

Rele himoyasining samarali ishlashi mezoniga asoslangan rezistor qiymatini tanlash talab qilinadigan selektivlik va sezgirlikka ega bo'lgan himoya turini aniqlashdan iborat. Bir fazali yer bilan qisqa tutashuv rejimida neytralning past qarshilikli rezistorli yerga ulash bilan qisqa tutashuv nuqtasi orqali o'nlab va yuzlab amperlik tok oqadi va shuning uchun shikastlangan tarmoqni uzish effekti bilan maksimal nol ketma-ketlikdagi tok himoyasi o'rnatiladi. Neytralning yuqori qarshilikli rezistorli yerga ulash bilan oddiy tok himoyasi ham, uzilish yoki signalga ta'sir ko'rsatadigan yanada murakkab himoya turlari ham o'rnatilishi mumkin. Rele himoyasi va avtomatlashtirishning samarali ishlashi sharti bilan rezistorning ruxsat etilgan qarshiligi quyidagi ifoda bilan aniqlanadi:

$$R_n \leq \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot I_{hi}}, \text{Om} \quad (6)$$

bu yerda I_{hi} - bir fazali yer bilan qisqa tutashuvda rele himoyasini ishga tushiruv toki.

I_{hi} qiymati himoyalangan ulanishning maksimal ichki tokidan o'rnatiladi:

$$I_{hi} = k_i K_{stk} I_{i.\max} \quad (7)$$

bu yerda $k_i=1,2$ – ishonchlilik koeffitsienti; K_{stk} – bir fazali qisqa tutashuv sodir bo'lgan paytdagi sig'im tokining kuchayishini hisobga oladigan koeffitsient (RT-40 rele uchun 3,5-5 qabul qilinadi, 2-3-RTZ-51 rele uchun, 1-1,5 - raqamli himoya uchun).

Bir fazali yer bilan qisqa tutashuv uchun himoya sezgirligi quyidagi formula yordamida tekshiriladi:

$$k_s = \frac{I_{qt}}{I_{hi}} \quad (8)$$

bu yerda I_{qt} - umumiy qisqa tutashuv toki, ya'ni qisqa tutashuvdan himoya qilishni o'rnatish joyida oqadigan umumiy sig'imli tok va rezistorli yerga ulash aktiv tokining geometrik yig'indisi.

Sezgirlik koeffitsienti quyidagicha bo'lishi kerak:

$k_s \geq 1,5$ – havo va kabel liniyalarini himoya qilish uchun;

$k_s \geq$ dvigatellarni himoya qilish uchun [10].

Rezistorning issiqlikka bardoshlilikini tekshirish.

Rezistorning qarshilik qiymati $U_{e.k.ish}$ -shinalaridagi eng katta ishchi kuchlanishi sharti bilan tanlanishi kerak, kuchlanishi 20 kV tarmoq uchun $U_{e.k.ish} = 24 \text{ kV}$;

Past qarshilikli rezistorning termal qarshiligi ruxsat etilgan qisqa muddatli tok bilan baholanadi, I_{rux} bu shartlarni qondirishi kerak

$$I_{rux} \geq I_r \quad (9)$$

bu yerda I_r -bir fazani yer bilan qisqa tutashuv rejimada rezestordan oqayotgan tok.

Uning qiymati quyidagicha aniqlanadi:

$$I_r = \frac{U_L}{\sqrt{3} \cdot R_n}, A \quad (10)$$

Rezistorni ulaydigan transformatorning quvvatini aniqlash.

Rezistorni neytral tarmoqqa ulashning eng oddiy va keng tarqalgan usuli bu cho'lg'amlarni Y/Δ -11 ulash sxemasi bilan yerga ulash maxsus transformatorini (T3H) o'rnatishdir (1-rasm. b), Bu transformator quvvati quyidagi berilgan shart asosida tanlanadi:

$$S_T \geq \frac{U^2}{3k_{o.yuk} R_n}, kVA \quad (11)$$

bu yerda $k_{o.yuk}=1,0-1,4$ -transformator uchun ruxsat etilgan ortiqcha yuklanish koeffitsienti.

Neytralnitarrezistor orqali yerga ulash uchun nol ketma-ketlikdagi maxsus filtrdan ham foydalanish mumkin (1-rasm. c), [10, 11].

20 kV elektr ta'minoti tizimining parametrlaridagi o'zgarishlarning K_{OK} qiymatiga ta'siri.

20 kv elektr ta'minoti tizimining ishlashi paytida elektr jihozlarini profilaktik ta'mirlash uchun seksiyali kalitni yoqish orqali ulanishlarni uzish yoki qo'shni shinalar qismini ulash mumkin. Bunday harakatlar bilan yerga qisqa tutashuvning sig'imli toki sezilarli darajada o'zgaradi. Ortiqcha kuchlanish darajasini pasaytirish sharti asosida K_{OK} hisob-kitoblari quyidagi natijalarni ko'rsatdi. Sig'im toki 2 baravar kamayganda K_{OK} 16% ga kamaydi, sig'im toki 2 baravar ko'payganda I_r 11% ga oshdi. K_{OK} qiymatining (2) formula bo'yicha hisoblangan doimiy qiymatdagi sig'im tokiga bog'liqligi 2-rasmda ko'rsatilgan.

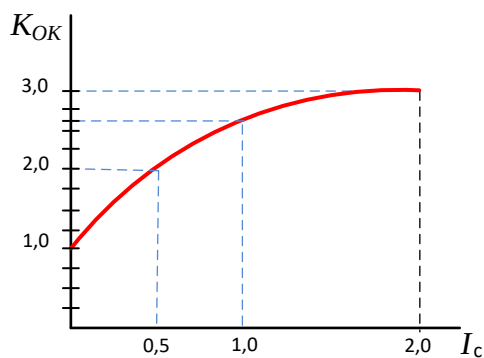
Neytralning rezistorli yerga ulash parametrlarini hisoblashda yerga qisqa tutashuv toklari o'zgarganda K_{OK} qiymatining o'zgarishini hisobga olish kerak. Elektr tarmog'idagi ulanishlarni uzishda K_{OK} koeffitsientining o'zgarish qiymatini belgilangan yoki qabul qilingan darajada ushlab turish uchun rezistor qiymatini (R_n) bir fazali yer bilan qisqa tutashuv tokining pasayishiga mos keladigan miqdorga oshirish juda muhimdir. Ushbu yondashuv tarmoq barqarorligini ta'minlaydi va uskunaning shikastlanish xavfini kamaytiradi. [11].

Yuqoridagilar asosida quyidagi xulosalarni shakllantirishimiz mumkin:

1. 20 kv taqsimlash elektr tarmoqlarda neytralni rezistor orqali yerga ulash rejimi dunyoning rivojlangan mamlakatlari amaliyotida keng foydalaniladi, chunki u bu usul neytrali izolyatsiya qilingan tarmoqqa nisbatan juda ko'p afzalliklarga ega.

2. 20 kv tarmoqlarda neytralni rezistorli yerga ulashdan foydalanish tarmoqlarning ishonchliligini sezilarli darajada oshirishi, shikastlangan tarmoqni topish jarayonini avtomatlashtirishi va bir fazali qisqatutashuv bilan avariyanı kamaytirishi mumkin.

3. Taqsimlash podsitansiyalaridan chiqib ketuvchi tarmoqlarning bir qismini uzib qo'yishda ortiqcha kuchlanishdan himoyalaniş koeffitsientining kamayishini hisobga olish muhim bo'lib, bunday vaziyatda rezistor qarshiligini oshirish muhim texnik ahamiyatga ega. Bu bizga ortiqcha



2-rasm. K_{OK} qiymatining si'gimli yerga ulash tokiga bog'liqligi.

kuchlanish darajasini nazorat qilish va uskunlarning mumkin bo'lgan shikastlanishini kamaytirish imkonini beradi. Ushbu yondashuv avariya holatlari ehtimolini kamaytirishga yordam beradi va elektr tarmog'ining yanada barqaror va xavfsiz ishlashini ta'minlaydi.

Adabiyotlar

- [1]. Майоров А.В., Ширковец А.И. Режим нейтрали и организация релейной защиты от замыканий на землю в сети 20кВ//Релейная защита и автоматизация. 2016. № 3.С. 21-28
- [2]. Короткевич, М. А. Повышение надежности электрических сетей при внедрении
- [3]. современной техники / М. А. Короткевич // Перенапряжения и надежность эксплуатации электрооборудования : Междунар. науч.-техн. конф., Минск, 2004. – Вып. 3. –С. 147–154.
- [4]. Кузнецов С.Л. Низкоомное заземление нейтрали в распределительных сетях напряжением
- [5]. 6–20кВ//Рускабель.[Электронный ресурс].URL:<https://www.ruscable.ru/>
- [6]. Кадомская, К. П. О резистивном заземлении нейтрали в сетях 6–35 кВ различного назначения / К. П. Кадомская, А. Б. Виштинцев // Режимы заземления нейтрали сетей 3–6–10–35 кВ : докл. науч.-техн. конф. – Новосибирск, 2000. – С. 41–48.
- [7]. Методические указания по заземлению нейтралей сетей 6–35 кВ : СТП 09110.20187.09–55. – Минск : Белэнергосетьпроект, 2009. – 71 с.
- [8]. Ильиных, М. В. Основные положения по выбору номиналов резисторов для заземления нейтралей сетей 6–35 кВ / М. В. Ильиных, Л. Н. Сарин, А. А. Челазнов // Ограничение перенапряжений и режимы заземления нейтрали сетей 6–35 кВ :Тр. третьей Всерос. науч.-техн. конф., Новосибирск, 2004. – С. 38–44.
- [9]. F.M.Raximov, A.U.Majidov, Zaminlovchi simlarni kesimini hisoblash dasturi.// EHM uchun № DGU 19977. O'zbekiston Respublikasining Dasturiy mahsulotlar davlat reyestrda 06.12.2022 y. ro'yxatdan o'tkazilgan.
- [10]. A.D. Taslimov, Texnik cheklovlar bo'yicha taqsimlovchi elektr tarmoqlarining parametrlari majmuasini tanlash. E3S Web of Conferences 209, 07013 (2020) ENERGY-21 <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202020907013>
- [11]. Taslimov A.D., Raximov F.M., Raximov F.M. 0,4 kV li N ta liniyalarda elektr energiyasining yo'qotilishlarini hisoblash dasturi // EHM uchun dastur DGU № 20534.
- [12]. Сарин Л.И., Ширковец А.И., Ильиных М.В. Опыт применения резистивного заземления нейтрали в электрических сетях 6-35 кВ// Энергетик. – 2009. –№4 – с. 13-14.
- [13]. Емельянов Н.И., Ширковец А.И. Актуальные вопросы применения резистивного и комбинированного заземления нейтрали в электрических сетях 6-35 кВ.// Энергоэксперт. – 2010. – № 2. - С.44-50.

**ТУПРОҚ ОСТИ ИССИҚЛИК АККУМУЛЯТОРИНИНГ ИССИҚЛИК
РЕЖИМИНИ МАТЕМАТИК МОДЕЛЛАШТИРИШ**

Б.Э. Хайриддинов, Ш.Х. Эргашев

Қариш муҳандислик-иқтисодиёт институти, strong.shakhrier@mail.ru
(Қабул қилинди 17.10.2023 й.)

Аннотация. Мақолада қуёшли кунларда иссиқхоналарда ҳаво ҳароратини кескин ортиб кетишини олдини олиш ва қуёш энергиясини аккумуляциялаш мақсадида қўлланиладиган тупроқ ости иссиқлик аккумуляторининг иссиқлик техникавий ҳисоби келтирилган. Иссиқлик аккумуляторига вентилятор ёрдамида ҳайдаладиган ҳавонинг 20-35⁰С оралигидаги ҳаво-қувур ҳамда қувур-тупроқ чегара қатламлари орқали иссиқлик бериш коэффициентлари аналитик усулда ҳисобланган. Иссиқ ҳавонинг қувур орқали ҳаракати давомида ҳароратининг вақт ҳамда узунлик бўйича ўзгаришининг математик модели (чегара шартлари асосида) ишлаб чиқилган. Иссиқ ҳавонинг тупроқ ости иссиқлик аккумуляторини қўллаш орқали қуёшли кунларда ҳавонинг ҳаракат тезлигига боғлиқ равишда 11-82,6 МЖ иссиқликни аккумуляциялаш мумкинлиги асосланган.

Таянч сўзлар: иссиқлик алмашишини жараёни, мажбурий конвекция, ҳаво-қувур чегараси, қувур-тупроқ чегараси, иссиқлик аккумулятори, ҳарорат градиенти.

Abstract. The article presents the thermal technical calculation of the underground heat accumulator, which is used to prevent a sharp increase in air temperature in hothouses on sunny days and accumulate solar energy. The coefficient of heat transfer by air-pipe and pipe-soil boundary layers between 20-35⁰С of the air-driven to the heat accumulator with the help of a ventilator was calculated in the analytical method. The mathematical model of the change in the time and length of the temperature during the movement of hot air through the pipe is developed

(based on boundary conditions). By applying a submerged heat accumulator of hot air, it is possible to accumulate heat 11 – 82,6 MJ, depending on the speed of movement of air on sunny days.

Key words: heat exchange process, forced convection, air-pipe boundary, pipe-soil boundary, heat accumulator, temperature gradient.

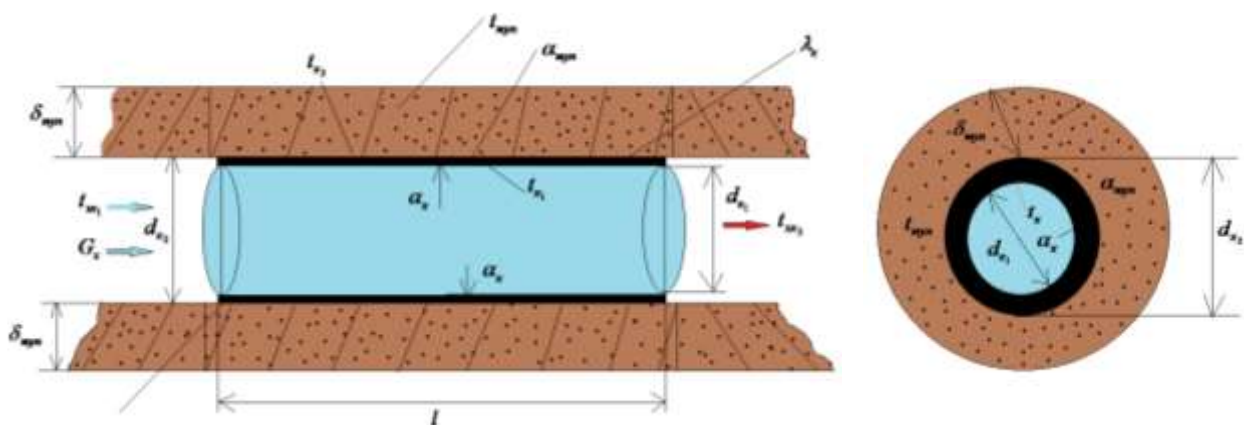
Аннотация. В статье представлен теплотехнический расчет подземного аккумулятора тепла, который применяется с целью предотвращения резкого повышения температуры воздуха в теплицах в солнечные дни и накопления солнечной энергии. Аналитически рассчитаны коэффициенты теплоотдачи через пограничные слои воздух-труба и труба-грунт в диапазоне 20-35⁰С воздуха, нагнетаемого в аккумулятор тепла с помощью вентилятора. Разработана математическая модель (на основе граничных условий) изменения температуры во времени и по длине при движении горячего воздуха по трубе. В его основе лежит возможность аккумулирования тепла в размере 11-82,6 МДж в зависимости от скорости движения воздуха в солнечные дни за счет использования подземного аккумулятора тепла теплого воздуха.

Ключевые слова: процесс теплообмена, вынужденная конвекция, граница воздух-труба, граница труба-грунт, аккумулятор тепла, температурный градиент.

Қуёш қурилмаларининг асосий элементларидан бири ундаги иссиқлик аккумуляторидир. Таҳлиллардан кўриш мумкинки, қуёш иссиқлик аккумуляторининг турли хил конструкциялари ишлаб чиқилган бўлиб, унда иссиқлик тўпловчи материаллар сифатида сув, тупроқ, қайроқ тошлар, металл бўлақлари ва бошқалардан фойдаланилган [1-4]. Бирок тақлиф қилинган аккумулятор материалларининг арзон ва маҳаллий турларининг иссиқлик-физик хоссалари ҳамда минералогик таркиблари бўйича илмий манбалари кам ёки умуман берилмаганлиги олиб борилган таҳлиллар натижасида аниқланди.

Қуёшли кунларда гелиоиссиқхоналар ички ҳаво ҳароратининг ортиб кетиши ўсимликларнинг ривожланишига салбий таъсир кўрсатади. Шунинг учун ушбу ортиқча иссиқлик миқдорини аккумуляциялаш ҳамда тунги вақтларда гелиоиссиқхонага бериш тизимини ишлаб чиқиш долзарб масаладир.

Қуёш энергияси таъсирида ҳажмий ҳаво иситиш коллектори – гелиоиссиқхона тупроқ ости иссиқлик аккумуляторига иссиқликни қувур атрофида максимал узатиш хоссасига эга бўлган композицион материалдан тайёрланган ва иссиқлик аккумулятори қувури ер сиртидан 50 см симметрик чуқурликда тўлдирилган субстратдан иборат бўлиб, унинг иссиқлик-физик ва энергетик тавсифномаларини илмий тадқиқ этиш кўзда тутилган (1-расм) [5].



1-расм. Тупроқ ости иссиқлик аккумуляторидаги иссиқлик алмашинув қувури орқали иссиқлик узатишнинг ҳисоб схемаси.

Тупроқ ости иссиқлик аккумулятори қувури атрофида иссиқлик алмашилиш жараёнини асосий тавсифномаси – қувурга яқин бўлган тупроқ қатламида иссиқлик тарқалиши қувурдан узоқлашган қатламларга нисбатан юқори градиентга эга бўлади. Қувурдан узоқлашгандаги қатламларда иссиқлик тарқалиши интенсивлиги секинлашиб

боради.

Гелиоиссиқхонанинг ичидаги тупроқ ости иссиқлик аккумуляторидаги ҳаво-кувур чегарасида иссиқлик алмашинуви мажбурий конвекция орқали амалга оширилатган бўлиб, мазкур диаметрли кувурда ҳавонинг тезлиги $g_x > 1 \text{ m/s}$ бўлганда, ҳаво оқими тўла турбилизацияланади. Кувурда иссиқлик алмашинуви қуйидаги эмперик боғлиқликдан аниқланади [6, 7].

$$Nu = 0,018 \cdot Re^{0,8} \approx 0,02 \cdot Re^{0,8}. \quad (1)$$

Тадқиқотларнинг кўрсатишича, (1) тенглик ҳаво-кувур чегарасида иссиқлик бериш коэффиценти қийматини 20-25 % паст бўлган хатоликларга олиб келади. Олинган қийматлар [8] адабиётдан олинган қуйидаги ифодадаги ҳисоб натижалари билан мос келади:

$$Nu = 0,0126 \cdot Re^{0,875} \cdot Pr^{0,36}. \quad (2)$$

Бунда $Nu = \alpha_{\kappa\upsilon\wp} d_{\kappa\upsilon\wp} / \lambda_x$, $Re = g_x d_{\kappa\upsilon\wp 1} / \nu_x$, $Pr = 0,71$.

(2) ифодани соддалаштириб, қуйидаги кўринишда ёзамиз:

$$\alpha_{\kappa\upsilon\wp} = 0,01138 \cdot \frac{\lambda_x}{\nu_x^{0,875}} \cdot \frac{g_x^{0,875}}{d_{\kappa\upsilon\wp 1}^{0,125}}. \quad (3)$$

λ_x , ν_x қийматларни кувурда ҳаракатланадиган иссиқ ҳаво ва кувур ички сиртининг ҳароратини ўрта арифметик қийматдаги ($t_{\text{ўр}} = (t_{\text{иx}} + t_{\text{к}}) / 2$) ҳавонинг физик параметрлари жадвалидан оламиз.

Зарядка даврида аккумуляцияланадиган иссиқлик миқдори қуйидаги ифодалар ёрдамида аниқланади:

- кувур узунлиги бўйлаб ҳароратлар тушишидан [7]:

$$Q = G_x \cdot c_x (t_{\text{иx}1} - t_{\text{иx}2}) \cdot \tau, \quad G_x = g_x \cdot \rho_x \cdot \frac{\pi \cdot d_{\kappa\upsilon\wp 1}^2}{4} \cdot N, \quad (4)$$

- ҳаво-кувур чегарасида ҳароратнинг тушишидан:

$$Q = \alpha_{\kappa\upsilon\wp} \cdot \pi \cdot d_{\kappa\upsilon\wp 1} \cdot l \cdot N (t_{\text{иx}} - t_{\kappa\upsilon\wp 1}) \cdot \tau \quad (5)$$

- кувур-тупроқ чегарасида ҳароратлар тушишидан:

$$Q = \alpha_{\text{мун}} \cdot \pi \cdot d_{\kappa\upsilon\wp 2} \cdot l \cdot N (t_{\kappa\upsilon\wp 2} - t_{\text{мун}}) \cdot \tau \quad (6)$$

- тупроқ қатламининг ҳарорати ўзгаришидан:

$$Q = m_{\text{мун}} \cdot c_{\text{мун}} \cdot \Delta t_{\text{мун}}, \quad m_{\text{мун}} = \pi \cdot d_{\kappa\upsilon\wp 2} \cdot \delta_{\text{мун}} \cdot l \cdot N \quad (7)$$

- иссиқлик аккумулятори кувуридаги ҳаво ва тупроқ қатлами ўртасидаги ҳароратлар тушишидан:

$$Q = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{\kappa\upsilon\wp}} + \frac{d_{\kappa\upsilon\wp 2} - d_{\kappa\upsilon\wp 1}}{2 \cdot \lambda_{\kappa\upsilon\wp}} + \frac{1}{\alpha_{\text{мун}}}} \cdot \pi \cdot d_{\kappa\upsilon\wp 1} \cdot l \cdot N (t_{\text{иx}} - t_{\text{мун}}) \cdot \tau \quad (8)$$

Ҳаво-кувур-тупроқ тизими (1-расм) учун иссиқлик алмашинув тенгламасини тузамиз. Унда қуйидаги шартларни қабул қиламиз: тупроқ ва ҳавонинг иссиқлик физикавий хоссалари ўзгармас; кувур деворининг термик қаршилиги жуда кичик бўлганлиги учун кувурнинг ички ва ташқи ҳарорати бир хил; иссиқлик аккумуляторининг баландлик ва узунлик ҳажми бўйича ҳарорат градиенти катта фарқ қилмайди. Шунинг учун кувур ҳарорати ҳамма ерда бир хил, яъни ҳажм бўйлаб ҳарорат тенг тақсимланади.

Ҳаво-кувур чегарасида иссиқлик баланси тенгламаси қуйидаги кўринишда бўлади [7]:

$$g_x \cdot c_x \cdot \rho_x \cdot d_{\kappa\upsilon\wp 1} \cdot \frac{dt_{\text{иx}}(x, \tau)}{dx} = 2\alpha_{\kappa\upsilon\wp} (t_{\text{иx}}(\tau) - t_{\kappa\upsilon\wp}(\tau)) \quad (9)$$

$dt_{\text{иx}}(0, \tau) = t_{\text{иc}}(\tau)$ чегаравий қийматда (9) тенглама қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$t_{\kappa\psi\theta}(\tau) - t_{\text{ux}}(x, \tau) = [t_{\kappa\psi\theta}(\tau) - t_{\text{uc}}(\tau)] \cdot \exp\left(-\frac{2\alpha_{\kappa\psi\theta}}{\vartheta_x \cdot c_x \cdot \rho_x \cdot d_{\kappa\psi\theta 1}} x\right) \quad (10)$$

Кувурдаги ҳаво ҳарорати узунлик бўйлаб чизиқли ўзгаради

$$t_{\text{ux}}(x, \tau) = t_{\text{uc}}(\tau) + xn, \quad (11)$$

бунда, $n < 0$ - зарядка, $n > 0$ - разрядка.

Кувур узунлиги бўйлаб ҳавонинг ўртача ҳарорати:

$$t_{\kappa\psi\theta}(\tau) = t_{\text{uc}}(\tau) + \frac{nl}{2} \quad (12)$$

$x = l$ кувур узунлиги бўйлаб ўртача ҳарорат қиймати:

$$t_{\kappa\psi\theta}(\tau) = t_{\text{ux}}(\tau) - [t_{\kappa\psi\theta}(\tau) - t_{\text{uc}}(\tau)] \cdot \frac{\vartheta_x \cdot c_x \cdot \rho_x \cdot d_{\kappa\psi\theta 1} \cdot \left[\exp\left(-\frac{2\alpha_{\kappa\psi\theta}}{\vartheta_x \cdot c_x \cdot \rho_x \cdot d_{\kappa\psi\theta 1}} l\right) - 1 \right]}{2 \cdot \alpha_{\kappa\psi\theta} \cdot l} \quad (13)$$

(12) ифодадан фойдаланиб, қуйидагига эга бўламиз:

$$t_{\kappa\psi\theta}(x, \tau) = t_{\text{uc}}(\tau) + C, \quad (14)$$

Бунда

$$C = \frac{n \cdot l^2 \cdot \alpha_{\kappa\psi\theta}}{\vartheta_x \cdot c_x \cdot \rho_x \cdot d_{\kappa\psi\theta 1} \cdot \left[\exp\left(-\frac{2\alpha_{\kappa\psi\theta}}{\vartheta_x \cdot c_x \cdot \rho_x \cdot d_{\kappa\psi\theta 1}} l\right) + \frac{2\alpha_{\kappa\psi\theta} l}{\vartheta_x \cdot c_x \cdot \rho_x \cdot d_{\kappa\psi\theta 1}} - 1 \right]}$$

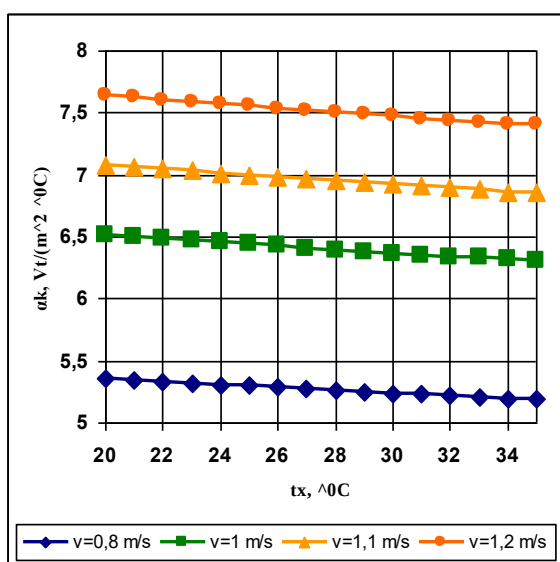
Гелиоиссиқхонадаги ҳавонинг ҳарорати 25 °С дан юқори бўлганда, тупроқ ости иссиқлик аккумуляторининг вентилатори ишга тушади ва гелиоиссиқхонанинг юқори қисмидаги иссиқ ҳавони аккумулятор кувурига ҳайдайди. Ҳавонинг ҳарорати кувур узунлиги ва вақт бўйича ўзгариши натижасида кувур сиртининг ҳарорати ҳам ўзгариб боради. Ушбу ўзгариш юқоридаги (13) ифода орқали ҳисобланади. Тупроқ ости иссиқлик аккумуляторига ҳайдалган ҳавонинг ҳарорати аккумулятордан чиқишда пасайиб гелиоиссиқхона ичига кўтарилади ва мўътадил иқлим режими яратилади. Иссиқликни аккумуляциялаш жараёни куёшли кунларда эрталабки соат 10:30 ларда бошланиб, кундузи соат 16:00 гача давом этади. Тунги вақтларда гелиоиссиқхона ичидаги ҳавонинг ҳарорати 15 °С дан пасайганида, ички ҳаво тупроқ ости иссиқлик аккумуляторига вентилатор орқали ҳайдалиб, тупроқ остидаги аккумуляцияланган иссиқлик ҳисобига кувурдан ҳаракатланиш натижасида қизиб гелиоиссиқхонага чиқади ва мўътадил иқлим режими яратилади.

(3) ифода орқали кувурда ҳаракатланадиган ҳавонинг ҳароратини турли қийматларида (20-35°С) ва кувур ички сиртининг ҳароратини ўлчаш натижаларидан олинган қийматларини ўрта арифметик қийматига нисбатан ҳавонинг физик параметрларини ҳисобга олиб, ҳамда 1-жадвал маълумотларидан фойдаланган ҳолда ҳаво-кувур чегарасидаги иссиқлик бериш коэффициентларини 2^а-расмда ифодалаймиз. (5) ва (6) ифодаларни тенглаштириб, (3) ифодадан топишган қийматлар асосида кувур-тупроқ чегара қатламидаги тупроқ ҳароратларини ўлчаш орқали кувур ташқи сиртидан тупроқ қатламига иссиқлик бериш коэффициентини ($\alpha_{\text{мун}}$) топиб, турли ҳароратларга боғлиқлигини 2^б-расмда, турли хил тезликда тупроқ ости иссиқлик аккумуляторидан чиқадиган ҳаво ҳароратининг кувур узунлигига боғлиқ ўзгаришини 3-расмда, аккумуляцияланадиган иссиқлик миқдорини 2-жадвалда ифодалаймиз.

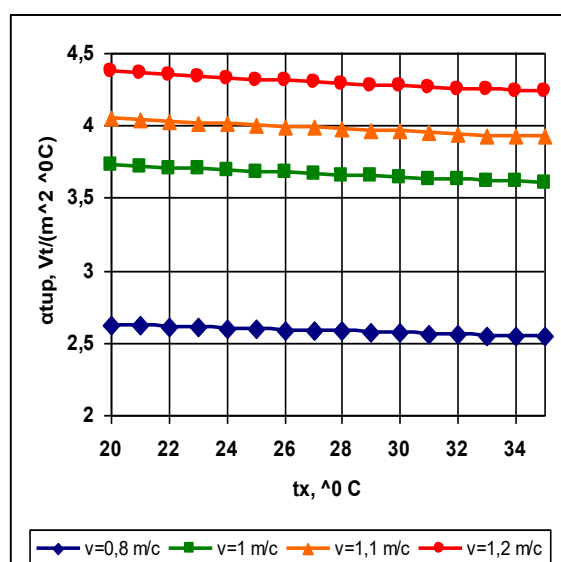
1-жадвал

Тупроқ ости иссиқлик аккумуляторининг иссиқлик режими ҳисоб жадвали

№	Параметрлар	Белгиланиши	Ўлчов бирлиги	Қиймати
1	Ҳаво қувурининг ички диаметри	$d_{\text{кув1}}$	м	0,1
2	Ҳаво қувурининг ташқи диаметри	$d_{\text{кув2}}$	м	0,102
3	Ҳавонинг иссиқлик ўтказувчанлик коэффиценти	λ_x	$\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$	жадвалдан олинган
4	Ҳавонинг кинематик ёпишқоқлик коэффиценти	ν_x	$\text{м}^2/\text{с}$	
5	Ҳавонинг зичлиги	ρ_x	$\text{кг}/\text{м}^3$	
6	Ҳавонинг тезлиги	g_x	м/с	0,8-1,2
7	Қувурнинг узунлиги	l	м	30
8	Қувурлар сони	N	-	5
9	Қувур сиртининг ички ва ташқи ҳароратлари	$t_{\text{кув1}}, t_{\text{кув2}}$	$^\circ\text{C}$	Тажриба натижаси
10	Тупроқ қатламининг ҳарорати	$t_{\text{мун}}$	$^\circ\text{C}$	
11	Қувурда ҳаракатланадиган ҳавонинг ўртача тезлиги	$t_{\text{ух}}$	$^\circ\text{C}$	
12	Иссиқхонанинг ички ҳаво ҳарорати	$t_{\text{ис}}$	$^\circ\text{C}$	
13	Тупроқ қатлами қалинлиги	$\delta_{\text{мун}}$	м	0,5
14	Ҳаво-қувур чегарасида иссиқлик бериш коэффиценти	$\alpha_{\text{кув}}$	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	Ҳисоблаш натижаси
15	Қувур-тупроқ чегарасида иссиқлик бериш коэффиценти	$\alpha_{\text{мун}}$	$\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$	

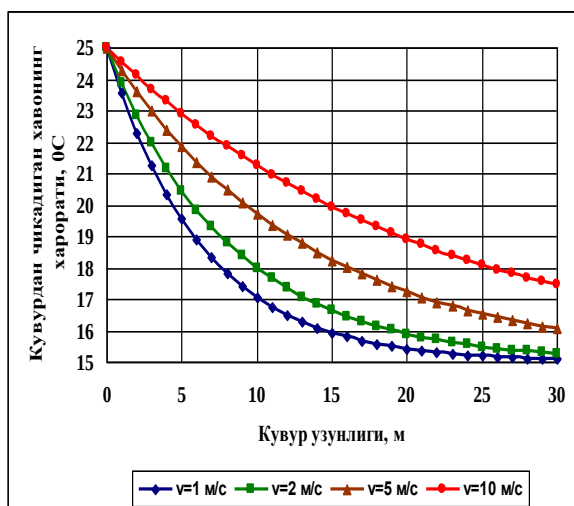


а)

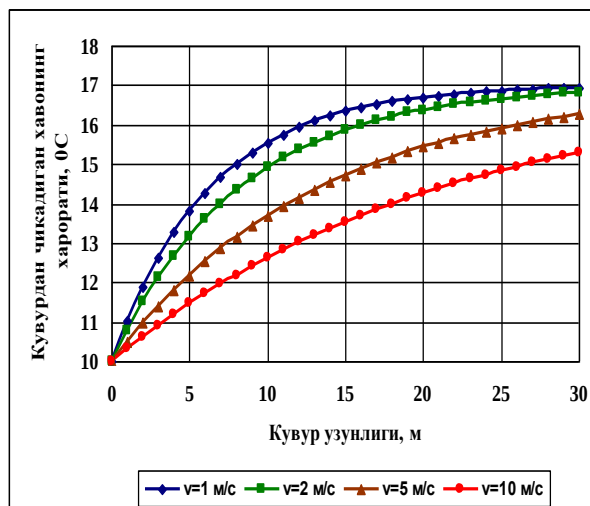


б)

2-расм. Тупроқ ости иссиқлик аккумулятори қувурида ҳаракатланадиган ҳавонинг қувур деворига (а) ва қувур деворидан тупроқ қатламига (б) иссиқлик бериш коэффицентларининг ҳаво ҳароратига боғлиқлиги.



а)



б)

3-расм. Турли хил тезликда тупроқ ости иссиқлик аккумуляторидан чиқадиған ҳаво ҳароратининг қувур узунлиги бўйича ўзгариши: а) зарядка, б) разрядка.

2-жадвал

Аккумуляцияланган иссиқликни ҳисоблаш натижалари

№	Ҳавонинг ҳажмий сарфи, м ³ /с	Ҳавонинг ҳаракат тезлиги, м/с	Ҳавонинг киришдаги ҳарорати, °С	Ҳавонинг чиқишдаги ҳарорати, °С	Аккумуля- цияланган иссиқлик, Вт.	Суткалик аккумуля- цияланган иссиқлик, МЖ
1	0,00785	1	25	15,0	510	11
2	0,0157	2	25	15,1	1010	21,8
3	0,03925	5	25	16,1	2269,7	49
4	0,0785	10	25	17,5	3825,3	82,6

Тупроқ ости иссиқлик аккумуляторида ҳаво ҳаракатланадиган қувур диаметри $d_{кув} = 100 \text{ мм}$, узунлиги $l_{кув} = 150 \text{ м}$ бўлиб, 5 та секциядан иборат. Зарядка режими 6 соат, яъни кундузги 10:00 дан 16:00 қадар давом этади.

Вентилятор қувватини қувурдаги аэродинамик параметрларга асосан танлаймиз [9].

Қувурдаги умумий депрессияни енгилш учун вентилятор қувватини қуйидаги формула орқали ифодалаймиз:

$$N_{вен} = \kappa_{зах} \frac{G_{зар.х} \cdot h_{ум}}{\eta_{вен}} \cdot 1000 \quad (15)$$

бу ерда $\eta_{вен} = 0,6$ – вентилятор двигателининг ФИК; $\kappa_{зах}$ – вентилятор учун захира коэффиценти $\kappa_{зах} = 1,5$.

(15) ифода орқали вентилятор қувватини ҳисоблаймиз:

$$N_{вен} = 1,5 \cdot \frac{0,085 \cdot 2412,7}{0,6 \cdot 1000} = 0,5 \text{ кВт}.$$

Гелиоиссиқхоналарда тупроқ ости иссиқлик аккумуляторини қўллаш орқали қуёшли кунларда ортиқча иссиқлик миқдорини аккумуляциялаб, бир вақтнинг ўзида гелиоиссиқхона ҳажмида ҳаво ҳароратини ростлаш ҳамда тунги режимларда ушбу иссиқликдан самарали фойдаланишимиз ва ёкилги-энергия ресурсларини қисман тежашимиз мумкин. 2-расмдан кўриниб турибдики, иссиқлик бериш коэффиценти қувурдаги ҳаракатланадиган ҳавонинг тезлигига боғлиқ бўлиб, тезликнинг ортиши билан ортади. Бунинг натижасида зарядлаш режимида ($\tau = 5,5 \text{ соат}$) ҳавонинг тезлиги $\vartheta_x = 1 \text{ м/с}$, $Q_{ак} = 11 \text{ МЖ}$, $\vartheta_x = 5 \text{ м/с}$, $Q_{ак} = 49 \text{ МЖ}$, $\vartheta_x = 10 \text{ м/с}$ бўлганида, $Q_{ак} = 82,6 \text{ МЖ}$ гача иссиқликни аккумуляциялаш мумкин. Қувурда

харакатланадиган ҳаво ҳароратининг пасайиши унинг тезлигига боғлиқ бўлиб, максимал 10 м/с бўлганида, 0,5 кВт қувватга эга бўлган вентилятор ўрнатиш мақсадга мувофиқлиги аниқланди.

Адабиётлар

- [1]. Cao Y., Faghri A. A Study of Thermal Energy Storage Systems with Conjugate Turbulent Forced Convection//Journal of Heat Transfer. 1992. Vol. 114, №11, - pp. 1019-1027.
- [2]. Esen M., Durmus A. Geometric Design of Solar-Aided Latent Heat Storage Depending on Various Parameters and PCM//Solar Energy, 1998. Vol. 62, №1, - pp.19-28.
- [3]. Амерханов Р.А., Ададулов Е.А., Денисова А.Е. Анализ систем теплоснабжения с комплексным использованием альтернативных источников энергии // Электромеханика, 2004. №1. - с. 61 - 63.
- [4]. Денисова А.Е., Мазуренко А.С., Тодорцев Ю.К., Дубковский В.А. Использование энергии грунта в теплонасосных геосистемах энергоснабжения//Экотехнологии и ресурсосбережение. - 2000. — №1. - с. 27-31.
- [5]. Хайриддинов Б.Э., Халимов Г.Г., Эргашев Ш.Х. К расчету процессов тепло и массопереноса в субстратах подпочвенного аккумулятора тепла в комбинированных геотехнологиях животноводческих ферм.// Фарғона политехника институти “Илмий-техника” журналы, 2016. №4. - 77-82 б.
- [6]. Вардияшвили А.Б., Ким В.Д. Гидравлический и теплотехнический расчет подпочвенной аккумулирующей системы геотеплиц//Геотехника - 1980. №6. - с. 48-53.
- [7]. Вардияшвили А.Б. Теплообмен и гидродинамика в комбинированных солнечных теплицах с субстратом и аккумулированием тепла. – Т.: Фан, 1990.- 196с.
- [8]. Мигай В.К. Теплообмен в гладких трубах при турбулентном течении//Теплоэнергетика. - 1987. №8. - с. 66-68.
- [9]. Uzoqov G'.T., Fayziyev T.A., Ergashev Sh.H., Ro'ziqulov G'.Yu., Xoliqulov B.J. "Issiqlik akkumulyatorli geliohavoisitgich quvurlarida aerodinamik parametrlarni hisoblash" dasturi//O'zbekiston Respublikasi adliya vazirligi xuzuridagi intellektual mulk agentligi. Guvohnoma № DGU 09320 (08.10.2020).

**ЭЛЕКТР ЭНЕРГЕТИКА ТИЗИМИГА ТУШАДИГАН ЮКЛАМАЛАРНИ
ВАҚТ БЎЙИЧА ТАБАҚАЛАШТИРИЛГАН ТАРИФЛАР
ЁРДАМИДА БАРТАРАФ ЭТИШ ИМКОНИАТЛАРИ**

Ф.А. Хошимов, К.Ш. Кадиров

Ўзбекистон Республикаси Фанлар академияси Энергетика муаммолари институти

kamoliddin.8484@mail.ru

(Қабул қилинди [30.10.2023](#) й.)

Мақолада электр энергияси истеъмолининг соатлик, суткалик, ойлик ва йиллик даврларида электр энергетика тизимида тушадиган юкларнинг вақт бўйича табақалаштирилган тарифлардан фойдаланиб бартараф этиш имкониятлари кўриб чиқилган.

Таянч сўзлар: электр энергетика тизими, электр таъминоти ташиқотлари, вақт бўйича табақалаштирилган тариф даврлари, истеъмоличлар.

В статье рассматриваются возможности устранения нагрузок на электроэнергетическую систему в часовом, суточном, месячном и годовом периодах потребления электроэнергии с использованием дифференцированных тарифов по времени.

Ключевые слова: энергосистема, энергоснабжающие организации, временно дифференцированных тарифов, потребители.

The article discusses the possibilities of eliminating loads on the electric power system in hourly, daily, monthly and annual periods of electricity consumption using differentiated tariffs by time.

Key words: power system, power supply organizations, temporarily differentiated tariffs, consumers.

Электр энергияси истеъмолини сутканинг мақбул бўлган даврларида амалга ошириш айни кунда долзарблиги билан ажралиб туради. Жамият ва ишлаб чиқариш соҳаларининг жуда тез суръатлар билан ривожланаётгани электр энергиясини истеъмол қилиш ҳажмининг ортиши билан бевосита боғлиқ. Аҳоли фаровонлигининг ошиши, маиший турмушда электр ускуналарида тобора кўп фойдаланиш муносабати билан электр энергияси истеъмоли ҳам ортиб бормоқда. Электр энергияси истеъмолининг ортиб бориши эвазига унинг сутканинг «тиғиз» даврларидаги истеъмолини камайтириш шу билан бирга, электр энергияси

ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

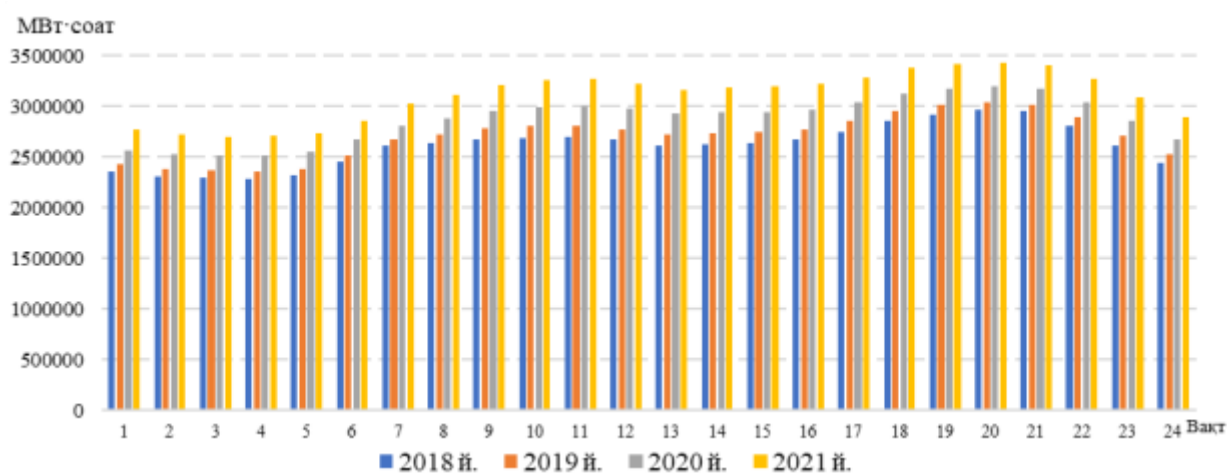
истеъмолини бошқаришда электр энергияси истеъмолини таҳлил қилиш, баҳолаш, ҳисоблаш асосида илмий асосланган меъёр ҳамда юқори аниқликдаги прогнозлаш кўрсаткичларини аниқлаш усуллари ва алгоритмлари ҳамда корхоналарнинг электр энергияси истеъмолини мониторинг қилиш имконини берувчи дастурий маҳсулотларни ишлаб чиқиш долзарб вазифалардан ҳисобланади.

Ҳозирги кунда ривожланган мамлакатларда электр энергиясига тўловларни ҳисобга олишда табақалаштирилган тарифлар тизимларини қўллаш учун юқори самарадор технологияларни яратиш, истеъмолчиларнинг электр энергия истеъмолини баҳолаш усуллари ишлаб чиқиш, электр энергияси сарфини меъёрлаштириш, истеъмол даврлари ва электр энергетика тизимида тушадиган юкламаларни мунтазам кузатиш, электр энергиясини ишлаб чиқаришдан истеъмолга етиб боргунча бўлган турли хил таъсир этувчи омилларга боғлиқлик даражасини аниқлаш усуллари такомиллаштириш масалаларига алоҳида эътибор қаратилмоқда.

Республикада иқтисодиётнинг барча тармоқларини жадал ривожлантириш, инвестициявий жозибадорлик ва ишбилармонлик фаоллигини ошириш, ишлаб чиқариш ва хизмат кўрсатиш соҳаларини кенгайтиришга қаратилган кенг қўламли ислохотлар амалга оширилмоқда [1]. Ўзбекистонда 2021 йилда сутка давомида ўртача электр энергия истеъмоли 205,1 млн. кВт·соатни ташкил этган бўлса, бу кўрсаткич 2016 йил (142,1 млн. кВт·соат)га нисбатан 44,3% ошганлигини кўрсатади [2]. Ўзбекистон Республикаси Президентининг «2030 йилгача Ўзбекистон Республикасининг «яшил» иқтисодиётга ўтишига қаратилган ислохотлар самарадорлигини ошириш бўйича чора-тадбирлар тўғрисида» 2022 йил 2 декабрдаги ПҚ-436-сонли қарорида энергия сифимини 20 фоизга камайтириш ва электр энергияси соҳасининг самарали ишлаши ҳамда ривожланиши учун мавжуд тўсиқларни бартараф этишда тарифларнинг ишлашини қайта кўриб чиқиш муҳим масалалардан бири эканлиги келтириб ўтилган [3].

Электр тармоқлари корхоналари олдида турган муҳим вазифалардан бири истеъмолчиларнинг электр энергиясидан асосланган ва рақобатли тарифлар бўйича фойдаланиш, электр энергетика тармоғининг молиявий барқарорлиги ва инвестиция жозибадорлигини таъминлашга қаратилган тариф сиёсатини амалиётга татбиқ этиш орқали барқарор, ишончли ва сифатли электр энергияси етказиб бериш ҳисобланади.

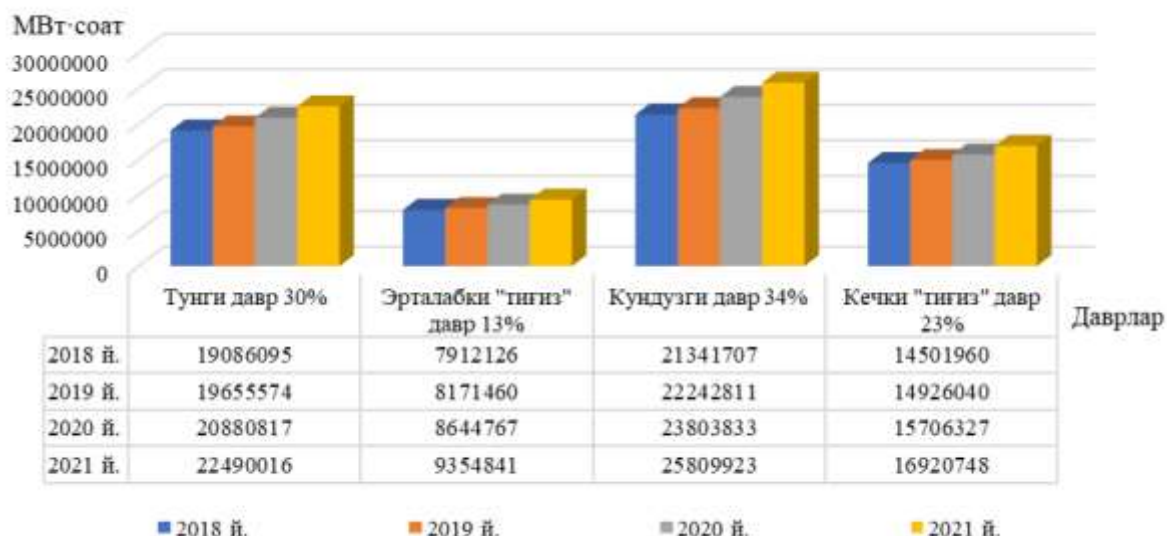
2018-2019-2020-2021 йилларида республика электр энергетика тизими ўрнатилган қувватларидан фойдаланишнинг сутканинг соатлари бўйича кўрсаткичлари (1-расм).



1-расм. Республикада йиллар давомида электр энергия истеъмолининг сутканинг соатлари бўйича истеъмол кўрсаткичлари.

1-расмда келтирилган ҳолатда республикада 2018-2019-2020-2021 йилларда электр энергиясига бўлган талаб сутканинг соатлари бўйича шакллантирилган. Ушбу ҳолат бўйича соатлар кесимида кузатилганида эрталабки ва кечки «тиғиз» даврларда юқорилаб бораётгани кузатилади.

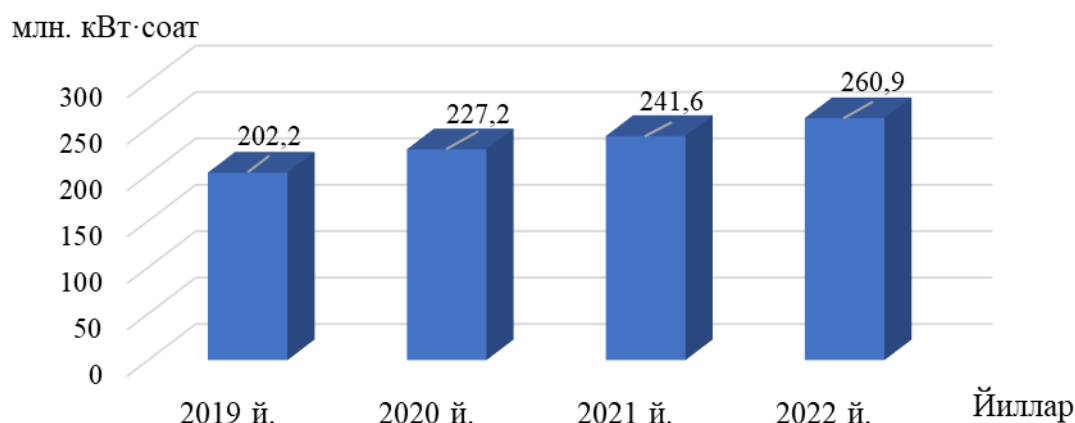
Республикада йиллар давомидаги электр энергия истеъмолчиларининг сутканинг вақт бўйича табақалаштирилган тариф даврлари бўйича истеъмол кўрсаткичлари 2-расмда келтириб ўтилган.



2-расм. Республикада йиллар давомидаги электр энергия истеъмолчиларининг сутканинг табақалаштирилган тариф даврлари бўйича истеъмол кўрсаткичлари.

2-расмдан республикада электр энергиясига бўлган талаб сутканинг «тиғиз» даврларида юқорилиги кузатилади. Йиллар кесимида ҳам электр энергиясига бўлган талаб сутканинг эрталабки ва кечки «тиғиз» даврларида тунги вақт бўйича табақалаштирилган тарифлар тизимининг рағбатлантирилган даврларига нисбатан 6%га юқори ҳолатда эканлиги, кундузги даврларда эса 4%га юқорилиги кузатилади. Бундан кўриниб турибдики вақт бўйича табақалаштирилган тариф даврларида электр энергияси истеъмолини амалга ошириш ҳисобига электр энергетика тизимидаги юқламалар графигини ростлаш имконияти яратилади.

Республикада суткалик электр энергияга бўлган талабнинг ортиб бориши 3-расмда келтириб ўтилган [2].



3-расм. Республикада суткалик электр энергияга бўлган талабнинг ортиб бориши 2019-2020-2021-2022 йиллар 18-ноябр кун ҳолатига.

3-расмдан сутка давомидаги электр энергиясига бўлган талаб:

2019-2020 йилда 12,3% (25 млн. кВт·соат)га;

2020-2021 йилда 6,3% (14,4 млн. кВт·соат)га;

2021-2022 йилда 8% (19,3 млн. кВт·соат)га ортиб бораётганлигини кузатиш мумкин.

ЭНЕРГЕТИКА, ЭЛЕКТРОТЕХНИКА, ЭЛЕКТРОННЫЕ ПРИБОРЫ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ

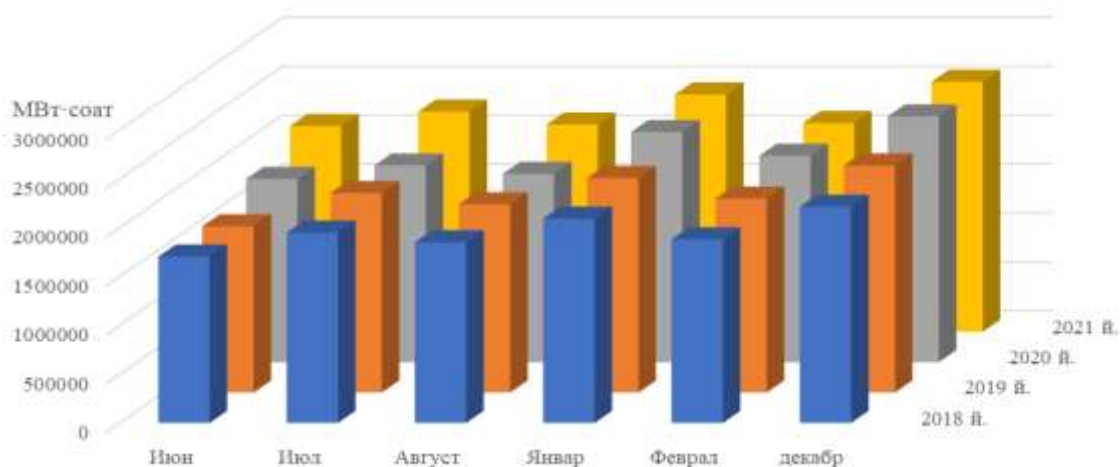
Сутка давомидаги истеъмол ҳам йилдан-йилга ортиб бормоқда. Энергетик текширув натижаларида корхоналарнинг суткалик истеъмолида вақт бўйича табақалаштирилган тариф даврлари бўйича истеъмолни амалга ошириш ҳисобига электр энергетика тизимида тушадиган юкламаларни ростлаш имконияти юқори ҳисобланади.

Ўзбекистонда ҳам электр энергияси истеъмоли ҳудудлар кесимида турли хил бўлиб рухсат этилган ва истеъмол қилинган электр энергия миқдорлари мавжуд. Ушбу ҳолатни ёз фаслининг бир сутка давомидаги эрталабки ва кечки «тиғиз» даврлари мисолида таҳлил қилинганда қуйидагилар аниқланди [2].

Ҳозирги кунда ягона электр энергетика тизими иш режимида ёзги ва қишги кунларда заҳирандан тезда ишга туширишга қодир бўлган, шунингдек, улар томонидан ишлаб чиқариладиган электр энергиясининг миқдорини сезиларли даражада ўзгартира оладиган қувват блокларини етарли эмаслиги, қувват блоклари етган тақдирда эса ёқилғи ресурслари билан уларни ўз вақтида таъминлаш даражаси паст эканлиги муаммо ҳисобланади. Шу сабабли, электр энергетика тизими ҳар доим истеъмолчиларнинг электр энергиясига бўлган талабини қондиришга қодир эмас, бу кун, ой ва мавсумлар давомида тез ва сезиларли даражада ўзгариб туради [4].

Ўзбекистон ягона электр энергетика тизимида электр энергиясини ишлаб чиқариш ва истеъмол қилишнинг зарурий мувозанатини таъминлаш айти дамда ИЭС ва ГЭСларнинг энергия блоклари томонидан таъминланмоқда, бу эса электр энергетика тизимининг иш режимларини, яъни назоратчи ходимларнинг назоратини сезиларли даражада мураккаблаштиришга олиб келади.

Ягона электр энергетика тизимида электр энергиясини ишлаб чиқариш ва бошқариш учун энг катта сабаб бу эрталабки ҳамда кечки даврларда юкламанинг ортиб кетиши. Республикада истеъмолчиларнинг 2018-2019-2020-2021 йилларда ёз ва қиш ойларидаги сутканинг тиғиз даврларида электр энергия истеъмоллари 4-расмда келтириб ўтилган.



4-расм. 2018-2019-2020-2021 йилларда ёз ва қиш ойларидаги сутканинг «тиғиз» даврларидаги электр энергия истеъмоллари.

Республика истеъмолчиларининг 2018-2019-2020-2021 йилларнинг ёз ва қиш ойларида сутканинг «тиғиз» даврларидаги электр энергияси истеъмолидан шунини кўриш мумкинми, «тиғиз» даврларидаги электр энергиясига бўлган талабнинг энг юқори истеъмоли қиш фаслининг декабр ойида кузатилди, ёзда эса бу кўрсаткич июль ойини ташкил этди.

Муаммо шундаки, айти дамда республика ягона электр энергетика тизимида истеъмолчиларнинг электр энергиясига бўлган талаби асосан кечки, яъни бир пайтга тўғри келиб қолишида ва бу ҳолатда истеъмолчиларни электр энергияси билан таъминлаш жуда қийин бўлиб қолади. Бундай ҳолатда электр энергетика тизими юкламалар даврида авария ҳолатларининг келиб чиқишига ёки тизимда мавжуд ускуналарнинг эрта ишдан чиқиш ҳолатларини келтириб чиқаришга сабаб бўлади [5].

Кувватга бўлган талабнинг муддатли ўсиши, истеъмолчиларнинг бир қисмини тармоқдан узиб қўйишга сабаб бўлади. Чунки ИЭСлари қўшимча блокларини тезда ишга тушириш техник жиҳатдан мумкин эмас (агар бўлса). Бунинг учун қоидага кўра камида 3-4 соат, баъзан бундан ҳам кўпроқ вақтни талаб қилади [2].

Шубҳасиз, истеъмолчиларнинг электр энергиясига бўлган талабини чеклаш муқаррар равишда электростанциялар электр энергиясини ишлаб чиқаришнинг пасайишига, яъни мавжуд ишлаб чиқариш ускуналарининг ёмонлашишига олиб келади. Истеъмолчиларни мажбурий равишда ўчириб қўйиш ёки уларнинг электр энергиясига бўлган талабини чеклаш нафақат истеъмолчилар, балки энергетика саноатида ҳам катта иқтисодий зарар ва ижтимоий муаммоларга олиб келади [6].

Юқорида айтиб ўтилганидек, Ўзбекистоннинг ягона электр энергетика тизимида истеъмол қилинадиган электр энергиясига бўлган талабни қондириш асосан иссиқлик электр станциялари ишлаб чиқарадиган қувватлари туфайли амалга оширилади. Кундалик электр энергиясини ишлаб чиқаришни камайитириш ёки аксинча кўтариш учун иссиқлик электр станцияларини электр энергетика тизимининг сутка давомида юкламалар даврини ўрганиб чиқиш зарурати пайдо бўлади. Бундан ташқари, ИЭС энергия блоклари кўпинча тунда электр энергиясини ишлаб чиқариш режимларини тартибга солишнинг ягона воситаси бўлиб қолмоқда [7].

Шуни ҳам таъкидлаш керакки, электр энергетика тизимининг юкламалар даврини тартибга солишда иссиқлик электр станцияларининг қувват блоклари, тунги даврларда энергия тежамкор бўлмаган ҳолатларда ишлайди. Бу уларнинг ўзига хос ёқилғи сарфини ҳам сезиларли даражада ошишига сабаб бўлади. Бундай даврлардада ишлатиладиган ёқилғининг нархи ҳам кундан-кунга ўсиб бормоқда. Чунки, юклама даврида сарфланидиган ёқилғининг миқдори ҳам юкламасиз даврга нисбатан кўпроқдир.

Ўзбекистон электр энергетика тизимидаги нагрузкалар даврининг барча камчиликлари бу табиийки электр энергиясининг тариф нархларининг ўсишига олиб келади, ваҳоланки бу ҳам ҳозирги кунда ҳеч қандай натижа бера олмайди.

Электр энергетика тизимининг электр юкламалари нотекис графиги самарадорлиги биринчи навбатда ишлаб чиқарувчи ускуналарининг таркибига ва унинг ишлаб чиқарадиган қувватига боғлиқ бўлади. Шу билан бирга, истеъмолчиларга электр энергиясининг нотекис графигини тўғирлаш муаммосини ҳал қилиш анъанавий тарзда турли йўللار билан амалга оширилади.

Хулоса қилиб айтганда Ўзбекистон Республикаси электр энергетика тизимида ишлаб чиқариш қувватларининг мақбул тузилишини яратиш усули катта молиявий ва моддий харажатларни, шунингдек узоқ вақтни талаб қилади. Шу билан бирга, ушбу муаммони ҳал қилишнинг бундай усули бугунги Ўзбекистон электр энергетика соҳаси учун энг кам харажатли, тезкор ва энг реал деб ҳисобланиши кераклиги ҳақида қўплаб баҳслашиш мумкин. Бундан ташқари, замонавий бозор шароитида электр энергиясини истеъмолчиларни электр энергетика тизимининг юкламалар графикларини тенглаштиришга жалб қилиш учун маъмурий (чекловчи) эмас, балки иқтисодий (рағбатлантирувчи) бошқарув усулларидан фойдаланиш афзалроқдир. Жаҳон тажрибасида ҳам электр энергетика тизимининг нотекис юкламалар графикларини бир текисга олиб келиш муаммосини ҳал этиш учун бундай ёндашув қўплаб қўлланилади ва сезиларли ижобий натижаларга эришиш мумкинлиги исботланган.

Адабиётлар

- [1]. Ўзбекистон Республикаси Президентининг «Электр энергетикаси тармоғини жадал ривожлантириш ва молиявий барқарорлигини таъминлаш чора-тадбирлари тўғрисида»ги 23.10.2018 йилдаги ПҚ-3981 сонли қарори.
- [2]. Ўзбекистон «Худудий электр тармоқлари» АЖ маълумотлари het.uz.
- [3]. Ўзбекистон Республикаси Президентининг «2030 йилгача Ўзбекистон Республикасининг «яшил» иқтисодиётга ўтишига қаратилган ислохотлар самарадорлигини ошириш бўйича чора-тадбирлар тўғрисида» 2022 йил 2 декабрдаги ПҚ-436-сонли қарори.

- [4]. А.Л.Старжинский, Оценка удельного расхода топлива для производства электроэнергии на электростанциях промышленных предприятий. Вестн. Гомел. гос. техн. ун-та им. П. О. Сухого – 2006. С. 82–87.
- [5]. Kadirov K.Sh., Yusupov D.T. Analysis of the modes of the power consumption the enterprises for the purpose of detection of advantages of use of the differentiated tariff for the electric power // European science review (Scientific journal), Австрия (Вена), 2016, №3-4, 286-288 page.
- [6]. Г.Н.Климова, А.В.Кабышев Элементы энергосбережения в электроснабжении промышленных предприятий. Томск. 2008. 189-стр.
- [7]. Ўзбекистон “Иссиқлик электр станциялари” АЖ маълумотлари <https://tpp.uz/uz/>.

УДК 681.62-50

**ИССИҚЛИК ЭНЕРГЕТИКАСИ ОБЪЕКТЛАРИНИ НОРАВИАН БОШҚАРИШ
ТИЗИМИНИ ТАДҚИҚ ҚИЛИШ**

И.Х. Сиддиқов¹, Д.М. Умурзакова²

¹Ислом Каримов номидаги Тошкент давлат техника университети,

²Мухаммад ал-Хоразмий номидаги Тошкент ахборот технологиялари университети Фаргона филиали, umurzakovadilnoz@gmail.com
(Қабул қилинди 18.11.2023 й.)

Мақолада иссиқлик энергетика объектлари буг генераторини норавиан бошқариш тизимлари моделлари ва алгоритмларини ишлаб чиқиш масаласи кўрилган. Маълумотлар ноаниқлиги шароитида бошқариш жараёнининг технологик чекловларни ҳисобга олган ҳолда, буг генератори технологик параметрларини норавиан бошқариш тизимини синтезлаш алгоритмлари тадқиқ қилинган. Бошқариш объекти параметрлари ва ташиқи галаёнларнинг кенг диапазонда ўзгариши шароитида иссиқлик юқламасини юқори сифатли бошқаришни таъминлаш имконини берувчи норавиан бошқариш тизими таклиф этилди.

Таянч сўз ва иборалар: иссиқлик энергетикаси объектлари, норавиан бошқариш тизими, ҳарорат, иссиқлик юқламаса, буг генератори, бошқарув механизми, ростлагич, узатиш функцияси, буг қиздиргич, билимлар базаси, буг босими, ҳаво сарфи.

В статье рассматривается вопрос разработки моделей и алгоритмов нечетких систем управления парогенераторами теплоэнергетических объектов. Исследованы алгоритмы синтеза нечеткой системы управления технологическими параметрами парогенератора с учетом технологических ограничений процесса управления в условиях неопределенности данных. Предложена система нечеткого управления, позволяющая обеспечить качественное управление тепловой нагрузкой в условиях широкого диапазона изменения параметров объекта управления и внешних возмущений.

Ключевые слова: теплоэнергетические объекты, система нечеткого управления, температура, тепловая нагрузка, парогенератор, механизм управления, регулятор, передаточная функция, пароподогреватель, база знаний, давление пара, расход воздуха.

The article deals with the development of models and algorithms of fuzzy control systems for steam generators of thermal power facilities. The algorithms of synthesis of fuzzy control system of technological parameters of steam generator taking into account technological limitations of control process under conditions of data uncertainty are investigated. A fuzzy control system is proposed to provide high-quality control of thermal load under a wide range of changes in the parameters of the control object and external disturbances.

Keywords: thermal power objects, fuzzy control system, temperature, heat load, steam generator, control mechanism, regulator, transfer function, steam heater, knowledge base, steam pressure, air flow rate.

Жаҳонда турли хил ноаниқликлар мавжуд бўлганда юқори бошқариш аниқлигини таъминлаш имконини берувчи иссиқлик энергетика объектларининг мавжуд бошқариш тизимларини такомиллаштириш ва янгиларини ишлаб чиқишга йўналтирилган илмий тадқиқот ишлари олиб борилмоқда. Шу нуқтаи назардан, ташқи ва ички таъсирларнинг тасодифий ўзгариши ва ноаниқлиги шароитида ишловчи иссиқлик юқламасини адаптив-

инвариант тизимини ишлаб чиқиш муаммосини ҳал қилиш долзарб муаммолардан биридир. Шу муносабат билан, ҳозирги вақтда иссиқлик энергетика объектларида юқори самарали бошқариш тизимларини яратиш, турли хил ғалаёнларга нисбатан адаптив-инвариант бошқариш тизимини синтезлаш модел ва алгоритмларини ишлаб чиқиш ниҳоятда долзарб ҳисобланади [1, 2].

Республикамызда қабул қилинган комплекс чоралар доирасида электр энергия объектларини бошқариш жараёнини интеллектуаллаштиришни бошқариш назарияси ва усулларини ривожлантиришга катта эътибор қаратилмоқда, хусусан, буғ генераторининг иш режимларини ноаниқлик шароитида энергия тежамкор технологияларни қўллаган ҳолда ҳар хил турдаги оператив ва техник чекловларни ҳисобга олиш долзарб масалалардандир. 2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида, жумладан «Иқтисодиётни электр энергияси билан узлуксиз таъминлаш ҳамда «Яшил иқтисодиёт» технологияларини барча соҳаларга фаол жорий этиш, иқтисодиётнинг энергия самарадорлигини 20 фоизга ошириш...»¹ каби муҳим вазифалар белгилаб берилган. Мазкур вазифаларни амалга оширишда замонавий бошқариш усулларида фойдаланиб тежамкор технологиялар асосида иссиқлик энергетикаси объектларининг энергия самарадорлигини оширишга алоҳида эътибор қаратилган.

Ҳозирда иссиқлик энергетика объектларидаги қурилмаларни асосий вазифаси объектнинг муҳим технологик параметри бўлган буғ ҳароратини бошқаришдан иборатдир. Ҳозирда кенг қўлланилаётган бошқариш тизими мавжуд бошқариш қонунлари асосида фаолият кўрсатади ҳамда тескари боғланиш қурилмасига эгадир [3]. Бундай тизимлар турғунликка эга, лекин жараённи бошқаришда қатор камчиликлар мавжуд бўлиб, бунинг сабаби ушбу бошқариш тизимларида ички ғалаён таъсирида статик хатоликларнинг мавжудлиги ҳисобланади. Бу эса, қиздирилган буғ сарфини ошишига олиб келади. Маълумки, буғ генератори ғалаёнларнинг асосийси қиздирилган буғ сарфи ҳисобланади. Ушбу ғалаённи компенсациялаш учун тизимнинг киришига компенсацияловчи қурилма чиқишидан сигнал берилади [4].

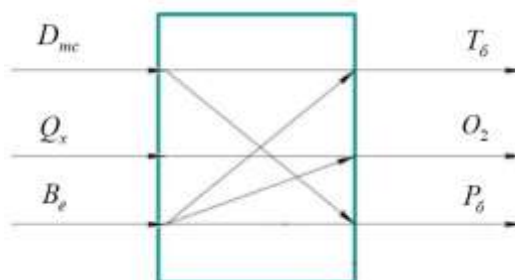
Буғ генераторидаги асосий бошқаришувчи катталиклар ёқилғи сарфи, газ таркибидаги кислород миқдори, буғ сарфи ва унинг босими бўлиб, уларни иссиқлик юқламаси ўзгарганда ҳам берилган қийматларида ушлаб туриш асосий вазифалардан бири ҳисобланади. Буғ генераторининг технологик параметрларини бошқариш тизимлари структураси ва созлаш параметрларини аниқлаш бир нечта босқичдан иборат бўлади. Натижада, бошқариш тизими параметрларини аниқлаш вақти ошади. Бу эса бошқариш тезкорлигини пасайишига сабаб бўлиб, энергия сарфини ошишига олиб келади. Бунга сабаб, буғ генераторида содир бўладиган жараёнларнинг ноаниқлиги ҳамда технологик параметрларнинг ўзгаришини тасодифийлигидир. Ҳозирда норавшан бошқариш тизимлари ишлаб чиқаришнинг жумладан, буғ генератори технологик параметрларини бошқаришда кенг қўлланилмоқда. Объект параметрларининг жорий қийматлари тегишлилик функцияси кўринишида ифодалаб олинади ва бу катталиклар лингвистик ўзгарувчилар кўринишига келтириб олинади. Лекин, норавшан-мантиқий қарор қабул қилиш етарлича мураккабликларга эга бўлиб ва уни шакллантиришда айрим қийинчиликлар ва ноаниқликлар келиб чиқади [5, 6].

Юқорида таъкидланганидек, тадқиқ қилинаётган объектнинг параметрлари кенг диапазонда ўзгариши ва бу ўзгаришларнинг тасодифийлик характери ҳамда объект хусусиятининг нозичлиги, бошқариш тизимини яратишда шу ўзгаришларга мос равишда адаптацияланиш хоссасини берувчи бошқариш қонунини танлашни талаб этади. Бунинг учун, дастлаб бошқарув объектининг динамик хусусиятларини тавсифловчи асосий параметрлар ёқилғининг ёниши, буғнинг ҳосил бўлиши ва унга таъсир этувчи асосий омиллар ёқилғи ва ҳавонинг оптимал мутаносиблигини аниқлаш зарурияти туғилади. Бунинг учун, дастлаб бу катталикларнинг ўзаро боғлиқлигининг кўрсатувчи ахборот модели тузиб

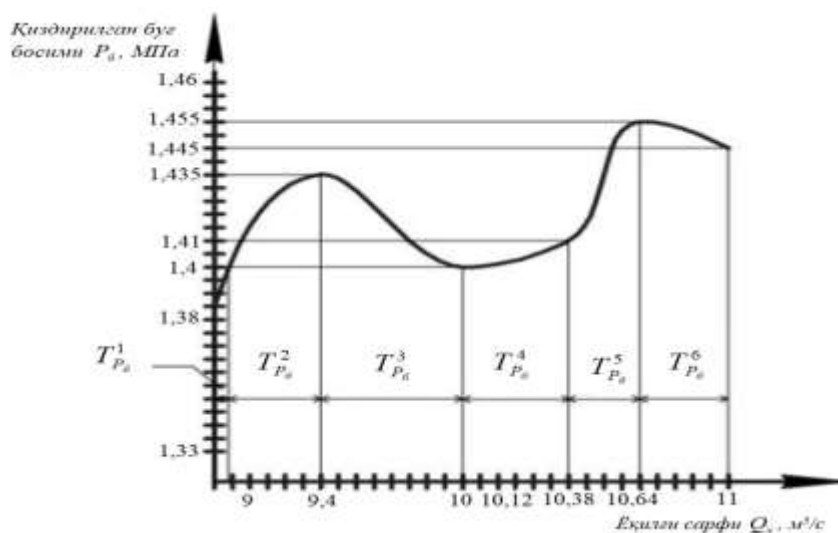
¹ Ўзбекистон Республикаси Президентининг «2022-2026 йилларга мўлжалланган янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегияси тўғрисида»ги 2022 йил 28 январдаги ПФ-60-сон Фармони

олинди (1-расм).

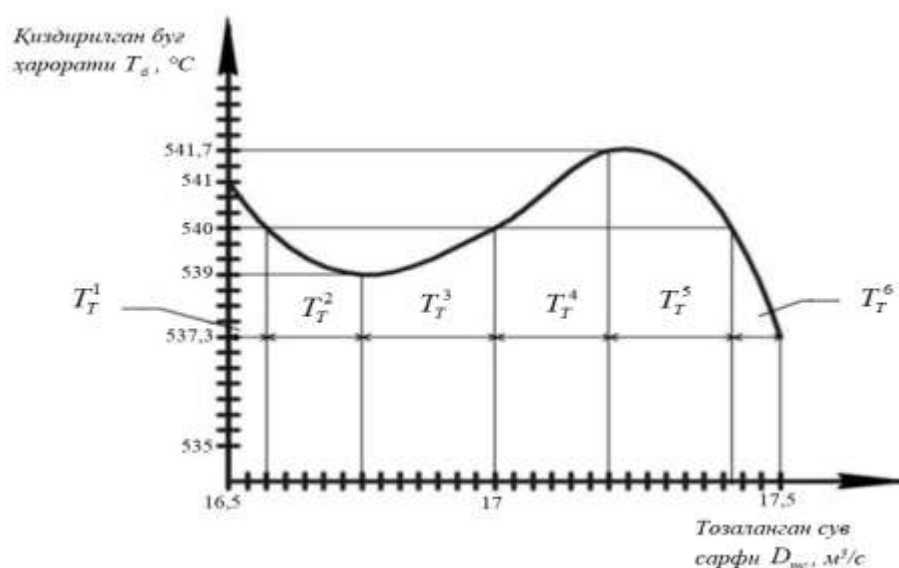
Бунда, буғ генератори параметрлари кенг диапазонда ўзгарувчи, кўп ўлчамли динамик объект сифатида тасвирланди. Маълумки, чиқишдаги кислороднинг O_2 ўзгариши 1,404...1,406% диапазонда бўлса иссиқлик электр станцияларида буғ генератори энг юқори самарага эришади. Бундай тизимларда бошқарилувчи катталикларни талаб қилинган қийматларида ушлаб туриш учун бир ўлчамли бошқариш тизимини қўллаш етарли самарани бермайди. Ҳар бир бошқариш канали параметрларини ўзаро таъсирини ҳисобга олган ҳолда автономлигини таъминлаш зарурдир. Бунда ёниш жараёни ва буғ қиздиргичнинг асосий параметрларини ўзаро боғлиқлиги кўриб чиқилди (2-4-расмлар).



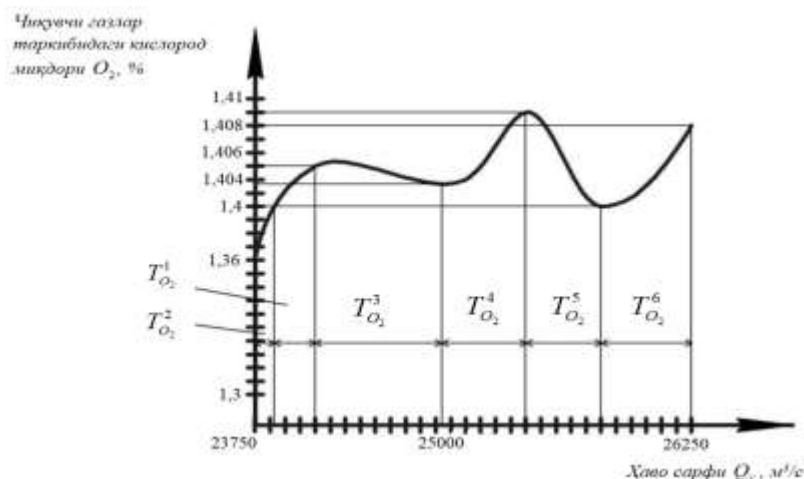
1-расм. Буғ генераторида буғ ҳосил бўлиши ва ёнишнинг технологик жараёнининг асосий параметрлари.



2-расм. Қиздирилган буғ босимининг ёқилғи сарфига боғлиқлиги.



3-расм. Қиздирилган буғ ҳароратининг тозаланган сувга боғлиқлиги.



4-расм. Ҳаво сарфининг чиқувчи газлар таркибидаги кислород миқдорида боғлиқлиги.

Графиклардан кўриниб турибдики, $O_{Q_x}^1$, $O_{Q_x}^2$, $O_{Q_x}^3$, $O_{Q_x}^4$, $O_{Q_x}^5$, $O_{Q_x}^6$ ўзгарувчилар орасидаги муносабат нозичиқли характерга эга экан. 4-расмдан кўриниб турибдики, кислороднинг O_2 ҳаво Q_x билан муносабати қаралаётган диапазонда нозичиқли характерга эга бўлар экан.

Ушбу муаммони ҳал қилиш учун мақолада $O_2 = f(Q_x)$ муносабат айрим чизикли қисмларга $T_{O_2}^1 - T_{O_2}^6$ бўлиб олиш таклиф этилди. Норавшан-мантиқий бошқариш тизимини билимлар базасини шакллантириш учун унинг кириш сифатида $T_{O_2}^1 - T_{O_2}^6$ термлар мажмуаси кўринишида ўзгартирилди ва бунинг асосида тегишлилик функцияси ишлаб чиқилди [7]. Бунда бошқарилувчи катталиқ сифатида кислороднинг O_2 сарфи олинган бўлиб, унинг қийматлари 6 та термга ажратиб олинди $T_{O_2}^1 - T_{O_2}^6$ ва бу қийматлар қуйидаги шартлар бажарилганда термларнинг мантиқий қиймати бирга тенг бўлиши учун қуйидаги мантиқий ҳулосалар ишлаб чиқилди.

- 1) Агар $1,36 \leq O_2 \leq 1,4$ ва $\frac{dO_2}{dQ_x} \geq +3,73$ бўлса, у ҳолда $T_{O_2}^1 = 1$;
- 2) Агар $1,4 \leq O_2 \leq 1,406$ ва $\frac{dO_2}{dQ_x} \geq +1,28$ бўлса, у ҳолда $T_{O_2}^2 = 1$;
- 3) Агар $1,404 \leq O_2 \leq 1,406$ ва $\frac{dO_2}{dQ_x} \geq -0,34$ бўлса, у ҳолда $T_{O_2}^3 = 1$;
- 4) Агар $1,404 \leq O_2 \leq 1,41$ ва $\frac{dO_2}{dQ_x} \geq +0,98$ бўлса, у ҳолда $T_{O_2}^4 = 1$;
- 5) Агар $1,4 \leq O_2 \leq 1,41$ ва $\frac{dO_2}{dQ_x} \geq -1,42$ бўлса, у ҳолда $T_{O_2}^5 = 1$;
- 6) Агар $1,4 \leq O_2 \leq 1,408$ ва $\frac{dO_2}{dQ_x} \geq -1,42$ бўлса, у ҳолда $T_{O_2}^6 = 1$.

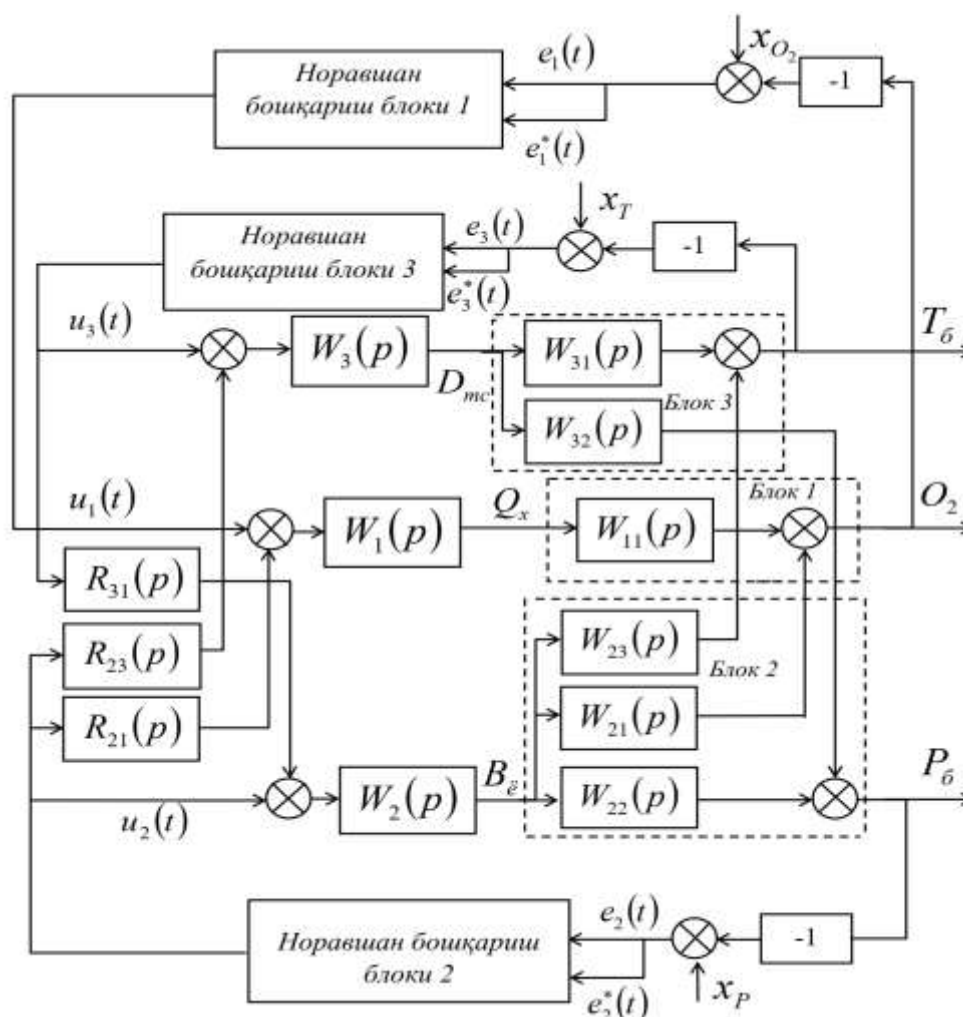
бу ерда O_2 - чиқиб кетаётган газ таркибидаги кислород миқдори, Q_x - ҳаво сарфи.

Ушбу муносабатлар асосида технологик регламентга мос келувчи буғ генераторининг бошқариш тизимининг билимлар базаси шакллантириб олинди. Қолган барча катталиқлар учун ҳам билимлар базаси ҳудди шу тартибда тузиб олинади.

Бошқариш тизимининг билимлар базаси

Агар $T_{O_2}^1 = 1$	бўлса	$K_{II} = 1,68; K_{II} = 13,8; K_D = 12,6$
Агар $T_{O_2}^2 = 1$	бўлса	$K_{II} = 1,7; K_{II} = 14; K_D = 12,8$
Агар $T_{O_2}^3 = 1$	бўлса	$K_{II} = 1,63; K_{II} = 14,6; K_D = 13,4$
Агар $T_{O_2}^4 = 1$	бўлса	$K_{II} = 1,66; K_{II} = 14,1; K_D = 12,8$
Агар $T_{O_2}^5 = 1$	бўлса	$K_{II} = 1,67; K_{II} = 13,8; K_D = 13,3$
Агар $T_{O_2}^6 = 1$	бўлса	$K_{II} = 1,57; K_{II} = 13,8; K_D = 12,4$

Булар асосида, буғ генераторининг норавшан бошқариш тизимининг структураси ишлаб чиқилди (5-расм). Таклиф этилган бошқариш тизимининг структуравий схемасининг асосий хусусияти шундан иборатки, технологик жараёнини характерловчи ҳар бир ўзгарувчи бошқа ўзгарувчиларга бевосита таъсир кўрсатади, жумладан, буғ генератори ҳароратининг T_6 ўзгариши буғ босимининг P_6 ўзгаришига сабаб бўлади [8]. Шунингдек, ёқилғининг тўлиқ ёниши B_e газ таркибидаги кислородга O_2 тўлиқ таъсир кўрсатади. Шунини алоҳида айтиш зарурки, газ таркибидаги кислороднинг O_2 ортиқчалиги иссиқлик миқдорини йўқолишига олиб келади, чунки бу ўчоқдаги ҳароратнинг сийраклашишини S буғнинг ҳароратига таъсир кўрсатади.



5-расм. Буғ генераторини норавшан бошқариш тизимининг структуравий схемаси.

Схемадан кўриниб турибдики, буғ генераторини норавшан бошқариш тизими ёқилғи ва ҳаво сарфини бошқариш хатолигини камайтиришга ва бошқариш тезлигини ошириш ҳисобига энергия сарфини камайтириш имконини беради.

Структуравий схемада чиқувчи газ таркибидаги кислород миқдорига (блок 1+блок 2) ёқилғи сарфи B_e орқали бошқаришнинг таъсири қуйидаги узатиш функцияси орқали ифодаланади $W_{21} = \frac{O_2(p)}{B_e(p)}$ ва ёқилғи сарфининг ҳаво сарфига Q_x таъсирини тавсирловчи узатиш функцияси эса $R_{21} = -\frac{W_{21}}{W_{11}}$ кўринишида ифодаланади [9, 10].

Бошқариш объектининг тенгламаси қуйидаги матрица шаклида ифодаланади:

$$\begin{bmatrix} T_{\sigma} \\ P_{\sigma} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W_{31}(p)W_{23}(p) \\ W_{32}(p)W_{22}(p) \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_{mc} \\ B_e \end{bmatrix}; \quad (1)$$

бу ерда $W(p) = \begin{bmatrix} W_{31}(p)W_{23}(p) \\ W_{32}(p)W_{22}(p) \end{bmatrix}$ - бошқариш объектининг узатиш матрицаси [11, 12]. Р-100-130/15 буғ генераторини бошқариш объекти сифатида қараш учун унинг кўп ўлчамли объект матрицанинг узатиш функцияси ўлчаш натижасида олинган маълумотларни аппроксимациялаш натижасида қуйидаги кўринишда ифодаланди:

1. Буғ қиздиргич: $W_{31}(p) = \frac{T_{\sigma}(p)}{D_{mc}(p)} = \frac{(1+13,82p)^2(1+18,5p)}{(1+58p)^5};$
2. Буғлатгич: $W_{22}(p) = \frac{P_{\sigma}(p)}{B_e(p)} = -\frac{0,95}{696p(1+14p)};$
3. Буғ қиздиргич-буғлатгичнинг боғлиқлиги: $W_{32}(p) = \frac{P_{\sigma}(p)}{D_{mc}(p)} = \frac{0,0604}{696p};$
4. Буғлатгич-буғ қиздиргичнинг боғлиқлиги:
 $W_{21}(p) = \frac{\Delta T_{\sigma}(p)}{D_{mc}(p)} = \frac{1,772}{(1+153,6p)(1+25p)(1+14p)}.$

5.

Бажарувчи механизм билан биргаликда узатиш матрицасини қуйидагича ифодалаш мумкин: $W(p) = \begin{bmatrix} W_3(p)W_{31}(p)W_2(p)W_{21}(p) \\ W_3(p)W_{32}(p)W_2(p)W_{22}(p) \end{bmatrix}$. Бу ерда W_2 ва W_3 - бажарувчи механизм узатиш функцияси. Алоқа каналини автономлигини таъминлаш учун тизимнинг таркибига қўшимча курилмалар киритилади, бунинг учун кесишувчи каналлар матрицасини қуйидагича ифодаланади: $R(p) = \begin{bmatrix} 1 & R_{21}(p) \\ R_{12}(p) & 1 \end{bmatrix}$. У ҳолда объектнинг умумий узатиш матрицаси қуйидаги шаклда ёзилади:

$$W_0 R = \begin{bmatrix} W_3(p)W_{11}(p) + W_2(p)W_{21}(p)R_{12}(p) & W_3(p)W_{31}(p)R_{21}(p) + W_2(p)W_{21}(p) \\ W_3(p)W_{12}(p) + W_2(p)W_{22}(p)R_{12}(p) & W_3(p)W_{32}(p)R_{21}(p) + W_2(p)W_{22}(p) \end{bmatrix}. \quad (2)$$

Қуйидаги $W_1(p) = W_2(p) = W(p)$, $R_{12}(p) = -\frac{W_{12}(p)}{W_{22}(p)}$, $R_{21}(p) = -\frac{W_{21}(p)}{W_{11}(p)}$ шартларни

каноатлантирган ҳолда (2) муносабат қуйидагича ифодаланади:

$$W_0 R = \begin{vmatrix} W(p) \left(W_{11}(p) - \frac{W_{12}(p)W_{21}(p)}{W_{22}(p)} \right) & 0 \\ 0 & W(p) \left(W_{22}(p) - \frac{W_{12}(p)W_{21}(p)}{W_{11}(p)} \right) \end{vmatrix}. \quad (3)$$

Тадқиқ қилинаётган бошқарув тизимларининг ҳаракати ўзаро бир-бирига таъсир кўрсатмайди ва бунинг натижасида буғнинг ҳарорати ва босимини алоҳида бошқариш имконияти туғилади [13].

Бундай ҳолда, кесишиш каналларининг узатиш функциялари қуйидагича ифодаланади:

$$R_{12}(p) = -\frac{W_{12}(p)}{W_{22}(p)} = -0,064(1+14p); \quad (4)$$

$$R_{21}(p) = -\frac{W_{21}(p)}{W_{11}(p)} = \frac{1,76(1+58p)^5}{(1+153,4p)(1+25p)(1+14p)(1+13,82p)(1+18,5p)}. \quad (5)$$

Бошқариш сигналлари бўйича автономлиги таъминланган тизимда буғ ҳарорати ва босимини норавшан-мантиқий бошқариш тизими орқали алоҳида бошқариш мумкин.

Хулоса қилиб шуни айтиш мумкинки, норавшан-мантиқий бошқариш тизимлари ишлаб чиқаришда қўлланилаётган ўзгарувчан коэффицентли бошқариш тизими параметрларини доимий равишда созлаш имконини бериб, бошқариш тизимига адаптивлик хоссасини беради. Иссиқлик юкламаси ўзгаришининг эҳтимоллиги ва дастлабки маълумотларнинг қисман ноаниқлиги шароитида ёқилғи сарфининг ўзгаришини ҳисобга олган ҳолда, буғ генератори технологик параметрларини норавшан бошқариш тизимини синтезлаш алгоритмлари ишлаб чиқилди. Бошқариш қонуни параметрларининг оптимал қийматларини топиш ва уни адаптациялаш алгоритми ишлаб чиқилди. Бошқариш тизимини ишлаб чиқилган норавшан бошқариш блокининг созлаш коэффицентларини адаптациялаш механизмнинг тадбиқ этиш иссиқлик электр станцияларининг буғ генераторида энергия сарфини камайтишига олиб келади.

Адабиётлар

- [1] Igamberdiyev X.Z. Regularized algorithms of adaptive assessment of state of control objects with parametric perturbation account // Chemical Technology, Control and Management. – Vol. 3. – Iss. 2. – 2018. – Pp.47-52. <https://doi.org/10.34920/2018.3>.
- [2] Marahimov A.R., Igamberdiev H.Z., Yusupbekov A.N., Siddikov I.H. Fuzzy situation analysis and control of the processes safety of the complex industrial petrochemical objects 2013 // Seventh International Conference on Soft Computing, Computing with Words and Perceptions in System Analysis, Decision and Control – ICSCCW. – Turkey 2013. – Pp.323-328.
- [3] Mukhamedieva D.T. Approaches to solving optimization tasks based on asks based on natural calculation algorithms // Scientific-technical journal. – Vol. 24. – Iss. 2. – 2020. – Pp.58-67.
- [4] Siddikov I.X., Umurzakova D.M. Fuzzy-logical Control Models of Nonlinear Dynamic Objects // Advances in Science, Technology and Engineering Systems Journal. – 2020. – Vol. 5, No. 4. – Pp. 419-423. <https://doi.org/10.25046/aj050449>.
- [5] Siddikov I.X., Umurzakova D.M. System synthesis fuzzy-logic regulation of nonlinear dynamic objects // Technical science and innovation. – Tashkent 2020. – Vol. 1. – Pp. 102-108.
- [6] Zadeh L.A. Linear system theory: the state space approach // Courier Dover Publications. –2008. – Pp.566.
- [7] Алиев Р.А., Алиев Р.Р. Теория интеллектуальных систем и ее применение .-Баку : Чашыюглы , 2001 -720 с.
- [8] Богданов А.В. Проектирования реализация нечеткого регулятора в системе управления парового котла ТЭС для адаптации ПИД-регулятора // Современные проблемы науки и образования 2015, №2-2. 1-8с. 2с.
- [9] Бекмуратов Т.Ф. Систематизация задач интеллектуальных систем поддержки принятия решений // Проблемы информатики и энергетики. – Ташкент 2003. №4. – С.24-35.
- [10] Еремин Е.Л., Теличенко Д.А., Чепак Л.В. «Дискретно-непрерывная система адаптивного управления температурным режимом пароперегревателя» // Адаптивные и робастные системы 2004. №1(7), с. 117-129.

- [11] Плетнев Г.П. Автоматизированное управление объектами тепловых электростанций /Г.П. Плетнев. -М.: Энергоиздат,1986.-368 с.
- [12] Ротач В.Я. Теория автоматического управления. М.: МЭИ, 2004, 400 с.
- [13] Смирнов Н.И., Сабанин В.Р., Репин А.И. Оптимизация одноконтурных АСР с многопараметрическими регуляторами // Промышленные АСУ и контроллеры. –2005. –№ 7. – С. 24-28.

УДК 621.9.02.002

АНАЛИЗ ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПРОМЫШЛЕННОГО РОБОТА НА СТАДИИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Н.А. Жураева, М.З. Атаджанова

*Ташкентский государственный технический университет им. И.Каримова, Ташкент
(Получена 8.01.2024 г.)*

The analysis of the layout options of industrial robots (IR), carried out by using a computer, allows you to evaluate and choose the optimal design solutions, which increases the efficiency of work on the creation and widespread implementation of IR.

To carry out such an analysis, it is necessary to create a methodology that takes into account the design features of the IR and includes the development of analysis principles, the choice of parameters for comparing design options, the choice of criteria for evaluating options, determining the structure of the IR, etc.; the development of technical tools that allow the designer to practically use the proposed analysis methodology with minimal loss of time.

The main features of the IR which related to the nature of its work consist of two parts. 1. The non-rigidity of the structure (since a significant part of the kinematic chain is not covered by feedback), which causes an increased amplitude and duration of vibrations of the final link during transients (i.e., during acceleration and deceleration); 2. A large proportion of the time of transients (up to 90% with small movements) in the total operating time of the IR this is due to the need to ensure the required positioning accuracy by reducing the amplitude of vibrations of the final link.

Keywords: industrial robot, block diagram, process, metal cutting machines

Анализ вариантов компоновок промышленных роботов (ПР), проведенный с помощью ЭВМ, позволяет оценить и выбрать оптимальные конструктивные решения, что повышает эффективность работ по созданию и широкому внедрению ПР.

Для проведения такого анализа необходимы: создание методики, учитывающей особенности конструкции ПР и включающей в себя разработку принципов анализа, выбор параметров для сравнения конструктивных вариантов, выбор критериев оценки вариантов, определение структуры ПР и т. д.; разработка технических средств, позволяющих конструктору практически использовать предлагаемую методику анализа с минимальными затратами времени.

Основными особенностями ПР, связанными с характером его работы, являются: 1) нежесткость конструкции (поскольку значительная часть кинематической цепи не охвачена обратной связью), что обуславливает повышенные амплитуду и длительность колебаний конечного звена во время переходных процессов (т. е. при разгоне и торможении); 2) большая доля времени переходных процессов (до 90% при небольших перемещениях) в общем времени работы ПР, что связано с необходимостью обеспечить требуемую точность позиционирования путем уменьшения амплитуды колебаний конечного звена.

Ключевые слова: промышленный робот, структурная схема, процесс, металлорежущие станки

ЭХМ ёрдамида ўтказилган саноат роботларининг компоновкаси таҳлили оптимал конструктив ечимни баҳолаш ва танлашга ёрдам беради. Бу эса саноат роботларини яратишда самарадорликни оширади. Бундай таҳлилни ўтказиш учун керакли воситалар : Саноат роботининг конструкцияси хусусиятларини инобатга олган ҳолда методикани ишлаб чиқиш ва конструктив вариант билан таққослаш учун параметрларни танлаш, вариантни баҳолаш кртерияларини танлаш, саноат роботининг структурасини аниқлаш ва х.к. Техник воситаларни ишлаб чиқиш конструкторга қисқа вақт ичида тавсия қилинаётган анализ методини амалда қўллаш имкониятини беради.

Саноат роботларининг характеристикаси билан боғланган асосий хусусиятлари қуйидагилардан иборат: 1) конструкцияси бикирлиги пастлиги, бунда амплитуда юқорилиги ва тебранишлар давомийлиги ўтувчи жараёнлар вақтида ҳисобга олинади 2) Саноат роботининг умумий иш вақтининг катта қисмини ўтувчи жараёнлар ташкил қилади, бу эса охириги звенонинг тебраниши амплитудасини камайитириши йўли билан керакли позитсион аниқликни таъминлаши зарурлиги билан боғлиқ бўлади.

Kalit so'zlar: sanoat roboti, blok-sxema, jarayon, metall kesish mashinalari.

Методика анализа конструкции ПР ориентирована прежде всего на исследование переходных процессов, для чего целесообразно использовать имитационное моделирование

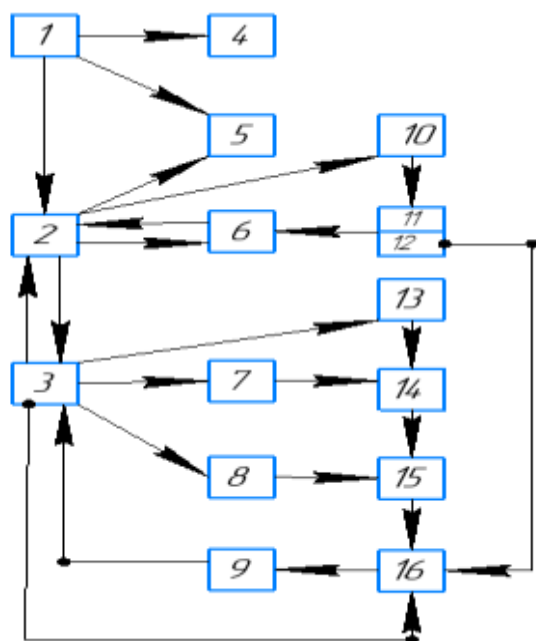


Рис.1. Структурная схема машинно-агрегатной системы расчета и анализа конструкций пр: 1 - технолог; 2 - конструктор; 3 - расчетчик - программист; 4 - задание на проектирование; 5 - критерии оценки (по точности, надежности, быстродействию и т. д.); 6 - эскизный проект; 7 - стыковка блоков моделей; 8 - стыковка программ; 9 - результаты расчета; 10- варианты компоновки; 11 - агрегатно-конструктивные блоки (узлы); 12 - исходные данные расчета (значения параметров узлов); 13 - регатно программные блок-модули; 14 - общая модель конструкции ПР; 15 - общая программа; 16- ЭВМ.

и т. д.).

На основании этих данных конструктор выбирает несколько возможных вариантов компоновок ПР. Особенностью предлагаемой методики является то, что каждый из этих вариантов реализуется с помощью набора агрегатно-конструктивных блоков (узлов), которые выбираются из уже имеющихся блоков или, если это необходимо, проектируются вновь. Для каждого агрегатно-конструктивного блока расчетчик-программист подбирает соответствующий программный блок - модуль, воспроизводящий с помощью ЭВМ особенности работы этого конструктивного блока, а затем составляет из отдельных программных блок - модулей одну общую программу, соответствующую определенному варианту компоновки ПР. Таким образом, указанная методика позволяет резко сократить время подготовки к моделированию и самого моделирования.

конструкций ПР с помощью ЭВМ, которое позволяет анализировать переходные процессы не только при ступенчатых и импульсных воздействиях, но и при любых других реально существующих законах разгона и торможения.

Большие возможности имитационного моделирования с помощью ЭВМ могут быть успешно реализованы только в том случае, если будут разработаны соответствующие технические средства для проведения анализа.

В качестве такого средства, значительно облегчающего работу конструктора с ЭВМ, можно использовать машинно-агрегатную систему расчета и анализа конструкций ПР [1], структурная схема которой показана на рис. 1. Основным принципом этой системы является создание агрегатированного комплекса заранее разработанных элементных моделей и отлаженных специальных программ, из которых сравнительно быстро и просто можно составить общую программу, моделирующую конструкцию ПР в целом. В соответствии с этой схемой технолог разрабатывает задание на проектирование ПР, т. е. устанавливает технологические параметры его работы (геометрию детали, ее массу, требуемые перемещения и их скорости, число обслуживаемых станков и машин и т. д.), а также совместно с конструктором определяет критерии оценки качества работы ПР (точность, быстродействие, время успокоения, надежность

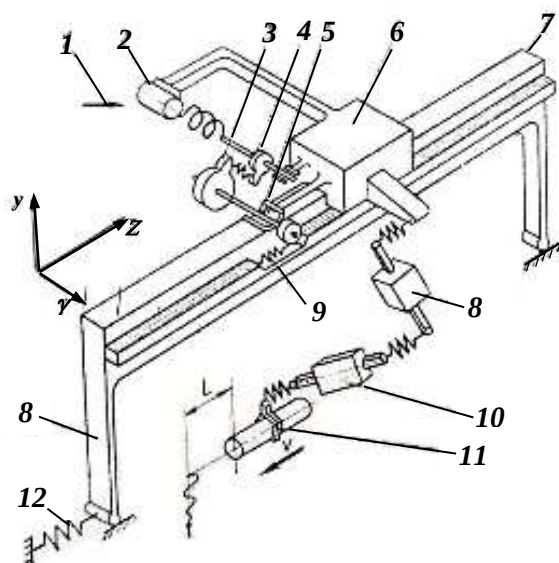


Рис.2. Модель продольного (транспортного) перемещения ПР мод. ЦРБ-50:1-сигнал управления; 2-двигатель; 3и 4зубчатые колеса; 5-корпус вала; 6-тележка; 7-монорельс; 8-плечо руки; 9-зубчато – реечная передача; 10-предплечье руки; 11-схват с деталью; 12-жесткость опор монорельса; 13-опора монорельса; X, Y, Z- оси координат; L- продольное перемещение схвата вдоль оси Z; v-скорость продольного перемещения схвата.

компоновки, а затем лучшую из компоновок.

Рассмотрим применение описанной методики для оценки времени цикла работы ПР мод. ЦРБ-50 тельферного типа при различных режимах работы. Общее время позиционирования $T_o = T_n + T_c$, где T_n - время работы привода, необходимое для номинального перемещения конечного звена;

T_c - время - стабилизации положения конечного звена (время переходного процесса).

При небольших (40-100 мм) перемещениях конечного звена (например, при установке детали в патрон доля T_c в общем времени позиционирования достигает 90% и практически определяет производительность ПР.

Величина T_c зависит как от конструктивных параметров ПР, так и от режима его работы. Оптимальные законы разгона и торможения массивных тел (без учета упругих связей) эффективно используемые в механизмах с короткими и жесткими кинематическими связями (например, в шатунно-кривошипных, кулачковых и др.), не могут быть применены в реальных конструкциях ПР. Это объясняется тем, что в связи с нежесткостью конструкции форма движения конечного звена ПР существенно отличается от формы движения, заданного приводом. Поэтому при исследовании работы ПР выбирали конкретные оптимальные законы разгона и торможения в зависимости от конструктивных параметров ПР.

Моделировали работу ПР мод. ЦРБ-50, предназначенного для обслуживания группы металлорежущих станков, установленных в линию. Максимальная масса переносимой заготовки 160 кг; длина перемещения ПР вдоль станков 18 м. максимальная скорость продольного перемещения 1000 мм/с. Модель продольного (транспортного) перемещения ПР мод. ЦРБ-50 показана на рис. 2. Каждый элемент модели соответствует определенному узлу конструкции ПР.

Перед началом исследований необходимо провести идентификацию ПР. т. е. оценить соответствие разработанной модели ПР его реальной конструкции. С помощью данных, полученных при натурных испытаниях узлов ПР, можно идентифицировать модели, соответствующие этим узлам. Используя эти данные, а также данные, полученные при натурных испытаниях аналогичных ПР, собранных из узлов, можно идентифицировать общие модели ПР, собранные из агрегатно-программных блоков, а также проверить принципы, по которым модели узлов собираются в общую модель ПР.

Варьируя (с помощью методов планирования эксперимента) конструктивные параметры и режимы работы ПР. можно получить результаты для каждого варианта имитации работы ПР. Качество работы ПР для каждого варианта оценивают с помощью заранее заданных критериев [2 и 3]. На основе этих оценок можно выбрать оптимальный вариант для каждой

Монорельс 7 помещен на упругих опорах 13, жесткость которых включает в себя и жесткость стыка опор с фундаментом. Упругие деформации опор имитируются элементом 12. По монорельсу перемещается тележка 6, к которой крепится рука, состоящая из плеча 8, предплечья 10 и схвата 11 с деталью. Тележка перемещается двигателем 2 (по сигналу / управления) с помощью зубчатых колес 3 и 4 и зубчато-реечной передачи 9. В зубчатых зацеплениях учитываются жесткость и зазор. Звенья руки соединены шарнирами, в которых также учитываются жесткость и зазор. Масса, жесткость (с учетом жесткости переносимой детали), зазор и трение образуют элемент модели.

Поскольку рассматривали перемещение ПР вдоль оси Z, учитывали только составляющие жесткости и зазоров относительно этой оси. Коэффициент диссипации приняли 0.05. Привод имитировали механическими характеристиками, имеющими рабочей зоне постоянный угол наклона, что позволило учесть влияние нагрузки на работу привода.

Для каждого элемента модели выбирали соответствующие

программные модули, которые затем с помощью стыкующих подпрограмм и отдельных операторов соединяли в общую программу. В каждом элементе программы учитывали следующие параметры: массу (момент инерции), жесткость, зазор, внешнее трение, трение в жесткости, трение в зазоре, вес и внешние силы.

Программные модули и общую программу записывали на языке ФОРТРАН IV. Счет проводили на ЭВМ М4030 (масштаб времени: 1 с работы ПР - 5 мин счета ЭВМ).

При выборе режима работы модели ПР учитывали, что наибольшие потери времени происходят при малых перемещениях. Поэтому исследования проводили при перемещении на 45 мм. Закон движения привода был принят за номинальный, и все отклонения движения конечного звена отсчитывали от этого номинала.

Поведение конечного звена (схвата 11) оценивали по максимальному отклонению от номинала и времени переходного процесса [2]. Окончание переходного процесса определяется допустимой амплитудой колебаний детали в момент ее зажима. Эта величина (в дан ном случае $\pm 1,5$ мм) назначается технологом.

Результаты моделирования в обработанном и обобщенном виде представлены на рис. 3. По этим результатам определили нагрузки, действующие в элементах конструкции, провели проверочный расчет на прочность и установили, что нагрузки не превышают предельно допустимых.

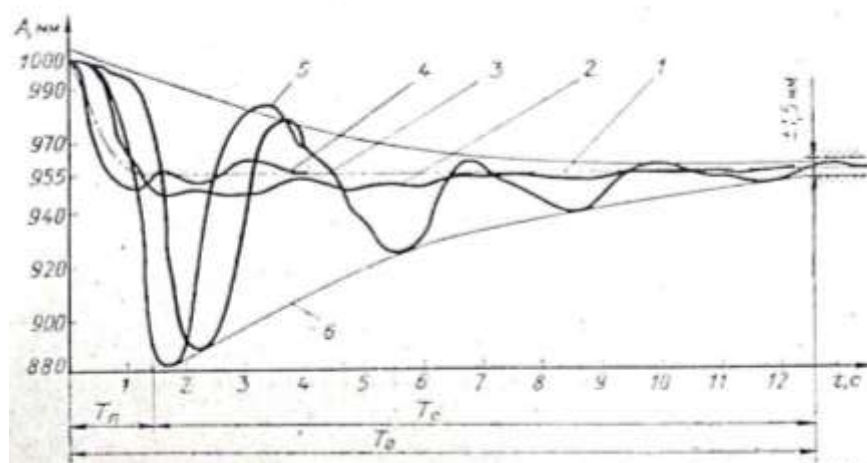


Рис.3. Процесс движения тележки и конечного звена ПР мод. ЦРБ-50 в зависимости от закона изменения скорости привода: 1 - номинальное перемещение конечного звена (без учета жесткости конструкции и зазоров в зубчатых передачах) при параболическом законе изменения скорости ($v_{max} = 250$ мм/с); 2 - реальное перемещение тележки (с учетом жесткости конструкции и зазоров в зубчатых передачах) при тех же условиях; 3 - то же, для конечного звена; 4 - реальное перемещение тележки при постоянной скорости $v = 250$ мм/с; 5 - то же, для конечного звена; 6 - огибающая экспонента, проходящая через точки максимальных отклонений конечного звена; A - амплитуда колебаний; t - текущее время; T_p - время работы привода, необходимое для номинального перемещения конечного звена; T_c - время стабилизации положения конечного звена (время переходного процесса); T_o - общее время позиционирования.

Предварительный анализ результатов имитационного моделирования показал следующее. Законы разгона и торможения привода мало влияют на поведение конечного звена при небольших перемещениях последнего. Это можно объяснить низкой собственной частотой колебаний конечного звена. В результате чего даже при высоких средних скоростях перемещения тележки разгон и торможение привода заканчиваются задолго до того, как амплитуда колебаний конечного звена достигнет допустимой величины ($\pm 1,5$ мм). Следовательно, возможности управления переходным процессом в конструкциях с малой жесткостью и низкой частотой собственных колебаний при высоких перемещениях весьма ограничены.

Поэтому необходимо увеличивать собственную частоту колебаний конструкции ПР (путем повышения ее жесткости) и выбирать такую среднюю скорость движения, чтобы время работы привода было больше полупериода собственных колебаний конечного звена.

Процесс движения конечного звена ПР достаточно точно описывается огибающей экспонентой 6 (см. рис. 3), преходящей через точки его максимальных отклонений. Поэтому различные варианты переходных процессов могут быть описаны и исследованы с помощью указанных экспонент (рис. 4).

Кривая 5 (см. рис. 4) показывает переходный процесс для конструкции ПР повышенной жесткости. При повышении жесткости руки в 5 раз максимальная амплитуда колебаний конечного звена уменьшается в 2,5 раза, а время переходного процесса - в 3 раза увеличение жесткости привода мало влияет на сокращение времени переходного процесса. Однако нужно учесть, что при пятикратном увеличении жесткости руки нагрузки в различных звеньях ПР возрастают в 4-7 раз. Кроме того, такое увеличение жесткости усложняет конструкцию ПР, повышает требования к качеству сборки и, как следствие, удорожает стоимость ПР.

Выводы

1. Предлагаемая методика анализа динамических свойств конструкции ПР, основанная на использовании агрегатных имитационных моделей, позволяет значительно сократить время решения конкретных производственных задач.

2. При конструировании ПР нужно увеличивать собственную частоту колебаний конечного звена и выбирать такую среднюю скорость движения, чтобы время разгона и время

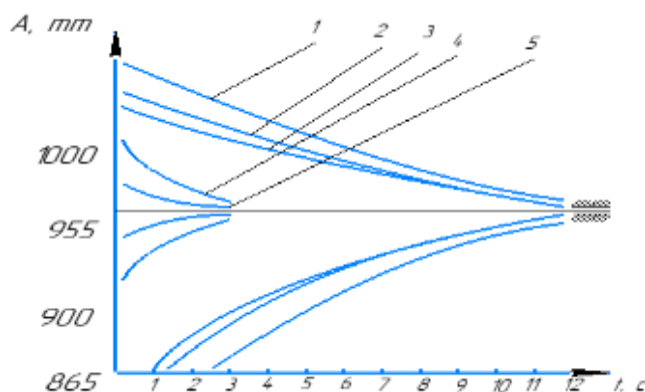


Рис.4. Огибающие экспоненты, отражающие форму переходного процесса конечного звена ПР мод. ЦРВ-50 в зависимости от длины L (в мм) и скорости v (в мм/с) продольного перемещения: 1) $L=90, v=500$; 2) $L=45, v=50$, без разгона и торможения; 3) $L=45, v=250$, с разгоном и торможением; 4) то же, но без детали; 5) $L=45, v=50$, с разгоном и торможением, увеличена жесткость руки: A - амплитуда колебаний конечного звена ПР; t - текущее время.

Список литературы

- [1]. Василенко Н.В., Никитин К.Д., Пономарёв В.П., Смолин А.Ю. – Основы робототехники. Под общей редакцией Никитина К.Д. Томск, МГП «РАСКО» 1993. [Электронный ресурс]. Режим доступа: <http://www.-bibliotekar.ru/7-robot/12>.
- [2]. Эльяш Н.Н., Гурьев Е.С. Теория механизмов и машин и детали машин: Учеб. пособие / Свердлов. инж.-пед. ин-т. Свердловск, 1991. Ч.2. 80 с.
- [3]. Левитский Н.И. Теория механизмов и машин. - М. Наука, 1979. - 576 с.
- [4]. Теория механизмов и машин: Учеб. для вузов / К.В.Фролов/, С.А.Попов, А.К. Мусатов и др.; Под ред. К.В.Фролова. - М.: Высш.шк., 2000. – 496 с.
- [5]. Механика промышленных роботов: Учеб. пособие для вузов: В 3 кн., Кн.2: Расчет и проектирование механизмов / Е.И.Воробьев, О.Д. Егоров С.А., Попов. -М.: Высш. шк., 1988.- 367 с.

- [6]. Автоматизация технологического оборудования микроэлектроники / Под ред. А.А. Сазонова. — Высшая школа, 1991. — 344 с.
- [7]. 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. — 56 с.
- [8]. Дорф Р., Бишоп Р. Современные системы управления. — ЛБЗ, 2002. — 831 с.

УДК 621.1. 016. 4.(075. 8)

ПРИМЕНЕНИЕ ТЕОРИИ ПОГРАНИЧНОГО СЛОЯ ДЛЯ РАСЧЕТА ПОЛЯ ТЕМПЕРАТУР В СОЛНЕЧНОМ ВОЗДУХОНАГРЕВАТЕЛЕ

Е.С. Аббасов, М.А. Умурзакова

Ферганский политехнический институт
(Получена 19.01.2024 г.)

В статье обсуждается вопрос о применимости теории пограничного слоя для расчета полей температур в воздушном слое, прилегающем к поверхности абсорбера плоского солнечного воздухонагревателя. Авторами сообщения показано решение такой задачи, при которой плоская поверхность абсорбера со средней температурой 80°C омывается потоком воздуха при нормальном атмосферном давлении. Скорость потока воздуха $0,1\text{ м/с}$, а температура воздуха 20°C .

Ключевые слова: солнечный воздухонагреватель, пограничный слой, абсорбер, ламинарное течение, толщина пограничного слоя, профиль температур.

Maqolada tekis quyosh havo isitgichining absorber yuzasida hosil bo'lgan havo qatlamidagi harorat maydonlarini hisoblash uchun chegara qatlami nazariyasining qo'llanilishi muhokama qilingan. Ma'ruza mualliflari o'rtacha harorati 80°C bo'lgan absorberning tekis yuzasi normal atmosfera bosimida havo oqimi bilan yuvilishi muammosini hal qilishni ko'rsatdi. Havo oqimining tezligi $0,1\text{ м/с}$, harorati 20°C .

Kalit so'zlar: quyosh havo isitgichi, chegara qatlami, absorber, laminar oqim, chegara qatlami qalinligi, harorat profili.

The article discusses the applicability of boundary layer theory for calculating temperature fields in the air layer adjacent to the surface of the absorber of a flat solar air heater. The authors of the report have shown a solution to a problem in which the flat surface of an absorber with an average temperature of 80°C is washed by an air flow at normal atmospheric pressure. The air flow speed is 0.1 м/с and its temperature is 20°C .

Keywords: solar air heater, boundary layer, absorber, laminar flow, boundary layer thickness, temperature profile.

Введение

Плоский солнечный коллектор представляет собой прямоугольную рамочную конструкцию, которая выполнена герметичной и которая с внутренней стороны изолирована теплоизоляцией с низкой степенью теплопроводности, сверху коллектора имеется светопрозрачное покрытие. Коллектор имеет прямоугольный вход и выход для прохода воздуха, который нагревается от контакта с абсорбером (Рис.1).

Очевидно, такое течение в солнечном коллекторе [3-5] можно рассматривать как течение в начальном участке, в котором образуется пограничный слой.

Пограничный слой в гидродинамике – это тонкий слой жидкости или газа прилегающий к

твердой поверхности, в котором скорость быстро уменьшается до нулевого значения на стенке. В этом случае выполняется условие прилипания. В пределах этого слоя силы вязкого

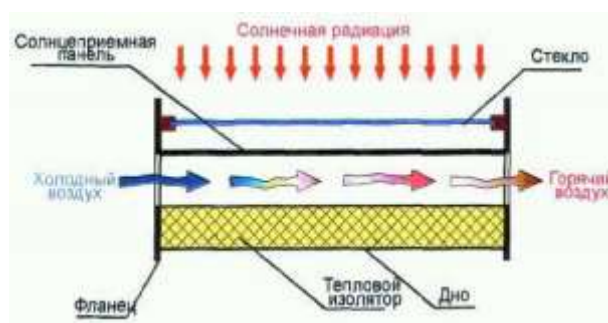


Рис. 1. Схема солнечного воздухонагревателя.

трения велики, а за его пределами считаются пренебрежимо малыми, поэтому течение во внешней области рассматривается как течение идеальной (невязкой) жидкости (Рис.2).

Метод исследования.

При обтекании плоской поверхности маловязкой жидкостью $\left(\frac{\mu}{\rho}\right) = \nu \rightarrow 0$, изменения

скорости сосредоточены в тонком пограничном слое. Для перехода к конкретным числовым примерам воспользуемся уравнениями неразрывности (1) и движения (2), которые запишем как:

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} = 0 \approx v \sim \left(\frac{\delta}{x}\right) u_{\infty} \quad (1)$$

$$u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -\left(\frac{1}{\rho}\right) \frac{\partial p}{\partial x} + \nu \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2}\right) \quad (2)$$

Если оценить каждый член уравнения (2)

$$(U^2/l)(\hat{u} \frac{\partial \hat{u}}{\partial \hat{x}} + \hat{v} \frac{\partial \hat{u}}{\partial \hat{y}}) = -(U^2/l) \left(\frac{\partial \hat{p}}{\partial \hat{x}}\right) + (U/l^2) \nu \left(\frac{\partial^2 \hat{u}}{\partial \hat{x}^2} + \frac{\partial^2 \hat{u}}{\partial \hat{y}^2}\right) \quad (3)$$

$$\hat{u} \frac{\partial \hat{u}}{\partial \hat{x}} + \hat{v} \frac{\partial \hat{u}}{\partial \hat{y}} = -\left(\frac{\partial \hat{p}}{\partial \hat{x}}\right) + (1/Re_l) \left(\frac{\partial^2 \hat{u}}{\partial \hat{x}^2} + \frac{\partial^2 \hat{u}}{\partial \hat{y}^2}\right) \quad (4)$$

1 1

$\hat{\delta} 1/\hat{\delta}$

1

$\hat{\delta}^2$

1

$1/\hat{\delta}^2$

то, можно получить:

$$\hat{\delta} \approx 1/\sqrt{Re} \quad (5)$$

Где $\hat{\delta}$ является безразмерной толщиной динамического пограничного слоя т.е. $\hat{\delta} = \delta/L$, L – протяженность пограничного слоя.

Течение в пограничном слое может быть ламинарным или турбулентным. При ламинарном режиме отдельные струйки жидкости (газа) движутся по параллельным

траекториям, форма которых близка к форме обтекаемого тела или условной границы раздела между двумя жидкими (газообразными) средами. При турбулентном режиме в пограничном слое на некоторое осреднённое движение

частиц жидкости в направлении основного потока накладывается хаотическое, пульсационное движение отдельных жидких молей. В результате интенсивность переноса количества движения, а также процессов теплоотдачи резко увеличиваются, что приводит к возрастанию коэффициента поверхностного трения, теплообмена.

В теории пограничного слоя были в дальнейшем разработаны аналитические формулы для расчета характеристик пограничного слоя, которые значительно упрощают вычислительную процедуру такого течения [1-2, 6,7]. Например, для

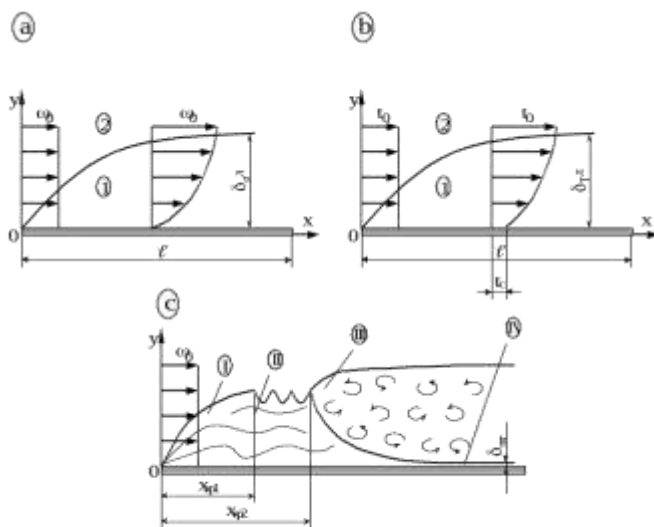


Рис. 2 Схема развития пограничного слоя.

1 – пограничный слой (динамический – (а) и тепловой – (б)); 2 – невозмущённый поток жидкости; I – зона ламинарного режима течения; II – зона переходного режима течения; III – зона турбулентного режима течения; IV – зона вязкого ламинарного подслоя.

ламинарного пограничного слоя формула расчета толщины слоя равна

$$\delta = \frac{4,64 * x}{\sqrt{Re_x}} \quad (6)$$

Так как, скорости в канале солнечного коллектора малы, то принимая модель ламинарного пограничного слоя рассчитаем профиль температуры в пограничном слое.

Результаты

Примем, что плоская поверхность абсорбера со средней температурой 80°C омывается потоком воздуха при нормальном атмосферном давлении. Скорость потока воздуха 0,1 м/с а его температура 20°C. Построим профиль температуры в поперечном сечении $x = 0, 1$ м.

1. Определяем значение критерия Рейнольдса

$$Re_x = \frac{u_0 x}{\nu} = \frac{0,1 * 0,1}{15,06 * 10^{-6}} = 0,066 * 10^4 = 660$$

Физические константы выбираются из [8].

2. Сопоставляем полученное значение критерия Рейнольдса с критическим

$Re_x < Re_{x_{кр}}$. Следовательно, образующийся в поперечном сечении $x = 0, 1$ м пограничный слой ламинарный.

3. Определяем толщину динамического пограничного слоя по формуле

$$\delta = \frac{4,64 * x}{\sqrt{Re_x}} = \frac{4,64 * 0,1}{\sqrt{660}} = 0,018 \text{ м}$$

4. Определяем толщину теплового пограничного слоя

$$\delta_T = \frac{\delta}{\sqrt[3]{Pr}} = \frac{0,018}{1} = 0,018 \text{ м}$$

5. Определяем избыточную температуру набегающего потока воздуха

$$\vartheta_0 = T_0 - T_w = 20 - 80 = -60^\circ \text{C}$$

6. Построение профиля температуры. Зададим ряд значений η_T и по формуле

$$\psi(\eta_T) = \left(\frac{3}{2}\right)\eta_T - \left(\frac{1}{2}\right)\eta_T^2 \quad \text{вычисляем } \psi(\eta_T).$$

7. Определяем $y = \eta_T * \delta_T$, $\vartheta = \vartheta_0 * \psi(\eta_T)$ и $T = \vartheta + T_w$

Результаты расчета сведены в таблицу №1.

Таблица 1.

η_T	0	0,25	0,5	0,75	1
$\psi(\eta_T)$	0	0,375	0,688	0,915	1
$y * 10^3$	0	4,5	9	13,5	18
ϑ	0	-22,5	- 41,3	-55	-60
$T^\circ \text{C}$	80	57,5	38,7	25	20

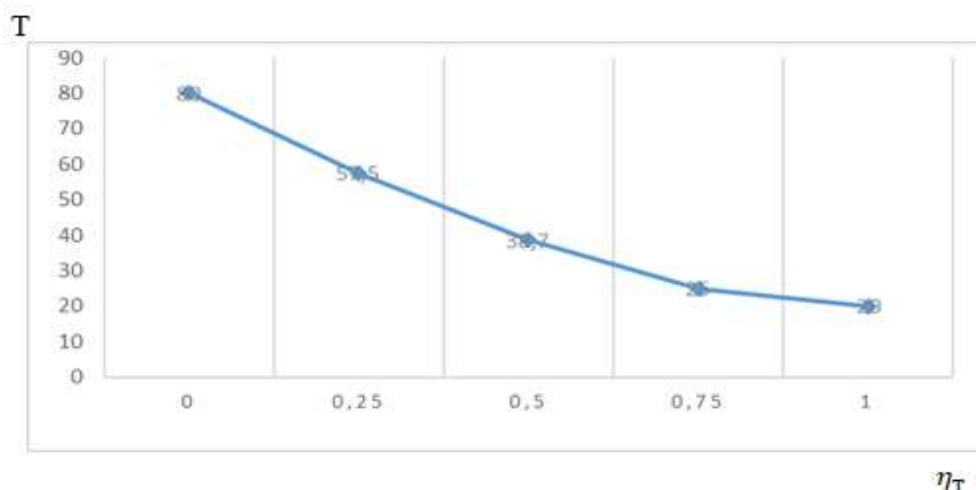


Рис. 3. Изменение температуры воздуха по толщине ламинарного пограничного слоя.

На рисунках 3 и 4 показаны результаты расчета температуры воздуха T по толщине ламинарного пограничного слоя и избыточной температуры ϑ .

9

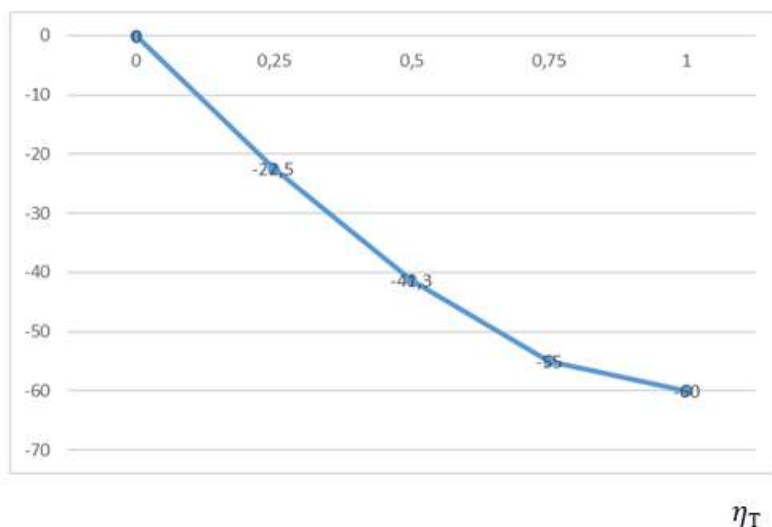


Рис. 4. Изменение избыточной температуры воздуха по толщине ламинарного пограничного слоя.

Выводы

1. Для расчета профиля температуры в воздухе протекающего вблизи поверхности абсорбера в солнечном воздухонагревателе использована теория пограничного слоя.
2. Полученные графики температур позволяют рассчитать степень нагрева воздушного потока вблизи от стенки абсорбера и соответственно в дальнейшем получить важную информацию о теплообмене в солнечном нагревателе.

Список литературы

- [1]. Аббасов Е.С., Умурзакова М.А. Тепловая эффективность плоских солнечных воздухонагревателей. Монография. Фергана. 2019 г. 128 с.
- [2]. Аббасов Е.С., Умурзакова М.А. Методы повышения эффективности теплообмена в солнечных воздухонагревателях. Монография. Фергана. 2020 г. 160 с.
- [3]. Аббасов Е.С., Умурзакова М.А., Узбеков М.О. Вопросы создания энергоэффективных солнечных водяных коллекторов. Научно – технический журнал ФерПИ. – 2015г. Т.19 №1 С. 66-71. (05.00.00.; №20)
- [4]. Аббасов Е.С., Умурзакова М.А., Узбеков М.О. Повышение эффективности солнечных воздухонагревателей. Научно – технический журнал ФерПИ. – 2015г. Т.19. №2 С. 66-69.
- [5]. Аббасов Е.С., Умурзакова М.А., Болтобоева М.П. Эффективность солнечных воздухонагревателей. Гелиотехника 2016г. №2 . С. 13 – 16.
- [6]. Umurzakova M.A. Thermal efficiency of flat solar air heaters. International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. – India, Vol. 5, Issue 6, June 2018.
- [7]. Аббасов Е.С., Умурзакова М.А. Оценка тепловой эффективности плоских солнечных воздухонагревателей. Вестник ТашИИТ 2-3/2018. С.13 -20.
- [8]. Исаченко В.П., Осипова В.А., Сукомел А.С. Теплопередача. Изд. 2-е, перераб. и доп. М.: Энергия, 1975. 488 с.

МЕТОДОЛОГИЯ ВЫБОРА МЕСТА УСТАНОВКИ МИКРО-ГЭС МОЩНОСТЬЮ 50 кВт НА ЮЖНОМ ФЕРГАНСКОМ КАНАЛЕ И ТЕХНИКО- ЭКОНОМИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ

У.Р. Саломов, О.М. Уришев

Ферганский политехнический институт, Узбекистан, 150107, Фергана, ул. Ферганская, д 86.

Тел: +998973356596, e-mail: orishevomadjon@gmail.com

(Получена 18.11.2024 г.)

Аннотация: Узбекистан имеет большой потенциал для микрогидроэнергетики, которая рассматривается как возобновляемый источник энергии. В данной работе представлен простой метод выбора площадки для микро-ГЭС и технико-экономического обоснования проекта микро-ГЭС. НИР №143/14 от 13.08.2021 поддержана ТЭО проекта «Мерхамат МикроГЭС». Установленная мощность проекта на Южном Ферганском канале составляет 50 кВт/ч, где используются турбина Каплана и генератор на постоянных магнитах. Срок окупаемости проекта – около 7 лет.

Ключевые слова: Микро-ГЭС, турбина Каплана, генератор, инвентарь, контроллеры,

потребители, организация производства, электроснабжение, энергия водного потока.

Anotatsiya: O'zbekistonda qayta tiklanadigan energiya manbai sifatida ko'riladigan mikro gidroenergetika uchun katta salohiyat mavjud. Ushbu ish Mikro-GES ni o'rnatish joyini tanlash va Mikro GES loyihasini texnik-iqtisodiy asoslashning oddiy usulini taqdim etadi. Tadqiqot ishi №143/14, 13.08.2021 Marhamat MikroGES loyihasining texnik-iqtisodiy asoslari bilan qo'llab-quvvatlandi. Janubiy Farg'ona kanalida loyihaning o'rnatilgan quvvati 50 kVt/soat bo'lib, bu yerda Kaplan turbinasidan va doimiy magnit generatoridan foydalanilgan. Loyihaning o'zini oqlash muddati taxminan 7 yil.

Kalit so'zlar: Mikro-GES, Kaplan turbinasi, generator, inventar, kontrollerlar, iste'molchilar, ishlab chiqarishni tashkil etish, elektr ta'minoti, suv oqimi energiyasi.

Annotation: Uzbekistan has a great potential for micro hydropower as a renewable energy source. This work presents a simple method for Micro-HPP site selection and Micro-HPP project feasibility study. Research work No. 143/14, 13.08.2021 was supported by the feasibility study of the Merhamat MikroGES project. The installed capacity of the project in the Southern Fergana canal is 50 kW/h, where a Kaplan turbine and a permanent magnet generator are used. The payback period of the project is about 7 years.

Keywords: Micro-HPP, Kaplan turbine, generator, inventory, controllers, consumers, organization of production, power supply, water flow energy.

1. Введение.

В настоящее время проводятся научно-исследовательские работы по использованию возобновляемых источников энергии, в том числе гидроэнергетики, и их применению в сельском хозяйстве. Территория нашей страны преимущественно расположена в предгорьях и равнинах. Поэтому построить в этих районах крупные гидроэлектростанции невозможно. Потому что необходимо строить дамбы на реках и собирать большое количество воды в водохранилищах, созданных для непрерывной работы ГЭС. В результате могут быть затоплены огромные территории. [1]

Гидроэнергетический потенциал малых рек и каналов Узбекистана велик. Специалисты Института прогнозирования и макроэкономических исследований (ПМТИ) оценили возможности получения энергии из водных ресурсов Узбекистана. Результаты анализа показывают [1], что теоретический гидроэнергетический потенциал рек Узбекистана составляет 88,5 млрд кВтч в год, т.е.:

1. крупные реки – 81,1 млрд кВтч;
2. средние реки - 3,0 млрд. кВтч;
3. малые реки – 4,4 млрд кВтч. [2]

Потенциал технической гидроэнергетики составляет 27,4 млрд кВтч, из них:

1. крупные реки – 24,6 млрд кВтч;
2. средние реки - 1,5 млрд. кВтч;
3. малые реки – 2,3 млрд кВтч.

Сейчас используется около 24% этого потенциала [2]. Поэтому исследование и производство низконапорных автоматизированных микро-ГЭС для использования гидроэнергетического потенциала остальных водных потоков остается одной из приоритетных задач.

Анализ литературы: Нур Азлиза Б.Т. Ибрагим в магистерской диссертации «Моделирование проектирования микрогидроэлектростанций» проектирования и строительства микрогидроэлектростанций в Малайзии [5], Нийонсаба Максимилиен «Проектирование и технико-экономическое обоснование микрогидроэлектростанции в Букабе» (в Танзании)» в магистерской диссертации для обоснования была использована методология тематического исследования возможности микро-ГЭС, которая включала сбор эмпирических данных и анализ документов [6], Билал Абдулла Насир путем моделирования изучил, что серьезных проблем на этапах проектирования и реализации микро-ГЭС не возникает. [7] Эли Бертран Кенгне Сигне, Умару Хаманджо [8] изучены технико-экономические основы проекта микрогидроэнергетики в сельской местности. В этих работах недостаточно изучена потребность населения в электроэнергии для установки микро-ГЭС.

2. Материалы и методы.

Осуществляются выезды на объекты, сбор данных, измерения и анализ для установки микро-ГЭС.



Рисунок 1. Топографический анализ Микро-ГЭС, расположенной в Рохатском МФУ Мархаматского района.

Топографический анализ Микро-ГЭС показывает, что (рис. 1) Микро-ГЭС по расположению разделяется на основной и дополнительный канал. Через дополнительный канал к микро-ГЭС подведена стеновая труба длиной 119 м и перепадом высот 16,5 м. Расстояние от плотины до микро-ГЭС – 131,5 м. Напор определяется как разница высот между верхними и нижними уровнями потока воды. Здесь соотношение высоты и расхода воды измерялось по топографическим данным из мерной карты и оптическим теодолитным измерителям УОМЗ 4Т30П.

Будущие потребности населения в электроэнергии и спрос на электроэнергию зависят от населения и его деятельности. Будущий спрос населения на электроэнергию определяется по следующей формуле [10]:

$$B_n = \frac{B_m P_0 (1 + \alpha)^n}{m} \quad (1)$$

Здесь: B_n – Будущие потребности населения в электроэнергии, **проекта**, B_m – потребность в электроэнергии одного домохозяйства, P_0 – текущая численность населения, α – ежегодные темпы прироста населения и m – среднее количество людей на одно домохозяйство.

На микро-ГЭС мощность, вырабатываемая на валу турбины, рассчитывается по формуле (2). Поток воды – это топливо ГЭС, без которого производство прекращается.

$$P = \eta_t \times \rho \times g \times Q_t \times H_n \quad (2)$$

Здесь: P – мощность, вырабатываемая на валу турбины (ватт), Q_t – расход воды ($2 \text{ м}^3/\text{с}$), g – ускорение свободного падения ($2 \text{ м}/\text{с}^2$), H_n – высота падения воды (3.5 м), ρ – ускорение свободного падения $1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ (4°C), η_t – КПД турбины обычно составляет 90-93% для турбины Каплана [11].

Схема микро-ГЭС (рисунок 3), формулы (3) и (4) использовались для выбора и обоснования деталей. Это:



Рисунок 2. Схема Микро-ГЭС, расположенной в «Сходы граждан махалли» Рохат.

Плотина расположена на участке Южного Ферганского канала длиной 2 км и 200 метров, который проходит через «Сходы граждан махалли» Рохат. Микро-ГЭС генерирует поток воды для непрерывной работы.

Канал поставок. Южный Ферганский канал — один из крупнейших оросительных каналов Ферганской долины. Его длина 120 км, ширина в начале 12 м, внизу 2 м. Расход воды на начальном этапе составляет $85 \text{ м}^3/\text{с}$. [12].

Пенсток. Затвор подает воду под давлением в турбину из-за высоты затвора. Предпочтительно снабдить каждую турбину затвором на коротких расстояниях. [13] - [10]. В затворе эффективный диаметр (м) рассчитывается с помощью нескольких методов, включая следующее уравнение:

$$D_p = 2.69 \times (n_p^2 \times Q^2 \times \frac{L_p}{H_g}) \quad (3)$$

Здесь коэффициент пр-тап, Q=расход турбины (м3/с), Lp = длина затвора (м), Hg = высота затвора (м).

Толщина стенок затвора зависит от материала трубы, ее прочности на разрыв, диаметра трубы и рабочего давления. Минимальную толщину стенки рекомендуют по следующей формуле:

$$t_p = \frac{D_p + 508}{400} + 1.2 \quad (4)$$

Здесь - диаметр затвора (мм), tp = минимальная толщина затвора (мм) [10]. D_p

Турбина. Выбор турбины осуществлялся исходя из номинального расхода воды Q и использовалась диаграмма водяной турбины Эшер Вайс [13]. Турбину Каплана можно устанавливать при максимальном соотношении расхода воды к высоте 2 м и 25 м. Это можно использовать даже при самом низком напоре турбины.

Для подключения микро-ГЭС к электросети в Узбекистане регулируемая частота электроэнергии составляет 50 Гц. В качестве генератора было рекомендовано выбрать генератор на постоянных магнитах [15]. Специалисты рекомендуют подключаться к электрической сети напрямую при низком напряжении 380/220 вольт. Токопроводящие провода и их безопасность должны иметь минимальное расстояние 4 метра от самой нижней точки до земли и 6 метров на пересечении дорог, доступных для транспортных средств. Алюминиевые проводники предпочтительны из-за их плотности и дешевизны [16].

Экономический анализ.

В целях снижения затрат необходимо использовать максимальное количество материалов, производимых на месте установки МикроГЭС. В Узбекистане частным производителям выставляется счет в размере 1000 сумов за 1 кВт/ч. На практике Микро-ГЭС работает примерно от 4500 до 6500 часов в год. [12].

Чистая приведенная стоимость (NPV) характеризуется:

$$NPV = \sum_{k=1}^n \frac{R_k - C_k}{(1+\alpha)^k} - I(5)$$

I - первоначальная стоимость инвестиций в момент времени $t = 0$; R1, R2, ..., Rn: денежный поток в годы 1, 2, ..., n; C1, C2, ..., Cn: эксплуатационные затраты за годы 1, 2, ..., n; α - Чистая приведенная стоимость (NPV) ставки дисконтирования проекта определяется уравнением (9):

Если ЧПС ≥ 0 , проект прибыльный.

Возврат инвестиций – это время, необходимое для того, чтобы чистая приведенная стоимость инвестиций стала равна нулю.

3. Результаты и обсуждения.

Микро-ГЭС расположена «Сходы граждан махалли» Рохат. Отношение расхода воды к высоте с использованием оптического теодолита УОМЗ 4Т30П было измерено. Снято путем измерения отношение расхода воды к высоте 3,5 метра. Гидрологический анализ локации проведен с использованием результатов гидрологического анализа, проведенного учеными ФерПИ в 2021 году.

В районе Рохат МФЮ, где расположена микро-ГЭС, в среднем на домохозяйство приходится 6 человек, а среднегодовой темп прироста населения Мархаматского района оценивается в 1,9% в период с 2021 по 2022 год [13]. Согласно отчету Министерства энергетики Республики Узбекистан в 2022 году каждое домохозяйство в среднем потребляет в общей сложности 180,67 кВтч электроэнергии в месяц. Это 6 кВт в сутки.[14]. Потребность в электроэнергии на момент завершения проекта в ближайшие 10 лет по формуле (1),

$B_n=5069,80$ мощность и подключение к сети приведут к дальнейшему увеличению этого спроса в ближайшем будущем. На рисунке 6 видно, что ежедневная потребность населения в электроэнергии в ближайшие 10 лет увеличится на 870 кВт.

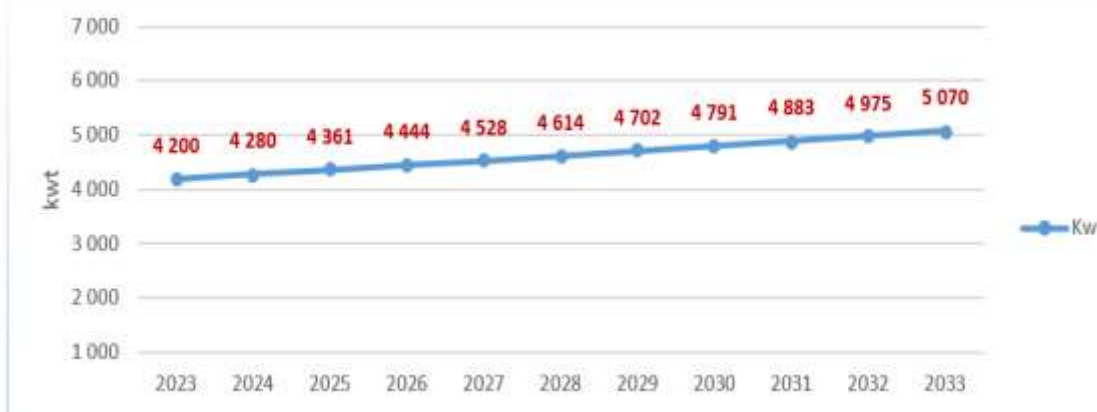


Рисунок 3. Ежедневное потребление электроэнергии жителями Рохата в ближайшие 10 лет.

Сходы граждан махалли Рохат.	
Потребность в электроэнергии одного домохозяйства (в кВт)	6
Текущее население	3500 (чел.)
Годовой прирост населения	1,9
средняя численность населения на домохозяйство	5
Последовательность последующих лет	10
Будущие потребности населения в электроэнергии	5069,80 кВт

$$B_n = \frac{B_m P_0 (1 + \alpha)^n}{m} = 5\,069,80 \text{ kwt}$$

В Мархаматском районе подача воды на турбину будет не более 250 дней в году.

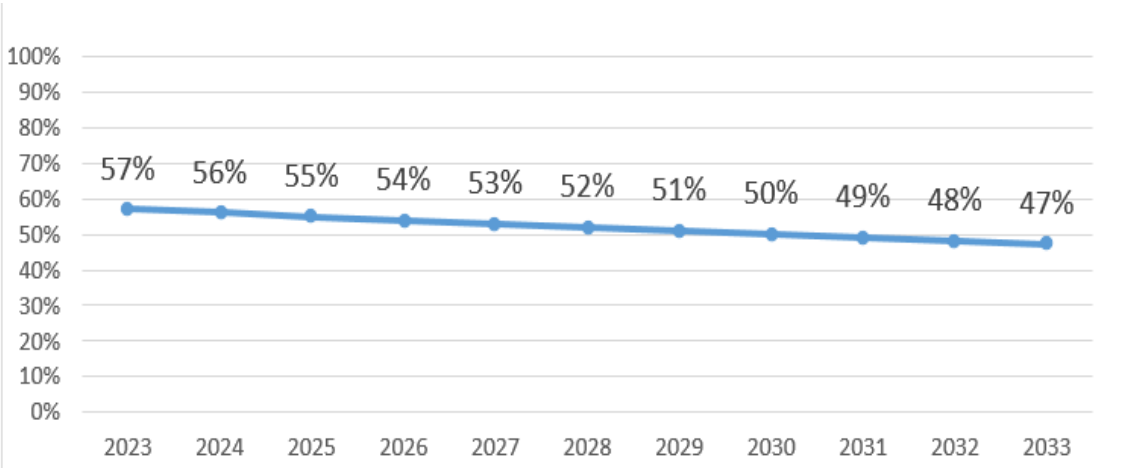


Рисунок 4. Обеспечение ежедневной потребности жителей «Сходы граждан махалли» Рохат электроэнергией в течение следующих 10 лет за счет мощности, производимой действующей Микро-ГЭС.

На рисунке (7) выше видно, что 57% потребления электроэнергии жителями «Сходы граждан махалли» Рохата может быть покрыто нынешней микрогидроэлектростанцией. В ближайшие 10 лет этот показатель снизится до 47%, что приведет к необходимости

строительства еще одной микро-ГЭС. Проект предназначен для обеспечения централизованной сети, при выборе технической части установки были учтены:

Диаметр затвора определяли по формуле (3). Таким образом, диаметр водовода составляет 0,84 м. Стандартный диаметр трубы, доступной на рынке, составляет 0,80 м.

$$D_p = 2.69 \times (n_p^2 \times Q^2 \times \frac{L_p}{H_g}) = 0.8498$$

$$t_p = \frac{D_p + 508}{400} + 1.2 = 5mm$$

Согласно формуле (4) минимальная толщина затвора составляет 5 мм. Эта труба высокого давления больше подходит. Расстояние между выбранным расстоянием между микро-ГЭС и основным водотоком составляет около 119 м;

Турбина- По диаграмме Зульцера-Эшера-Висса была выбрана соответствующая турбина Каплана. КПД турбины составляет 90-93%.[11] Мощность, вырабатываемая турбиной, выражается как:

$$P = \eta_t \times \rho \times g \times Q_t \times H_n = 61803 \text{ Вт} = 61.8 \text{ кВт}$$

Генератор. Согласно обзору литературы был выбран генератор на постоянных магнитах с частотой 50 Гц. КПД генератора обычно составляет более 95%. [15]

Что касается нормативно-правовой базы микроГЭС, производства электроэнергии с помощью гидроэлектростанций, особенно поставок и реализации электроэнергии, производимой микро-ГЭС мощностью 100 кВт и менее, регулирования электроэнергетической отрасли. «Узбекгидроэнерго» реализуется на основании разрешения АО. Деятельность микроГЭС осуществляется в соответствии с Постановлениями № O'RQ-539 от 21.05.2019 года и № O'RQ-432 от 21.05.2019 года. 01.06.2017 [2-3]. Технические данные данного проекта сведены в следующую таблицу.

К основным целям и требованиям к микро-ГЭС относятся:

1. Основной целью и требованием было проектирование, организация производства и коммерциализация Микро-ГЭС, конструктивно простой и дешевой, заменяющей импорт.

2. Анализ цен на МикроГЭС, работающих при низком напоре воды в зарубежных компаниях, выглядит следующим образом: 1) Средняя стоимость установки микроГЭС мощностью 2 кВт производства компаний США составляет 11 300 долларов. Аналогично цена микро-ГЭС во Франции и Германии составляет 8000 долларов. Производством микро-ГЭС занимаются компании из Италии, Чехии, Словакии и Польши. Сравнительные капитальные цены Микро-ГЭС иностранных компаний находятся в широком диапазоне 1100 – 5650 долл./кВт.

3. Текущая мощность микро-ГЭС, построенной в Мархаматском районе, составляет 50 кВт, а средняя стоимость строительства зарубежных аналогов на 1 кВт/с составляет 4000 долларов/кВт, ее общая стоимость составит 200 тысяч долларов. Это в два раза больше, чем сумма, выделенная на проект микро-ГЭС «Мархамат». Таким образом, проект микро-ГЭС «Мархамат» в два раза дешевле аналогов и может широко использоваться на реках и каналах нашей Республики.

Экономическая значимость проекта. Сегодняшняя мощность Микро-ГЭС в Мархаматском районе составляет 50 кВт/ч, она производит 1200 кВт/ч электроэнергии за сутки и снабжает электроэнергией 240 домохозяйств. Его годовая мощность составляет 324 000 кВт/ч, а экономия составляет 97 200 м³ природного газа.

По расчетной рентабельности если окончательный срок проекта составляет 20 лет и ставка дисконтирования $a = 0,125$. Эта чистая приведенная стоимость положительна. Расчет срока возврата инвестиций: $T = 6$ лет, 2 месяца, 16 дней.

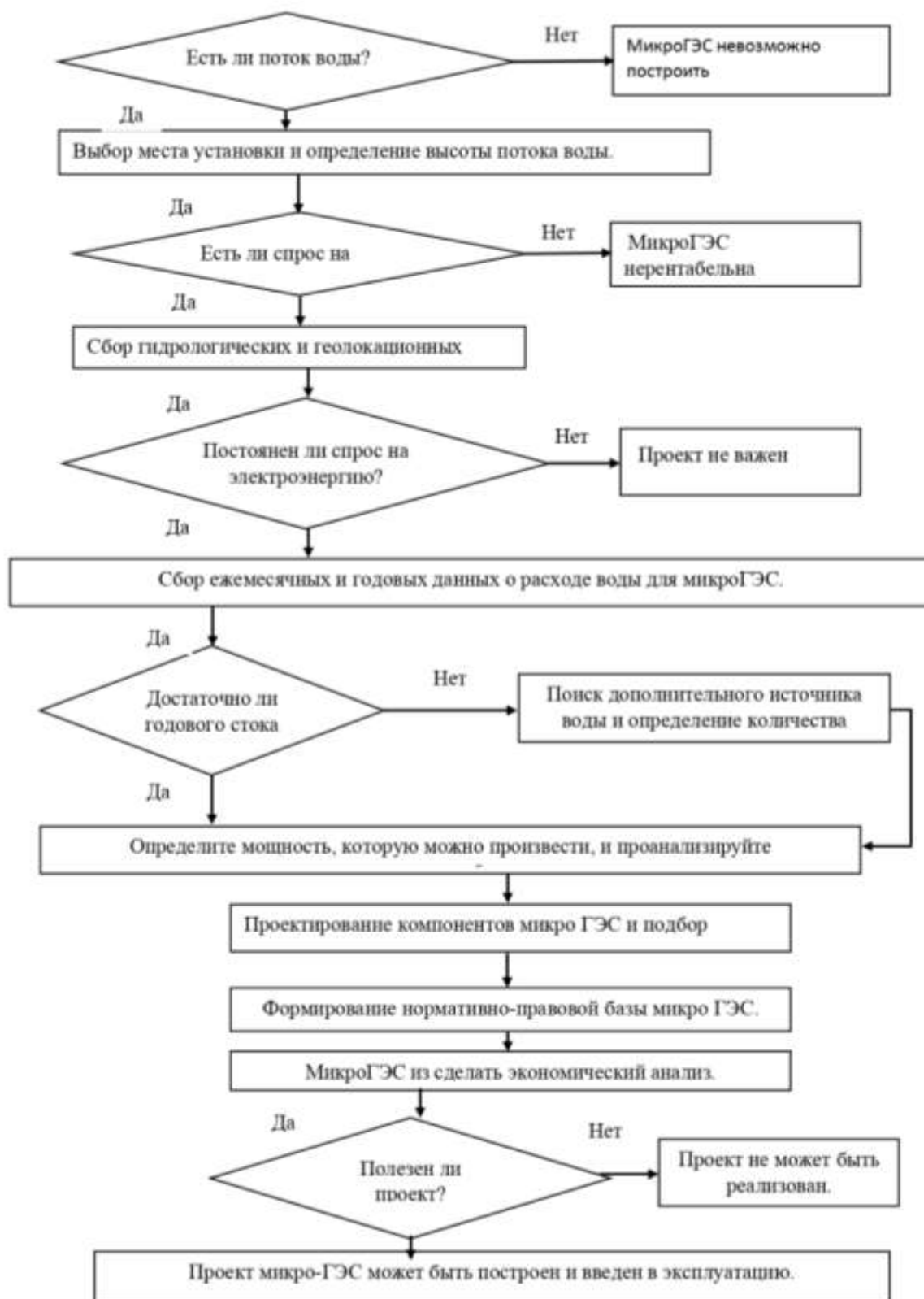


Диаграмма на Рисунке 5 ниже в нескольких аспектах обобщает методологию технико-экономического обоснования, использованную в исследовании Микро-ГЭС Мархамат. Его можно адаптировать для других проектов микро-ГЭС в Узбекистане.

Обсуждение.

Потребность населения в электроэнергии увеличивается с каждым годом. Ежедневная потребность населения Рохата в электроэнергии оценивается в 5 070 кВт через 10 лет, и в долгосрочной перспективе одна только эта Микро-ГЭС не сможет полностью удовлетворить

потребность в 3 240 кВт. Но после реализации этого проекта и в случае реализации еще одного аналогичного проекта у населения не будет проблем с электричеством. Но, несмотря на преимущества проекта, не следует упускать из виду и трудности его финансирования.

4. Заключение.

Целью данного исследования было создание методологии технико-экономического обоснования проектов микрогидроэлектростанций в Узбекистане на основе исследования Мархаматской микрогидроэлектростанции. Известно, что развитие Микро-ГЭС «Мархамат» является примером вклада возобновляемой энергетики в местное устойчивое развитие. Его мощность — 50 кВт, сумма инвестиций — 1 млрд, максимальный срок окупаемости — 7 лет. Реализация данного проекта может стать достойным вкладом в устойчивое развитие «Сходы граждан махалли» Рохат. Данное исследование позволило обобщить методологию технико-экономического обоснования, которая может служить руководством для других проектов микро-ГЭС в Узбекистане.

Список литературы

- [1]. Н.Т. Тошполатов, Д.Б. Кадыров. Возобновляемые источники энергии. Методическое пособие. Ташкент 2019.
- [2]. Г.Ж. Аллаева. Потенциал использования возобновляемых источников энергии в Республике Узбекистан. Научный электронный журнал «Экономика и инновационные технологии». № 4. 2016.
- [3]. Об использовании возобновляемых источников энергии № O'RQ-539.21.05.2019.
- [4]. О ратификации Устава Международного агентства по возобновляемым источникам энергии (Бонн, 26 января 2009 г.) № O'RQ-432.01.06.2017.
- [5]. Нур Азлиза Бт Ибрагим. Моделирование проектирования микрогидроэлектростанций. Магистерская диссертация. Университет Тун Хусейн Онн Малайзии. Июль 2012.
- [6]. Ниёнсаба Максимилиан. Проектирование, расчет стоимости и технико-экономическое обоснование микрогидроэлектростанции Букаба: пример электрификации сельской местности Руанды. Магистерская диссертация Школа промышленной инженерии и менеджмента энергетических технологий КТН EGI-2010-2012
- [7]. Билал Абдулла Насир. Проектирование микро-ГЭС. Международный журнал передовых технологий и инженерных исследований 2 (5): 39-47. Январь 2013
- [8]. Эли Бертран Кенгне Сигне, Умару Хаманджода, Жан Нганху «Методология технико-экономического обоснования микрогидроэлектростанций в Камеруне: пример микрогидроэлектростанций КЕМКЕН». Energy Procedia, том 119, июль 2017 г., страницы 17–28.
- [9]. Национальная энциклопедия Узбекистана. Первый том. Ташкент, 2000.
- [10]. Лежен А. Введение о гидроэлектростанциях (малых масштабах). Университет Яунде 1. 2000 г.; стр. 51
- [11]. Побитра Хальдер а, Арун Теджа Доппалапуди б, Абул Калам Азад б, ММК Хан: Достижения в области чистых энергетических технологий 2021, страницы 295-318 <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821221-9.00007-4>
- [12]. <https://milliycha.uz/>
- [13]. Линсли Р.К., Франзини Дж. Б. Инженерия водных ресурсов. 2-е изд. Компания McGraw-HillBook, Нью-Йорк. 1972.
- [14]. Билал Абдулла Н. Вопросы проектирования микрогидроэлектростанции. Энергетическая процедура. 2014 г.; 50:19-29.
- [15]. Пажес Ж.М., Суппаро Э., Лафаж Б., Этьен Дж., Валет Т. Руководство по монтажу проектов малой гидроэлектрики. Агентство по охране окружающей среды и энергетике. 2003 г.

УДК 66.01:532

ҲАВОНИ ПАХТА ЧАНГЛАРИДАН ТОЗАЛАШ ЖАРАЁНИНИ ОПТИМАЛ ҚИЙМАТЛАРИНИ КОМПЬЮТЕРДА ҚАЙТА ИШЛАШ НАТИЖАЛАРИ

Д.А. Эргашев, Д.Д. Каримов, А.С. Исомидинов, М.А. Абидова

dilmurod-ergashev2203@mail.ru; karimov_d56@mail.ru
isomiddinov1985@mail.ru, mamurahonabidova@gmail.com

Фаргона политехника институти
 (Қабул қилинди 12.09.2023 й.)

В статье оптимизация двухступенчатого устройства, состоящего из циклона и скруббера, для глубокой очистки воздуха от мелкодисперсной минеральной пыли представляет собой процедуру определения оптимальных, т.е. условий осуществления данного технологического процесса. Процедура оптимизации рассматривается как математическая задача нахождения экстремумов функций многих переменных.

Ключевые слова. оптимизация, критерии оптимальности, циклон, скруббер, частицы пыли, уравнение регрессии.

In the article, the optimization of a two-stage device consisting of a cyclone and a scrubber for deep purification of air from fine mineral dust presents a procedure for determining the optimal, i.e. conditions for the implementation of this technological process. The optimization procedure is considered as a mathematical problem of finding the extrema of functions of many variables.

Keywords: optimization, optimality criterion, cyclone, scrubber, dust particles, regression equation.

Мақолада ҳавони майда дисперс минерал чангларида тозалаш учун циклон ва скруббердан иборат бўлган икки босқичли қурилмани оптималлаштириш - бу технологик жараёни амалга оширишнинг энг мақбул, яъни оптимал шароитларини аниқлаш процедурасидир. Оптималлаштириш процедурасига кўп ўзгарувчи функциялар экстремумларини қидиришнинг математик масаласи каби қаралиши келтирилган.

Калим сўзлар: оптималлаштириш, оптималлик мезони, циклон, скруббер, чанг зарралари, регрессия тенгламаси.

Оптималлаштириш - бу технологик жараёни амалга оширишнинг энг мақбул, яъни оптимал шароитларини аниқлаш процедурасидир. Оптималлаштириш процедурасига кўп ўзгарувчи функциялар экстремумларини қидиришнинг математик масаласи каби қаралади.

Оптималлаштирилаётган $\bar{u}$ ўзгарувчини (оптималлаштириш ресур-сини) рухсат этилган чегараларда (соҳада) $\bar{u}^{рух.эт.}$ оптималлик мезони R экстремумини (энг катта ёки энг кичик қийматини) таъминловчи қийматини топиш жараёнида оптималлаштириш масаласи қуйидаги кўринишга келтирилиши мумкин.

$$\begin{aligned} opt R(\bar{y}) \\ \bar{u} \in \bar{u}^{рух} \end{aligned} \quad (1)$$

Бу пайтда чиқиш ўзгарувчиси $\bar{y}$ ва бошқа ўзгарувчилар ўртасидаги боғлиқлик қуйидаги оператор кўринишида акс эттирилиши мумкин.

$$\bar{y} = \Omega(\bar{x})\Omega(\bar{u}, \bar{x}). \quad (2)$$

Амалиётда оптималлаштириш масалаларини ечишда чиқиш $\bar{y}$ ўзгарувчилари тажриба маълумотлари (масалан, оптималлаштиришнинг тажрибавий-статистика усулида) ёки жараёнларнинг математик моделлари (оптималлаштиришнинг сонли усулида) ёрдамида аниқланади.

Бу пайтда математик моделлар қуйидаги функционал оператор кўринишида ифодаланиши мумкин:

$$\bar{y} = F(\bar{u}, \bar{x}). \quad (3)$$

Оптималлик мезони - технологик жараён ёки уни амалга оширувчи қурилманинг оптималлаштириладиган сифатини микдорий жиҳатдан баҳо-ловчи кўрсаткич (тавсиф) ҳисобланади. Оптималлик мезони ягона бўлиши ва оптималлаштириладиган ўзгарувчиларга боғлиқ ҳолда монотон ўзгариши ҳам керак.

Оптималлик мезони қиймати жараённинг математик моделини (оптималлаштиришнинг тақрибий усули) тадқиқ этиш асосида аниқланади. Агар жараённинг монанд математик моделини қуришнинг иложи бўлмаса, у ҳолда чиқиш ўзгарувчисининг (2.2) тенгламадаги қиймати тажрибалардан аниқланади (оптималлаштиришнинг тажрибавий-статистик усули). Бундай ҳолатда фаол тажриба ўтказишнинг оптимал стратегияси амалга оширилади.

Оптималлик мезонини танлашда ҳавони пахта чангидан тозалаш жараёнини оптималлаштириш масаласини ечишда технологик параметрларнинг рационал чегараларини аниқлаш мақсадга мувофиқ бўлади.

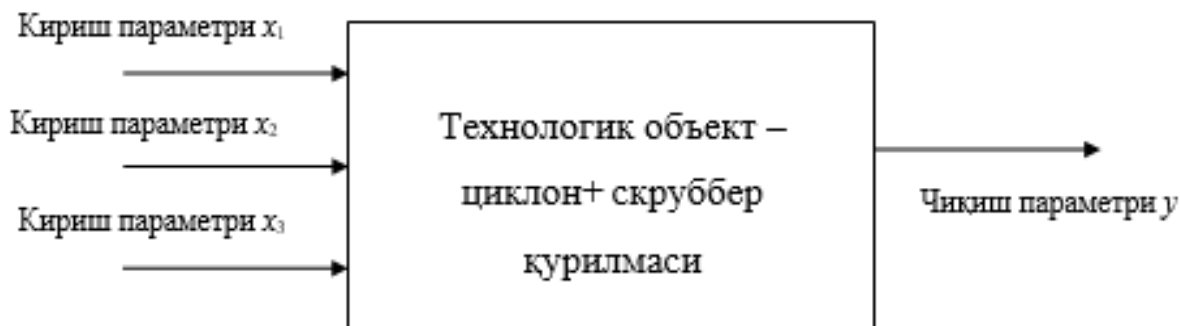
Оптималлаштириш масаласини қўйилиши. Оптималлаштириладиган ўзгарувчилар жараённинг кириш ўзгарувчилари қаторидан олинади. Оптимал лойиҳалаш масаласини ҳал этишда оптималлаштириладиган ўзгарувчилар қаторига жараённинг конструктив параметрлари (конструкция типи, ўлчамлари ва ҳ.) киритилган бўлади, аксинча ҳолатларда, оптимал бошқарув масаласи ҳал этилади. Оптималлаштириладиган (бошқарилувчи) ўзгарувчи-ларнинг U оптимал қийматларини қидиришдан кўзланган асосий мақсад жараёни амалга оширишнинг энг яхши режим параметрларини аниқлашдир.

Тадқиқ этиладиган технологик жараёни моделлаштириш ва оптимал-лаштириш учун экспериментни режалаштириш усули ишлатилди. Оптимал-лаштиришнинг мақсад функцияси у сифатида “циклон+ скруббер” тажриба қурилмасида ўртача фракцион тозалаш самарадорлиги танланди. Оптималлаштириш параметрига сезиларли таъсир кўрсатадиган асосий факторлар (1- жалвал) сифатида қуйидагилар қабул қилинган: x_1 – чанг заррачалари ўлчами, мкм; x_2 - оқим тезлиги, м/с; x_3 - гидравлик қаршилик, Па.

1- жалвал

Режалаштиришнинг характеристикалари

Омилларнинг номланиши	Ўлчов бирилиги	Белгиланиши	Факторлар даражаси		
			+1	-1	0
Чанг заррачалари ўлчами	мкм	x_1	60	10	35
Оқим тезлиги, ω	м/с	x_2	25	10	17,5
Гидравлик қаршилик	Па	x_3	804	756	780



1-расм. Технологик жараённинг параметрик схемаси.

Ҳар бир факторнинг ўзгариш оралиғини қиймати ўлчов-назорат асбобларининг хатоликлари (0,05÷0,07) билан чекланади ва улар ёрдамида факторларнинг қийматлари ўлчаниб, эксперимент давомида ўрнатилади. Ушбу ҳолат учун:

$$0.05 \cdot x_{0j} \leq \Delta_j \leq 0.07 \cdot x_{0j} , \quad (4)$$

бу ерда Δ_j - x_j факторининг ўзгариш интервали; $x_{jв}$ - x_j факторининг максимал рухсат этилган (чекланган) қиймати; $x_{jн}$ - x_j факторининг минимал рухсат этилган (чекланган) қиймати.

Бундан, 1.2- жалвал материаллари асосида, қуйидагиларга эга бўламиз:

$$\Delta_1 = 0,05 \cdot (60 - 10) = 2,5;$$

$$\Delta_2 = 0,05 \cdot (25 - 10) = 0,75;$$

$$\Delta_3 = 0,05 \cdot (804 - 756) = 2,4.$$

Тўлиқ факторли экспериментни 2^3 режалаштириш матрицаси тузилгандан кейин, қуйидаги экспериментал натижаларга эга бўламиз (2-жадвал).

2-жадвал

Экспериментлар натижаси

№	Экспериментлар режаси						Натижа			
	Чанг заррачалари ўлчами, мкм		Оқим тезлиги ω , м/с		Гидравлик қаршилиқ, Па		Ўртача фракционал тозалаш самарадорлиги, %			
	код	қиймат	код	қиймат	код	қиймат	№	қиймат	№	қиймат
1	-1	10	-1	10	-1	780	7	54,17	1	48,14
2	+1	60	-1	10	-1	780	5	51,15	3	49,88
3	-1	10	+1	25	-1	780	9	58,19	13	64,07
4	+1	60	+1	25	-1	780	6	52,57	16	67,55
5	-1	10	-1	10	+1	804	4	50,76	11	61,75
6	+1	60	-1	10	+1	804	2	49,11	12	62,27
7	-1	10	+1	25	+1	804	14	65,66	15	66,79
8	+1	60	+1	25	+1	804	8	56,78	10	60,13

Ушбу ҳолатда регрессия тенгламаси қуйидаги 1-даражали полином кўринишда бўлади:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 , \quad (5)$$

бу ерда b_0, b_1, b_2 ва b_3 - регрессия коэффицентлари.

Регрессия коэффицентлари қуйидаги формулалар ёрдамида ҳисобланади:

$$b_0 = \frac{\sum_{i=1}^N y_i}{N} \quad (6)$$

$$b_1 = \frac{\sum_{i=1}^N \bar{y}_i x_{kod}}{N} \quad \text{ва х. қ.} \quad (7)$$

Регрессия коэффицентларини баҳолаш қийматларининг ҳисоблаш натижалари қуйидаги 3-жалвалда келтирилган.

Модел коэффициентларини баҳолаш натижалари

Регрессия коэффициентлари баҳолаш	Баҳолаш қиймати	Статистик қиймати	$t_{кр}$	Фараз натижаси	текшириш
$\bar{b}_0$	57,4356	37,41052052	2.31	1	
$\bar{b}_1$	1,2556	0,817847544	2.31	1	
$\bar{b}_2$	4,0319	2,626149579	2.31	1	
$\bar{b}_3$	1,7206	1,120723886	2.31	1	
$\bar{b}_{12}$	-0,9544	0,621629268	2.31	0	

3- жалвал давоми

$\bar{b}_{13}$	-0,8281	0,539396712	2.31	0	
$\bar{b}_{23}$	-0,8481	0,552423652	2.31	0	

Шундай қилиб, жараённинг математик ифодаси нормаланган ўзгарувчиларда қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$y = 57,43 - 1,2 \cdot x_1 + 4,03 \cdot x_2 + 1,72 \cdot x_3 \quad (8)$$

Регрессия тенгламаси олингандан сўнг, унинг адекватлиги Фишер мезонидан фойдаланиб, текширилади:

$$F_p = \frac{s_{ad}^2}{s_y^2}, \quad (9)$$

бу ерда s_{ad}^2 - адекватлик дисперсияси, унинг қиймати қуйидаги формула бўйича ҳисобланади:

$$s_{ad}^2 = \frac{1}{N-m} \sum_{j=1}^N (\bar{y}_j - \hat{y}_j)^2, \quad (10)$$

бу ерда N - тўлиқ факторли эксперимент сони; m - тенгламанинг регрессия коэффициентлари

сони; $\bar{y}_j, \hat{y}_j$ - j -м тажрибада четлашиш функциясининг ўртача экспериментал ва ҳисобланган қийматлари; $N - m = f_{ad}$ - эркинлик даражаси сони бўлиб, адекватлик дисперсиясини баҳолашга боғлиқ.

4- жадвал

Моделни адекватликка текшириш

Ўртачаси	Модел бўйича	Дисперсия
51,16	53,40	10,11375312
50,52	53,40	16,68975312
61,13	61,47	0,2278125
60,06	61,47	3,9621125
56,26	53,40	16,25925313
55,69	53,40	10,45387813
66,23	61,47	45,2676125
58,46	61,47	18,1503125

Регрессия тенгламасининг адекватлиги қуйидаги шартни бажарилиши билан изоҳланади:

$$F_x \leq F_{ж} \quad (11)$$

бу ерда F - Фишер мезонининг қиймати.

Фишер мезонининг қиймати қуйидагига тенг: $F=2,75$, катта ва кичик дисперсияларнинг эркинлик даражалари сони $k_1 = 4$ ва $k_2 = 8$.

Фишер мезонининг тақсимланиш жадвалидан $F_{ж} = 4,85$ эканлигини аниқлаймиз.

Фишер мезонининг ҳисобланган қийматини F_x унинг жадвал қиймати $F_{ж}$ билан солиштириш натижаларига қўра ҳосил қилинган регрессия тенгламаси (1.8) экспериментал маълумотларни етарли даражада тавсифлайди деб хулоса қилиш мумкин.

Жараённинг математик ифодаси натурал ўзгарувчиларда қуйидаги кўринишга эга бўлади:

$$y = 57,43 + 1,2 \cdot (x_1 - 105)/9,5 + 4,03 \cdot (x_2 - 17,5)/0,75 + 1,72 \cdot (x_3 - 780)/2,4 \quad (12)$$

бундан:

$$y = -524,9 + 0,13 \cdot x_1 + 0,53 \cdot x_2 + 0,72 \cdot x_3 \quad (13)$$

бу ерда x_1 - чанг заррачалари ўлчами, мкм; x_2 - оқим тезлиги ω , м/с; x_3 - гидравлик қаршилик, Па, °С; y - ўртача фракционал тозалаш самарадорлиги, %.

Олинган математик ифода (13) чизиқли компонентни ўз ичига олади. Шу сабабдан, жараён режимларини ўзгартириш орқали ўртача фракционал тозалаш самарадорлигини ўзгартириш мумкин. Мазкур ҳолатда ўрганилаётган жараён параметрларини оптималлаштириш учун Бокс-Уилсон усулидан фойдаланилди.

Циклон+скруббер қурилмаси ўртача фракционал тозалаш самарадорлигини Бокс-Уилсон усулидан фойдаланиб аниқлаш. Бокс-Уилсон усули асосан экстремумни (оптимумни) кидиришнинг градиент усулига асосланган. Шунинг учун, дастлабки моделнинг чизиқли қисми коэффицентларини баҳолаш асосида градиентнинг таркибий қисмлари ва йўналишини баҳолаш керак. Ўрганилаётган объектдаги реал шароитда тадқиқотчи физик катталикларда ўлчанадиган кириш ўзгарувчилари билан шуғулланганлиги сабабли, градиентнинг таркибий қисмларини баҳолашда ҳар бир омил учун ўзгариш оралиғининг қийматини ҳисобга олиш керак.

Мазкур усул оптимумни икки босқичда кидириш имконини беради:

- оптимум соҳасида қадамма-қадам тик кўтарилиш. Бу пайтда оптимумга функция градиенти бўйича яқинлашиб бориш мақсадида чиқиш параметрини тезкор кўтарилиш (ёки камайиш) йўналишида бир ёки бир неча серияда экспериментлар қўйилади;

- бевосита оптимум соҳасида изланишлар олиб бориш. Бунда экспериментлар ўтказишнинг 2 - тартибли режаси қўйилади.

Марказ сифатида қабул қилинган дастлабки нуқта атрофида 2^k факторли эксперимент қурилади. Биринчи нуқта координаталарини аниқлаш учун қуйидаги кўпайтмани олиш керак:

$$\delta_j = b_j \cdot \Delta_j \quad (14)$$

бу ерда δ_j - j - фактор коэффицентини баҳолаш катталиги; b_j - j м факторда баҳолаш коэффицентини; Δ_j - j - фактор учун ўзгариш интервали.

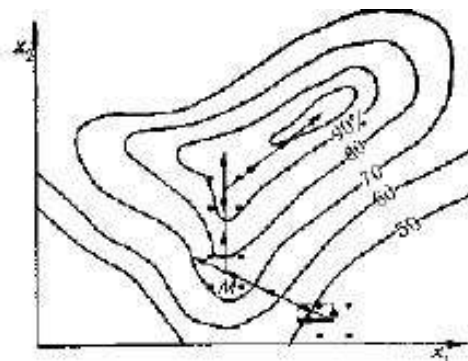
Ушбу вариант учун

$$\delta_1 = 1,2 \cdot 2,5 = 3;$$

$$\delta_2 = 4,03 \cdot 0,75 = 3;$$

$$\delta_3 = 1,72 \cdot 2,4 = 4,13.$$

Сўнгра, процедура бўйича, барча δ_j лардан максимали танлаб оламиз ва уни δ_0 базавий қиймат деб қабул қиламиз. Ушбу ҳолатда $\delta_0 = \delta_1 = 3$. Ўзгарувчи



2-рasm. Тик кўтарилиб бориш усулида оптимумни кидириш схемаси

(фактор) учун δ_j максимал базавий қиймат деб қабул қилинади ва бу ўзгарувчи учун базавий қадам l танланади.

Хар бир фактор учун қадамлар белгиси ва ўлчами қуйидаги умумий формула орқали аниқланади.

$$\lambda_j = \lambda_0 \cdot \delta_j / |\delta_0| \quad (15)$$

бу ерда λ_j - j -фактор бўйича қадам ҳаракати; δ_j - j -учун ҳисоблаш катталиги; δ_0 - базавий қиймат; λ_0 - базавий қадам.

Бизнинг ҳолатимизда, иккинчи фактор учун ўзгариш оралиғининг ярмига тенг бўлган асосий қадамни танлашда $\lambda_0 = 0,5 \cdot \Delta_1 = 0,5 \cdot 2,5 = 1,25$ эканлигини ҳисобга оламиз:

$$\begin{aligned} \lambda_1 &= \lambda_0 \cdot \delta_1 / |\delta_0| = 1,25 \cdot 3 / 3 = 1,25; \\ \lambda_2 &= \lambda_0 \cdot \delta_2 / |\delta_0| = 1,25 \cdot 3 / 3 = 1,25; \\ \lambda_3 &= \lambda_0 \cdot \delta_3 / |\delta_0| = 1,25 \cdot 4,13 / 3 = 1,72. \end{aligned}$$

Оптималлк мезонининг факторлардан боғлиқлиги 1-даражали кўпхад

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + \dots + b_nx_n \quad (16)$$

орқали ифодаланади.

5-жадвал

Экспериментлар жадвали

Модель: $y = -524,9 + 0,13 \cdot x_1 + 0,53 \cdot x_2 + 0,72 \cdot x_3$								
		Факторлар			Натижалар			
Номланиши		Чанг заррачалари ўлчами, мкм	Оқим тезлиги ω , м/с	Гидравлик қаршилик, Па	Чиқиш параметри			
Бошланғич нуқта		35	17,5	780				
Ишчи қадам		1	0,25	2				
Қадам номери	Эксперимент тури				Модел бўйича	Экспериментлар		Ўртачаси
					$\bar{y}$	y_2	y_1	y
1	М	34,00	17,25	778,00	49,88			
2	М	33,00	17,00	776,00	50,76			
3	М	32,00	16,75	774,00	51,15			
4	Р	31,00	16,50	772,00		52,57	57,97	52,57
5	М	30,00	16,25	770,00				
6	Р	29,00	16,00	768,00		54,17	59,35	54,17
7	М	28,00	15,75	766,00				
8	Р	27,00	15,50	764,00		56,78	61,77	56,78
9	М	26,00	15,25	762,00				
10	Р	25,00	15,00	760,00		76,98	67,55	72,27
11	Р	24,00	14,75	758,00		76,12	66,79	71,46
12	Р	23,00	14,50	756,00		75,86	65,66	70,76
13	Р	22,00	14,25	754,00		75,14	64,07	69,61
14	Р	21,00	14,00	752,00		72,28	62,27	67,28
15	Р	20,00	13,75	750,00		69,79	61,75	65,77
16	Р	19,00	13,50	748,00		66,23	60,13	63,18
17	Р	18,00	13,25	746,00		64,82	58,19	61,51
18	Р	17,00	13,00	744,00		61,77	56,78	72,27

Изоҳ: М - моделдаги экспериментлар; Р - ҳисоблаш эксперименти.

Экспериментнинг мақсади - Бокс-Уилсон усулида амалга оширила-диган процедура учун градиентнинг янги йўналишини аниқлаш. Бу процедуранинг иккинчи циклик мазмунини ташкил қилади.

Юқоридагиларга ўхшаб, факторларнинг ҳар бири учун ўзгаришлар оралиқларини танлаймиз ва эксперимент давомида факторлар қийматлари жадвалини тўлдирамиз. Сўнгра, эксперимент режасини тузамиз, уни амалга оширамиз ва олинган натижаларни тажрибани амалга ошириш жадвалига (6- жадвал) жойлаштирамиз.

6- жадвал

Модел коэффицентларини баҳолаш жадвали

Баҳолаш коэффициенти	Баҳолаш қиймати	t-статистика қиймати	$t_{кр}$	Фараз натижаси	текшириш
$\bar{b}_0$	64,7269	42,55038517	2,31	1	
$\bar{b}_1$	-0,6431	0,404052549	2,31	0	
$\bar{b}_2$	-1,4644	0,920014696	2,31	0	
$\bar{b}_3$	-3,2944	2,069738566	2,31	0	
$\bar{b}_{12}$	-0,0644	0,040444521	2,31	0	
$\bar{b}_{13}$	-0,1519	0,095417657	2,31	0	
$\bar{b}_{23}$	-0,6256	0,393057922	2,31	0	

Регрессия коэффицентларининг ўртача квадратик четлашуви 1,59 га, қолган коэффицентлар сони эса 1 га тенг. Фараз текшириш натижасига кўра $y=64,73$.

Тажриба натижалари тадқиқот маркази соҳасида хусусий экстремум-нинг мос координатлари фақат b_0 коэффицентини аҳамиятга эга бўлишини кўрсатади, унинг баҳолаш қиймати $b_0 = 64,73$.

Олиб борилган тажрибаларни компьютерда оптималлаштириш натижасида қуйидагича хулосалар олинди: циклон ва скруббердан иборат бўлган тажриба қурилмасида жараённинг оптималлаштириш масаласи шакллантирилди ва оптималлик мезони танланди; тажриба қурилмасида ўтказилган экспериментлар натижаларини “тажрибаларни режалаштириш” усулида қайта ишлаш натижасида ўртача фракционал тозалаш самарадорлиги ифодаловчи регрессия тенгламалари олинди; циклон ва скруббердан иборат бўлган тажрибавий қурилмада ўртача фракцион тозалаш самарадорлигини ифодаловчи экспериментал-статистик усулда моделлаштириш ва оптималлаштириш масаласи қўрилди, оптимал қийматларни Бокс-Уилсон усулидан фойдаланиб топилди; тадқиқот натижаларига асосан қурилмадаги ўртача фракционал тозалаш самарадорлигининг оптимал қиймати 64,73 % ни ташкил этиши аниқланди.

Адабиётлар

- [1]. Бояринов А.И., Кафаров В.В. Методы оптимизации в химической технологии. Изд. второе, перераб. и доп. - М.: Химия, 1975. - 576 с.
- [2]. Юсуфбеков Н.Р., Мухаммедов Б.Э., Гуломов Ш.М. Технологик жараёнларни бошқариш системалари: техника ОЎЮ учун дарслик. - Тошкент: Ўқитувчи, 1997. - 704 б.
- [3]. Остапчук Н.В. Основы математического моделирования процессов пищевых производств: Учебное пособие. - 2-е изд., перераб. и доп. - К.: Выща школа, 1991. - 367 с.
- [4]. Юсупбеков Н.Р., Мухитдинов Д.П. Технологик жараёнларни моделлаштириш ва оптималлаштириш асослари. - Т.: Фан ва технология, 2015. - 440 б.
- [5]. Распределение Фишера (F-распределение). <https://math.semestr.ru/corel/table-fisher.php>.
- [6]. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. - М.: Наука, 1976. - с. 280.
- [7]. Грачев Ю.П., Плаксин Ю.М. Математические методы планирования экспериментов. Учебное пособие. - М.: ДеЛи Принт, 2005. - 296 с.
- [8]. Кафаров В.В. Методы кибернетики в химии и химической технологии. Изд. третье, перераб. и доп. - М.: Химия, 1976. - 464 с.
- [9]. Ахназарова С.Л., Кафаров В.В. Методы оптимизация эксперимента в химической технологии: Учеб. пособия для хим.-технол. спец. вузов. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Высш. шк., 1985. - 327 с.

UDK 631.632:14

ЖЕЛВАКОВЫЕ ФОСФОРИТЫ КАРАКАЛПАКИИ В КАЧЕСТВЕ ВТОРИЧНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ АММОФОСФАТНОГО УДОБРЕНИЯ

Р.К. Курбаниязов¹, Б.У. Пирназаров², Ш.С. Намазов², О.А. Бадалова², А.Р. Сейтназаров²,
А.М. Реймов¹, Э.М. Кахаров³

¹Каракалпакский государственный университет им. Бердаха,

²Институт общей и неорганической химии Академии Наук Республики Узбекистан,

³Ферганский политехнический институт

(Получена [17.10.2023 г.](#))

Ushbu maqolada Qoraqalpog‘iston Respublikasi Xo‘jakul koni jelvakli fosforit unini tasnifi berilgan, bunda uning B markali ammosofat o‘g‘itini olish uchun yaroqliligi ta’kidlangan. Fosforit unini ekstraksion fosfor kislotasi (EFK) bilan parchalab olingan nordon fosfatli bo‘tqaning tarkibi o‘rganilgan. Turli nisbatlardagi EFK : fosforit (100:20-25) bo‘tqani ammonizatsiya qilish yo‘li bilan ammosofat namunalari olingan va ularning maqbul nisbati aniqlangan.

Kalit so‘zlar: jelvakli fosforit uni, ekstraksion fosfor kislotasi, parchalash, bo‘tqa, ammosofat, tarkib, donalar mustahkamligi.

В данной статье дана характеристика желваковой фосфоритовой муки Ходжакульского месторождения Республики Каракалпакстан, при этом отмечается её пригодность для получения аммофосфатного удобрения марки Б. Изучен состав кислых фосфатных пульп, полученных разложением фосфоритовой муки экстракционной фосфорной кислотой (ЭФК). Путем аммонизации пульпы были получены образцы аммофосфата при различном соотношении ЭФК : фосфорит и установлено их оптимальное соотношение (100:20-25).

Ключевые слова: желваковая фосфоритовая мука, экстракционная фосфорная кислота, разложение, пульпа, аммофосфат, состав, прочность гранул.

This article describes the characteristics of nodular phosphate rock from the Khojakul deposit of the Republic of Karakalpakstan, while noting its suitability for producing ammophosphate fertilizer grade B. The composition of acid phosphate pulps obtained by decomposing phosphate rock with extraction phosphoric acid (EPA) is studied. By ammoniation of pulp, samples of ammophosphate were obtained at different EPA:phosphorite ratios and their optimal ratio was established (100:20-25).

Keywords: nodule phosphate flour, extraction phosphoric acid, decomposition, pulp, ammophosphate, composition, strength of granules.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время ООО «Кызылкумский фосфоритный комплекс» в Узбекистане выпускает мытый обожженный концентрат с содержанием 26% P_2O_5 (МОК-26) в объеме 716 тыс. т в год. Производство экстракционной фосфорной кислоты (ЭФК) и аммофоса из МОК-26 осуществляется на АО «Аммофос-Максам». Но из-за сложности технологической схемы обогащения и больших энергетических затрат себестоимость МОК-26 и на его основе продукта – аммофоса значительно возрастает. К тому же вышеуказанный объем МОК-26 не обеспечивает мощности АО «Аммофос-Максам». В то же время АО «Indorama Kokand Fertilizers», выпускающий простой суперфосфат остро нуждается в фосфатном сырье.

В 2018 г. химическая промышленность произвела 138.2 тыс. т фосфорных удобрений в пересчете на 100% P_2O_5 . А потребность сельского хозяйства составлял 688.4 тыс. т фосфорных удобрений. Отсюда видно, потребность покрывается только на 20% [1].

Поэтому актуальными задачами в области производства фосфор-содержащих удобрений являются: наращивание объемов их производства; расширение их ассортимента; вовлечение в переработку бедного фосфатного сырья; снижение себестоимости выпускаемой продукции.

В этих условиях необходимо вовлечь в сельскохозяйственное производство других малых месторождений, которые пока в промышленном масштабе не разрабатывают. Особый интерес представляют месторождения желваковых фосфоритов Каракалпакии: Худжакуль, Султан-Уиздаг, Ходжейли, Назархан, Чукай-Тукай, Порлытау и др. По минералогическому составу они близки к фосфоритам Егорьевского, Вятско-Камского и Чилисайского месторождений [2-4]. Однако все они не отвечают требованиям для сернокислотной переработки с получением ЭФК

без стадии обогащения. Хотя они могут послужить в качестве вторичного фосфатного сырья при получении квалифицированных фосфорсодержащих удобрений.

В начале 80-х годов XX века специалистами НПО «Минудобрения», НПО «НИИХИММАШ, НИУИФ, МХТИ им. Д.И.Менделеева разработана технология азотно-фосфорного удобрения – аммофосфата [5-9]. Его производство было освоено из фосфоритов Каратау на Джамбульском суперфосфатном заводе в Казахстане, на Чарджоуском химическом заводе в Туркмении, на Алмалыкском ОАО «Аммофос» (ныне АО «Аммофос-Максам»), из апатитового концентрата на Балаковском ПО «Минудобрения» в России. Важным преимуществом аммофосфата является возможность использования практически любой вид фосфатного сырья.

Аммофосфат выпускается на базе оборудования цеха аммофоса с доукомплектованием их отделением разложения фосфоритов. По сравнению с производством аммофоса технология получения аммофосфата позволяет на 15% сократить расход серной кислоты и энергоресурсов и на 15% объем фосфогипса, выбрасываемого в отвал. Процесс получения аммофосфата заключается в разложении природных фосфоритов избыточной нормой ЭФК (200-300%) с последующей аммонизацией кислой фосфатной пульпы, упаркой, гранулированием и сушкой продукта.

Аммофосфат содержит 4-5% азота и 38-39% фосфора. Продукт содержит не менее 70% фосфора в водорастворимой форме. Усвояемый растениями фосфор представлен в аммофосфате как моноаммонийфосфатом, так и моно- и дикальцийфосфатами. Этот вид удобрения можно успешно применять под сельскохозяйственные культуры перед вспашкой, тогда эффективность фосфора будет выше по сравнению с внесением фосфорных удобрений перед севом. Широкие агрохимические испытания аммофосфата показали, что по эффективности он не уступает аммофосу и двойному суперфосфату и может применяться в различных почвенно-климатических зонах под все сельскохозяйственные культуры [10].

Процесс получения аммофосфата исследован в работах [11, 12], где в качестве вторичного фосфатного сырья использованы различные марки Кызылкумских фосфоритов: рядовая фосфоритовая мука (17% P_2O_5), термоконцентрат (27% P_2O_5), химически обогащенный концентрат (26% P_2O_5) и пылевидная фракция (18% P_2O_5). В качестве кислотного реагента использована экстракционная фосфорная кислота (21.45% P_2O_5) производства АО «Аммофос-Максам». При этом массовое соотношение ЭФК : ФС взято в диапазоне 100:(5-30). Для получения такого вида удобрения рекомендуется также использовать частично аммонизированную ЭФК [13].

В литературе отсутствуют сведения по использованию желваковых фосфоритов Каракалпакии в технологии аммофосфатного удобрения в качестве вторичного фосфатного сырья.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

В лабораторных условиях для получения аммофосфата использовали фосфоритовую муку Ходжакульского месторождения состава (вес. %): P_2O_5 – 19.11; $P_2O_{5\text{усв.}}$ по лимонной кислоте : $P_2O_{5\text{общ.}}$ = 63.26; $P_2O_{5\text{усв.}}$ по трилону Б : $P_2O_{5\text{общ.}}$ = 35.85; CaO – 32.83; MgO – 0.30; CO_2 – 4.03; Fe_2O_3 – 3.50; Al_2O_3 – 1.54; SO_3 – 1.10; F – 1.58; SiO_2 – 28.0; н.о. – 1.64; H_2O – 2.62. Дисперсность характеризуется следующим образом: класс (-5+3) – 7.65%; (-3+2) – 24.43%; (-2+1 мм) – 18.29%; (-1+0.5 мм) – 3.0%; (-0.5+0.25 мм) – 22.73%; (-0.25+0.16 мм) – 10.07%; (-0.16+0.1 мм) – 4.11%; (-0.1+0.05 мм) – 6.20%; (-0.05 мм) – 3.51%.

Минералогический состав сырья выглядит следующим образом: $Ca_{10}P_{5.2}C_{0.8}O_{23.2}F_{1.8}OH$ (франколит) – 27.09%; $Ca_{10}P_{4.8}C_{1.2}O_{22.8}F_2(OH)_{1.2}$ (курскит) – 25.89%; $CaCO_3$ (кальцит) – 3.05%; $CaMg(CO_3)_2$ (доломит) – 0.69%; $(K, H_2O)(Fe^{3+}, Fe^{2+}, Mg)_2 [Si_3AlO_{10}]xH_2O$ (глауконит) – 3.61%; SiO_2 (кварц) – 28%; Ca_2SiO_4 (волластонит) – 2.66% и т.п. Это сырье относится к желваковым типам, главными минералами являются курскит и франколит, на равных количествах. Его можно вовлечь в процесс получения аммофосфата.

В качестве кислотного реагента была взята ЭФК производства АО «Аммофос-Максам» состава, масс. %: 14.65 P_2O_5 ; 0.43 CaO; 0.57 MgO; 0.23 Fe_2O_3 ; 0.26 Al_2O_3 ; 0.73 F; 1.33 SO_3 , $\rho = 1.20 \text{ г/см}^3$. Она производится из МОК-26 дигидратным способом.

Опыты по разложению фосмуки фосфорной кислотой проводились в трубчатом стеклянном реакторе, снабженном винтовой мешалкой, приводимой в движение мотором.

Необходимое количество ЭФК помещали в реактор и разогревали до 65°C. Расчетное количество фосмуки дозировали в течение 10-15 мин. при интенсивном перемешивании. Массовое соотношение ЭФК : ФМ варьировали в диапазоне 100 : (5-30). Время взаимодействия компонентов после дозировки сырья составляла 45 мин. Полученная кислая фосфатная пульпа подвергалась анализу на содержание различных форм фосфора по известным методикам [14]. Усвояемая форма P_2O_5 определялась в 2 %-ной лимонной кислоте и в 0.2 М раствору трилона Б.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Из данных табл. 1 видно, что при любых соотношениях ЭФК : ФМ получены фосфатные пульпы, имеющие $pH = 2.0-2.5$ и почти одинаковый показатель по содержанию $P_2O_{5\text{общ.}}$ - от 18.76 до 18.90%. При этом содержание $CaO_{\text{общ.}}$ увеличивается от 2.61 до 8.66% с изменением соотношения ЭФК : ФМ от 100:5 до 100:30.

Таблица 1
Состав пульпы при фосфорнокислотной переработке желваковой фосфоритовой муки Ходжакуль

Массовое соотношение ЭФК:ФМ	Содержание компонентов, вес. %						
	$P_2O_{5\text{общ.}}$, %	$P_2O_{5\text{усв.}}$ по трил. Б	$P_2O_{5\text{усв.}}$ по лим. к-те	$P_2O_{5\text{водн.}}$	$CaO_{\text{общ.}}$	$CaO_{\text{усв.}}$ по лим. к-те	$CaO_{\text{водн.}}$
100:5	18.76	18.33	18,54	18.04	2.61	2.35	2.09
100:10	18.78	18.14	18.40	17.92	4.07	3.45	2.76
100:15	18.80	18.08	18.23	17.31	5.32	4.29	3.36
100:20	18.84	17.92	18.12	16.62	6.51	5.01	3.64
100:25	18.86	17.71	17.93	15.56	7.62	5.48	3.74
100:30	18.90	17.40	17.71	14.83	8.66	5.97	3.81

Теперь остановимся на коэффициенте разложения фосфатного сырья, то есть на усвояемых и водных содержаниях фосфора (рис. 1). Так, с увеличением массовой доли фосфатного сырья от 5 до 30г по отношению 100г кислоты относительное содержание усвояемой форм P_2O_5 по лим. к-те и

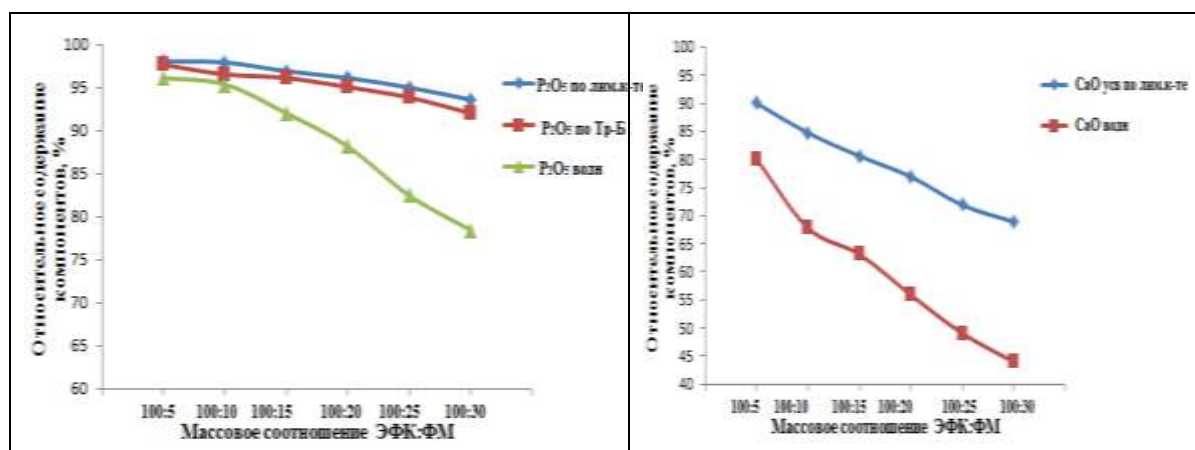


Рис. 1. Относительное содержание усвояемой и водной форм различных компонентов в фосфатной пульпе в зависимости от ЭФК : ФМ.

трил. Б, а также водной формы P_2O_5 снижается от 98.08 до 93.65% и от 97.70 до 92.06%, от 96.16 до 78.46%, соответственно. А усвояемой и водорастворимой форм кальция меняется от 90.03 до 68.93% и от 80.07 до 43.99%, соответственно. Столь высокие содержания усвояемой формы, как фосфора, так и кальция объясняется высокой реакционной способностью фосфатного минерала фосфатного сырья.

Далее кислые фосфатные пульпы подверглись нейтрализации газообразным аммиаком до значений $pH = 4.0-4.5$. Аммонизированные фосфатные пульпы сушили при

температуре 60°C, а далее при 100°C до постоянного веса. Низкая температура сушки объясняется тем, что при 100°C идет процесс ретроградации усвояемых фосфатов с большой скоростью. Грануляцию продукта осуществляли в процессе сушки методом окатывания. Масса этих частиц высушивалась при 100°C. Получались твердые частицы округлой формы, которые охлаждались до комнатной температуры, а затем рассевались по размерам. Частицы размером 3-4 мм подвергались анализу на прочность гранул по ГОСТу 21560.2-82. Высушенные образцы продуктов подверглись анализу. Результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2

**Состав аммофосфата на основе разложения желваковой фосмуки Ходжакуль
экстракционной фосфорной кислотой из МОК-26**

Массовое соотно- шение ЭФК:ФМ	Содержание компонентов, вес. %							
	N	P ₂ O ₅ общ., %	P ₂ O ₅ усв. по трил. Б	P ₂ O ₅ усв. по лим. к-те	P ₂ O ₅ водн.	CaOобщ.	CaOусв. по лим. к-те	CaOводн.
100:5	7.86	42.57	41.39	42.01	41.11	6.81	6.71	5.17
100:10	6.51	40.41	39.03	39.42	35.29	9.61	9.33	7.14
100:15	5.28	38.08	36.35	36.88	32.46	12.41	11.98	8.82
100:20	4.53	35.42	33.59	33.91	28.92	13.11	12.49	9.04
100:25	4.20	34.72	32.24	32.78	27.47	15.91	14.99	9.94
100:30	4.01	34.51	31.47	32.09	23.24	16.96	15.78	10.22

Из неё видно, что в зависимости от соотношения ЭФК : ФМ содержание P₂O₅общ. в образцах удобрений меняется от 34.51 до 42.57%; P₂O₅усв. по лим. к-те – от 32.09 до 42.01%; P₂O₅усв. по трил. Б – от 31.47 до 41.39%; P₂O₅водн. – от 23.24 до 41.11%; азота – от 4.01 до 7.86%. Относительное содержание усвояемой формы P₂O₅ по лим. к-те находится в диапазоне 92.98-98.68%, трил. Б – 91.19-97.72%, водорастворимой формы P₂O₅ - 67.34-96.57%. Следует отметить, что усвояемая и водорастворимая формы CaO составляет 93.04-98.53 и 60.26-75.92%, соответственно (рис. 2).

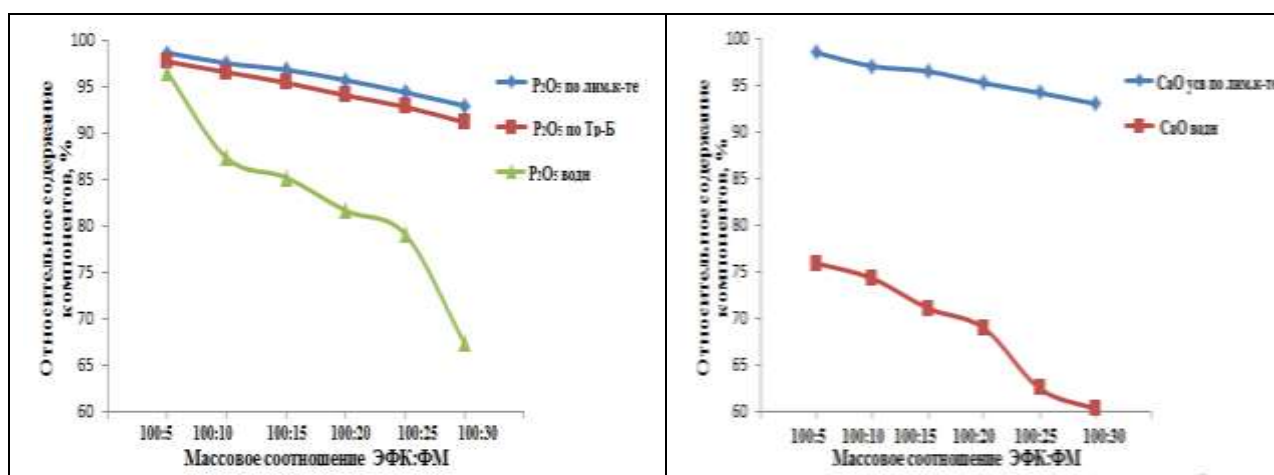


Рис. 2. Относительное содержание усвояемой и водной форм различных компонентов в готовом продукте в зависимости от ЭФК : ФМ.

Относительное содержание P₂O₅водн. в высушенном аммонизированном продукте при одном и том же соотношении ЭФК : ФМ по сравнению с содержанием P₂O₅водн. в кислой пульпе в зависимости от условия опытов значительно снижается, что объясняется прохождением процесса ретроградации растворимых фосфатов в процессе аммонизации и сушки.

Судя по расходу фосфатного сырья и содержаниям усвояемых и водорастворимых форм фосфора в продуктах, оптимальным соотношением ЭФК : ФМ можно принять 100:20 и 100:25, при которых получают продукты состава: 4.53% N, 35.42% $P_2O_{5\text{общ.}}$, 13.11% $CaO_{\text{общ.}}$, $P_2O_{5\text{усв.}}$ по лим. к-те : $P_2O_{5\text{общ.}}$ = 95.73%, $P_2O_{5\text{водн.}}$: $P_2O_{5\text{общ.}}$ = 81.65%, $CaO_{\text{усв.}}$: $CaO_{\text{общ.}}$ = 95.27%, $CaO_{\text{водн.}}$: $CaO_{\text{общ.}}$ = 68.95% с прочностью гранул 6.97 МПа и 4.20% N, 34.72% $P_2O_{5\text{общ.}}$, 15.91% $CaO_{\text{общ.}}$, $P_2O_{5\text{усв.}}$ по лим. к-те : $P_2O_{5\text{общ.}}$ = 94.41%, $P_2O_{5\text{водн.}}$: $P_2O_{5\text{общ.}}$ = 79.12%, $CaO_{\text{усв.}}$: $CaO_{\text{общ.}}$ = 94.22%, $CaO_{\text{водн.}}$: $CaO_{\text{общ.}}$ = 62.47% с прочностью гранул 7.69 МПа.

Полученные удобрения по своим характеристикам соответствуют требованиям ТУ 113-08-552-84 (аммофосфат марки Б) и не уступают известным фосфорным удобрениям.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенных исследований установлено, что фосфоритовая мука Ходжакуль относится к желваковым типам, фосфатными минералами которого являются курскит и франколит, в равных количествах. Показано, что при разложении фосмуки экстракционной фосфорной кислотой увеличение соотношения ЭФК:ФМ с 100:5 до 100:30, хотя не меняет $P_2O_{5\text{общ.}}$ в фосфатной пульпе, но приводит к снижению коэффициента разложения фосфатного сырья. Аммонизацией кислых фосфатных пульп получены образцы аммофосфатных удобрений. Оптимальным соотношением ЭФК : ФМ считается 100:20 и 100:25, при которых получают продукты, по составам и свойствам соответствующих аммофосфатам марки Б (не менее 34% P_2O_5). Они вполне пригодны для бестарного хранения и перевозки.

Таким образом, на основе полученных данных можно заключить, что организация промышленного производства аммофосфата на основе низкокачественного сырья Каракалпакстана вполне целесообразна.

Список литературы

- [1]. Пирназаров Б.У., Курбаниязов Р.К., Реймов А.М., Сейтназаров А.Р., Намазов Ш.С. Механохимическая активация фосфоритовой муки Ходжакульского месторождения // Химическая промышленность. – Санкт-Петербург. – 2022. – т.99. - № 1. – С. 9-15.
- [2]. Ангелов А.И. Разработка технологии суперфосфата из Егорьевской фосфоритной муки / Ангелов А.И., Соболев Н.В., Сырченков А.Я., Альмухаметов И.А. // Мир серы, N, P и K. - 2005. - Вып. 4. - С. 9-16.
- [3]. Минаковский А.Ф., Шатило В.И., Ларионова О.И., Дормешкин О.Б., Стоянова Л. Ф., Ахтямова С. С. Изучение бескислотного метода переработки фосфорита Вятско-камского месторождения в комплексные удобрения. // Вестник Белорусского государственного технологического университета. - 2016. - т.19, №8. – С. 43-49.
- [4]. Khozrat Usmanov, Raisa Chernyakova, Umirzak Dzhusipbekov. Influence of modifying additives on the properties of dispersed phosphorites. // Perspectives of Innovations, Economics & Business, Volume 6, Issue 3, 2010. – pp. 135-137.
- [5]. Новиков А.А., Суетинов А.А., Микаев Б.Т., Стародубцев В.С. Производство нового фосфорсодержащего удобрения – аммофосфата. // Тр. НИУИФ. - 1984. - вып.245. - С.93-100.
- [6]. Суетинов А.А., Новиков А.А., Стародубцев В.С., Габескерия О.В., Левин В.И., Сыротятников А.Л., Кувшинникова О.И. Разработка и исследование технологии нового фосфорсодержащего удобрения – аммофосфата // Хим. пром. – 1991. - № 9. – С. 22-24.
- [7]. Суетинов А.А., Новиков А.А., Киприянов Ю.И. и др. Реконструкции технологической схемы производства аммофоса Чарджуского химического завода для перевода его на выпуск аммосфата. – Рекомендации по пуску, освоению и реконструкции производить на предприятиях основной химической промышленности. М.: - 1986. – вып.4. – 36 с.
- [8]. Суетинов А.А., Новиков А.А., Янишевский Ф.В., Микаев Б.Т., Габескирия О.В., Кузнецова А.Г., Левин В.И., Стародубцев В.С. Исследования, разработка и освоение технологии нового сложного удобрения – аммофосфата // Обз.инф. НИИТЭХИМ. Сер.: Минерал. добр. и сер. к-та. М.: НИИТЭХИМ, 1987. - 56 с.
- [9]. Суетинов А.А., Новиков А.А., Стародубцев В.С., Микаев Б.Т., Габескирия О.В., Янишевский Ф.В., Кувшинникова О.И. Новые разработки в технологии аммофосфата // Обз. инф. НИИТЭХИМ. Сер.: Минерал. добр. и сер. к-та. М.: НИИТЭХИМ, 1990. - 51 с.
- [10]. Янишевский Ф.В., Малюнова И.А., Суетинов А.А., Сеницкая Л.И., Савичева С.О., Челеби Г.А. Эффективность аммофосфата из фосфатного сырья разных месторождений. // Тр. НИУИФа. – 1990. – вып.258. – с.186-199.

- [11]. Саттаров Т.А., Турсунова З.М., Намазов Ш.С., Усманов С.У., Беглов Б.М. Получение аммофосфата из рядовой муки и термоконцентрата фосфоритов Центральных Кызылкумов. // Доклады АН РУз. – Ташкент, 2003. – №3. – С. 51-56.
- [12]. Саттаров Т.А., Намазов Ш.С., Турсунова З.М., Беглов Б.М. Получение аммофосфата из пылевидной фракции фосфоритов Центральных Кызылкумов. // Узбекский химический журнал – Ташкент, 2003. – №4. – С. 44-48.
- [13]. Сейтназаров А.Р., Мирзакулов Х.Ч., Намазов Ш.С., Беглов Б.М. Переработка фосфоритов Центральных Кызылкумов различного типа с помощью аммонизированной экстракционной фосфорной кислоты из фосфоритов Каратау. // Химия и химическая технология (Ташкент). – 2004. - №3-4. – С. 3-8.
- [14]. 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.

УДК 66.045.124

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ТЕПЛООБМЕНА В ЗМЕЕВИКОВЫМ ТЕПЛООБМЕННИКЕ С ИСПОЛЗОВАНИЕМ ИНЕРТНЫХ ЧАСТИЦ

К.Ш. Ахмедова¹, О.Ю. Исмаилов. С.К. Нигмаджонов², Т.Ж. Пиримов³, Д.И. Ганижонов

¹Институт общей и неорганической химии Академии Наук Республики Узбекистан
kumushpardaeva98@gmail.com

²Ташкентский химико-технологический институт

³Гулистанский государственный университет
(Получена [18.11.2023 г.](#))

Аннотация: В большинстве теплообменных реакторов теплообменники устанавливаются во влажных агрегатах для нагрева или охлаждения. В процессе использования инертного, твердого абстрактного кипящего слоя в качестве промежуточного теплопроводника для интенсивности теплообмена в межтрубном пространстве изучено влияние скорости дисперсного потока на коэффициент теплоотдачи при интенсивном малом процессе.

Ключевые слова: интенсификация, теплообмен, канал пружинного винта, выборокпепения, коэффициент теплоотдачи, комплексный метод интенсификации.

Abstract: In most heat exchange reactors, heat exchangers are installed in wet units for heating or cooling. In the process of using an inert, solid abstract fluidized layer as an intermediate heat conductor for the intensity of heat exchange in the inter-tube space, the influence of dispersed flow velocity on the heat transfer coefficient in an intensive small process was studied.

Keywords: intensification, heat transfer, spring screw channel, boil-off, heat transfer coefficient, complex intensification method.

Annotatsiya: ko'pgina issiqlik almashinuvi reaktorlarida issiqlik almashinuvchilari isitish yoki sovutish uchun nam qurilmalarga o'rnatiladi. Quvurlararo bo'shliqda issiqlik almashinuvi intensivligi uchun inert, qattiq mavhum suyuqlashtirilgan qatlamni oraliq issiqlik o'tkazgich sifatida ishlatish jarayonida intensiv kichik jarayonda dispers oqim tezligining issiqlik uzatish koeffitsientiga ta'siri o'rganildi.

Tayanch so'zlar: Intensifikatsiya, issiqlik uzatish, prujinali vintli kanal, qaynatish, issiqlik uzatish koeffitsienti, kompleks intensivlashtirish usuli.

Увеличение процессов теплопередачи тесно связано с вопросом создания высокоэффективных теплообменных элементов. Этой проблеме посвящено большое количество работ. о Змеевиковых теплообменниках российские учёные Э. А. Дмитриев, Е.П. Моргунова, Р.Б.Кормлашев вели научную работу. Поверхность теплообмена таких элементов научились формировать в виде винтовых ям и барьеров. Это приводит к циркуляции потока и, как следствие, интенсификации процессов теплопередачи. В последнее время все более практичным становится применение намоточных устройств с витками, изготовленными из проволок с различной поверхностью поперечного сечения и выполненных из пружинно-винтовых каналов, упрочненных лазерной сваркой. На рисунке 1 показан канал пружинного винта. Процесс формирования таких каналов можно осуществить путем плотного наматывания проволоки эллиптической или круглой формы на подложку в виде круглого или

эллиптического цилиндра. Благодаря эллиптической форме сечения потока при движении жидкости происходит перераспределение радиальных давлений по осям эллипса, что приводит к образованию закрученных токов, перемешивающих среду в канале. Это усиливает процесс теплопередачи и приводит к термостабилизации на более коротком участке. Наличие спиральных витков на внешней поверхности канала пружины выполняет роль наружного ребра, увеличивающего площадь поверхности теплообмена в 1,5-1,7 раза.

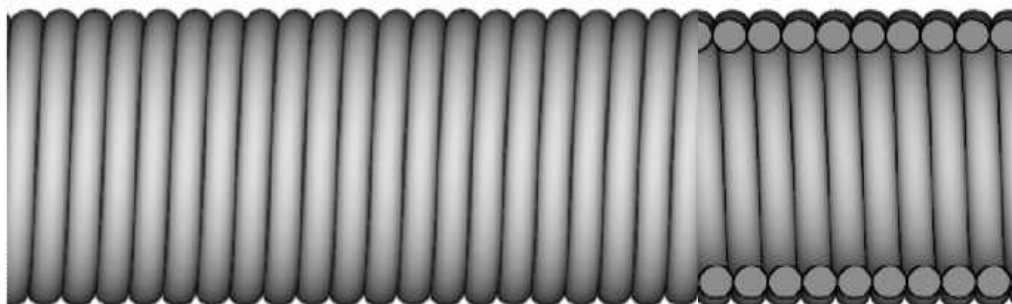


Рис. 1. Пружинный поворотный канал.

Змеевиковые теплообменники состоят из спирального змеевика внутри цилиндрической оболочки. Газ или пар движется из трубок змеевика (рис. 2). Поскольку объем емкости, наполненной жидкостью, велик, а скорость жидкости внутри емкости очень мала, коэффициент теплопередачи между паром и жидкостью на внешней стенке змеевика также невелик. Чтобы уменьшить размеры устройства и увеличить скорость жидкости, внутри него помещают чашеобразную емкость. Если количество теплоносителя велико, устанавливают змеевики, состоящие из нескольких параллельных секций. При таком параллельном соединении секций гидравлическое сопротивление устройства также снижается в результате уменьшения скорости и пути движения среды. В этих устройствах нагретая жидкость преимущественно движется с небольшой скоростью, поэтому передача тепла от стенки змеевика осуществляется путем свободной конвекции. Их недостаток в том, что поверхность теплообмена и коэффициент теплопередачи сравнительно невелики, но их легко ремонтировать. Трубка, изогнутая в виде змеевика, установлена в цилиндрическом пенопластовом контейнере. Цилиндрический оболочковый контейнер 2 заполнен жидкостью, которую необходимо нагреть.

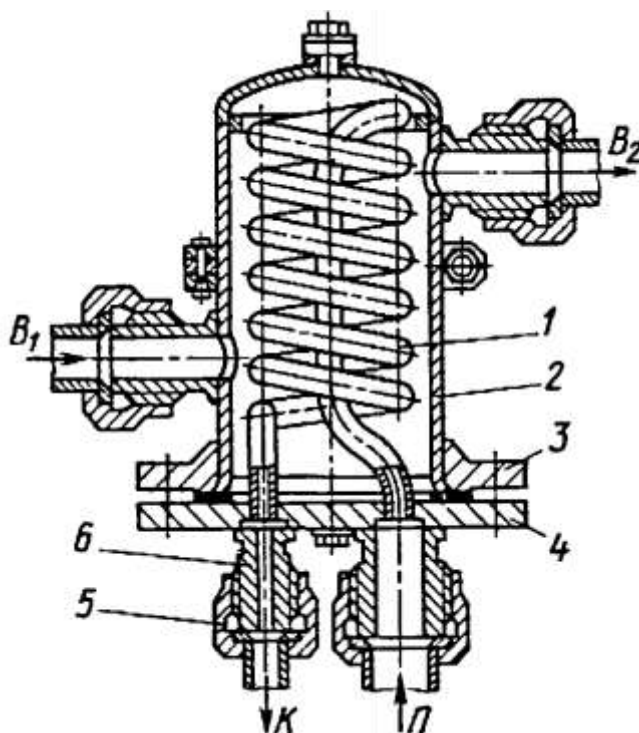


Рис.2. Нагреватель змеевик: 1 – Змеевик; 2 3 – корпус фланца 4 – крышка; 5- гайка 6-корпус; 6 – сопло. B1 – подвод воды; B2 – выход воды; P1 – ввод номинала; P2 – выход конденсата.

конструкция; цена дешевая; легко чистить и ремонтировать; возможно применение высокого давления (0,2...0,5 МПа); также можно нагревать химически активные жидкости; поверхность нагрева 10...15 м²; изменение режимов работы по размеру объема жидкости существенно не влияет на процесс. Недостатки данного типа устройств: скорость жидкости

Преимущества змеевиковых теплообменных аппаратов: простая

конструкция; цена дешевая; легко чистить и ремонтировать; возможно применение высокого давления (0,2...0,5 МПа); также можно нагревать химически активные жидкости; поверхность нагрева 10...15 м²; изменение режимов работы по размеру объема жидкости существенно не влияет на процесс. Недостатки данного типа устройств: скорость жидкости

и коэффициент теплопередачи малы; Если $1/y > 200...275$ после очистки внутренней стенки трубы то ниже змеевика скапливается конденсат, ухудшается теплообмен и увеличивается гидравлическое сопротивление.

При выборе конструкции теплообменных устройств необходимо учитывать следующее: устройство должно быть совместимо с технологическим процессом; он должен быть высокопроизводительным, экономичным и надежным в работе, а также низкой металлоемкостью; в рабочих условиях строительный материал должен быть устойчив к эрозии. Высокие значения коэффициента теплопередачи можно достичь, если проводники тепла проходят через устройство с большой скоростью. Чтобы получить такие высокие значения, поверхность теплообмена должна быть чистой.

При исследовании процесса теплообмена свободно движущихся тел в абстрактном горячем слое [1-5] используется режим постоянного тепла. Полученные в работе результаты зависят от относительного коэффициента вибрации K (табл. 1). Согласно ему коэффициент α увеличивается с увеличением K при переходе к более мелким частицам (рис. 3, точки 1 и 2).

Диск с теплоизоляцией с боковой и верхней поверхностями использовался для оценки интенсивности теплоотдачи от объектов, плавающих на поверхности слоя время от времени. Приведенные данные показывают тот же характер изменения коэффициентов α , что и ранее, но только в диапазоне изменения K до 7, отклонение от общей закономерности связано с тем, что оно находится под плоским телом.

Отклонение от общих правил связано с тем, что на ровной поверхности образуются застойные зоны, что снижает значение коэффициента α и уменьшает рост. Это способствует интенсификации процесса теплообмена в застойных зонах. В частности, при удалении дисков с увеличением амплитуды на их нижней поверхности наблюдается монотонный рост коэффициента α у всех частиц. α зависит от формы, размера и плотности заряженных частиц. Увеличение диаметра и толщины слоя зависит от интенсификации течения в дисперсной среде. Поэтому частицы имеют постоянное сечение и большую толщину, а теплообмен увеличивается. Высокая интенсивность теплообмена в свободно плавающих телах обусловлена нестационарным характером течения газа и частиц, образующихся в виброслое.

В этом случае «виброкипящий слой частиц» на пределе фильтрации газа рассматривается как процесс прекращения многих пульсирующих потоков. Его диаметр равен пространству между деталями, образование слоя рассеивающего материала интенсифицирует теплообмен. И здесь размер слоев частиц влияет на теплообмен. При уменьшении D с 0,63 до 0,07 теплообмен при оптимальном параметре K увеличился в 5 раз. Также изучено влияние частоты вибрации на теплообмен в зависимости от условий эксперимента. При $K = \text{const}$, если амплитуда колебаний частоты увеличивается, пропорционально ей $1/f^2$ уменьшается, что приводит к уменьшению коэффициента α . При $A = \text{const}$ количество K также увеличивается с увеличением f , что сначала приводит к интенсификации теплообмена, а затем, после достижения максимального уровня, из-за немонотонного изменения скорости газовых потоков, что приводит к интенсификации теплообмена. появляются в виброкипящем слое, коэффициент α сначала увеличивается, а затем вызывает уменьшение коэффициента.

Забродский С.С. и коллеги [6-8] провели исследования совместного воздействия фильтрации и вибрации. Определено, что при низкой скорости фильтрации температура кипения и с увеличением параметра вибрации увеличивается теплообмен мелких частиц. (1-таблица, 1-2 – позиция). Формула $\alpha = S \cdot (Af)^n$ дает результат 950 Вт/(м²·К).

Таблица 1.

Внешний теплообмен для частиц, занимающих фиксированное положение в слое.

№	Литература и авторы	Характеристики материала и слоев	Характеристики поверхности	Основные результаты
1	2	3	4	5
1	Тамарин А.И., Забродский С.С., Замниус И.Л. [1]	Корунд $dT = 0,02$ мм, известь гашеная $dT = 0,004$ мм, $f = 6 \div 25$ Гц, $A = 3$ и 6 мм, ДСЛ = 38 мм, $N_0 = 70$ мм, с фильтрацией и без фильтрации, $R = 1$ атм.	Цилиндр. Датчик $\varnothing 8,6 \times 20$ мм, высота 10 от сетки, расположенной вертикально вдоль оси колонны, на расстоянии $30, 40$ и 50 мм	Корунд $\alpha = 71,5$ (Af)1,35, сундирилган оҳак $\alpha = 54$ (Af)1,82.
2	Забродский С.С., Замниус И.Л., Малюкович С.А. [2]	Корунд, $dT = 0,006 \div 0,15$ мм, песок, $dT = 0,389$ мм, $f = 0 \div 25$ Гц, $A = 0 \div 4$ мм, ДСЛ = 110 мм, $N_0 = 70$ мм, $R = 1$ атм, с с фильтрацией	Датчик цилиндра $\varnothing 8,6 \times 20$ мм, расположен вертикально вдоль оси колонны на высоте 20 мм. от днища, $tS = 60$ 0С	$\alpha = 75 \div 950$ Вт/(м ² ·К)

Согласно информации, коэффициент теплоотдачи влияет на теплоотдачу газовой среды. Если теплопроводность газа высока, то и теплоотдача будет большой. Авторы отмечают, что влияние размера частиц является сложным. Если в поле увеличивается

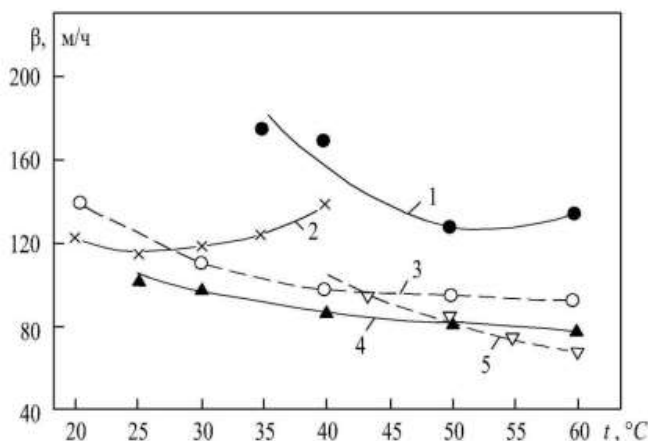


Рис.3. Коэффициент внешней теплоотдачи β в виброслойе и его экспериментальная зависимость, объект из нафталина, полученный в абстрактном слое; 1 – Виброслой, данные автора, корунд, $N_0 = 60$ мм, $dT = 0,25$ мм, $f = 40$ Гц, $A = 1,0$ мм, $K = 6,43$, ДШ = 14 мм; абстрактный горячий слой: 2 – кварцевый песок [50] $dT = 0,285$ мм, $N_0 = 150$ мм, $F = 0,215$ м/с, ДШ = 25 мм; по данным [48], корунд, цилиндрические образцы $\varnothing 11-50$ мм, длина $\ell = 70 \div 132$ мм: 3 – $dT = 0,5$ мм, $rw = 0,614$ кг/(с·м²); 4 – $dT = 0,32$ мм, $rw = 0,614$ кг/(с·м²), 5 – свободно плавающий шарик [52], ДШ = 14 мм, кварцевый песок, $dT = 0,23$ мм, $W = 2$.

размер крупных частиц ($dT > 0,06$ мм), то коэффициент теплоотдачи снижается. Если в зоне мелких частиц ($dT < 0,06$ мм), то она увеличивается. При изменении толщины слоя от 70 до 140 мм теплообмен снижается незаметно (на 10%). Экспериментальные данные зависят от коэффициента теплоотдачи при его максимальном значении $1G$, dT и A . (таблица 1, позиция 2).

Обзор литературы показывает, что на внешний теплообмен в виброкипящем слое влияет температура слоя.

В данной работе были проведены специальные эксперименты на сфере, закрепленной в центре, и изучено влияние температуры на внешний теплообмен в виброслое. Результаты показаны на рисунке 3.

Из приведенного рисунка видно, что коэффициент β и меняется качественно и количественно практически равномерно. Кроме того, при температуре слоя $35 \div 60$ 0С коэффициент β находится в пределах

8% . По данным автора [50], в виброкипящем слое (диапазон температур $45 \div 60$ 0С) коэффициент β изменяется в этом пределах.

Ниже в нашей исследовательской работе, ссылаясь на работы ряда ученых, А.Э. Бергис [9] ввел термин «комплексный» метод интенсификации теплообмена. Этот метод привлек внимание многих людей своей эффективностью. При использовании комплексного метода коэффициенты теплоотдачи могут быть увеличены за счет воздействия каждого из входящих в него методов ускорения. Ниже перечислены различные комбинации двух или более методов и устройств. Примером комплексной интенсификации является совмещение

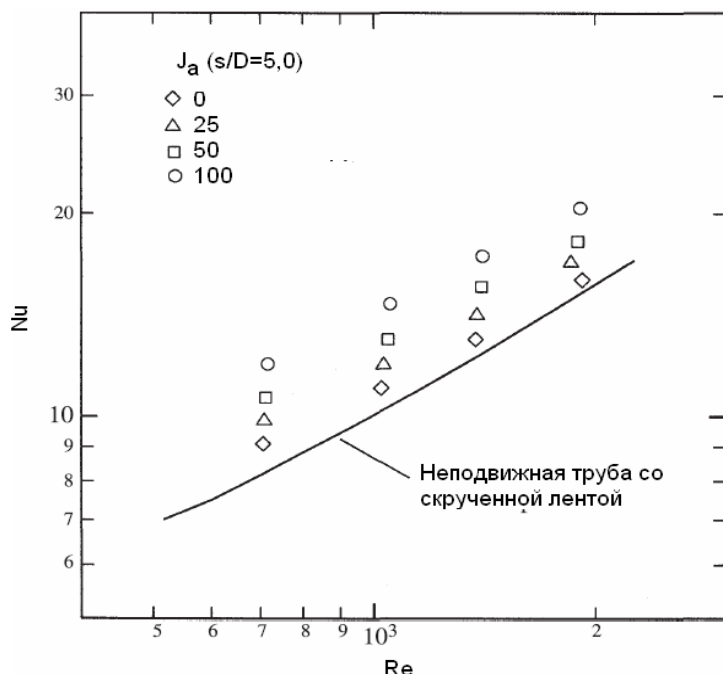


Рис. 4. Влияние скорости вращения трубы J_a на теплообмен при ламинарном течении витой ленты в трубах круглого сечения [10].

расположены в изогнутом, П-образном, плоском или прямоугольном канале. С. Ачарий и др. указали, что во вращающихся каналах генераторов используется сложное ускорение в виде шероховатости и накопления.

каналов системы охлаждения турбогенераторов и обмоток ротора лопаток газовой турбины, перемещение поверхностных интенсификаторов или воздействие сил вращения потока и инверсии. Включения в виде закрученной ленты в аксиально вращающейся трубе (моделирование канала охлаждения электрогенератора) исследовались в ламинарном потоке воздуха (рис. 4). При этом теплоотдача возрастает с увеличением угловой скорости вращения (J_a) и значительно превышает теплоотдачу в не вращающейся трубке со вставкой в виде намотанной ленты с $s/D = 5$, что, в свою очередь, было выше, чем у не вращающейся пустой трубки.

Увеличение теплоотдачи наблюдается и в каналах охлаждения газотурбинных устройств, которые

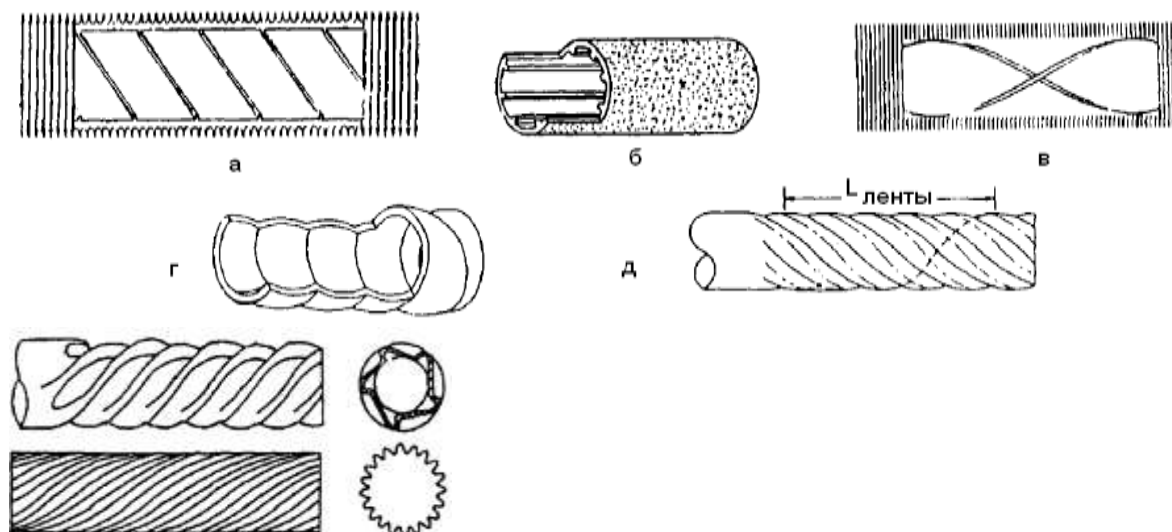


Рис. 5. Сложные разгонные трубы [14]: а - спиральные кромки внутренней части трубы и нижнее ребро внешней части трубы, б - труба Спиральная лента внутри и низкое ребро выдавливания снаружи, г - спираль точка на внутренней и внешней стороне трубы, е - волнистая труба с поверхностью, выполненной из гофрированной ленты, прокатанной и приваренной к трубе; г - трубы спирального профиля.

Существует множество различных сложных схем использования намотанной ленты в однофазной принудительной конвекции [10]. Однофазная конвекция во вращающейся трубе рассмотрена в [11]. Результаты экспериментальных исследований каналов в виде грубых труб или витых лент представлены в [12]. Х. Ву и др. изучали вихревое течение (впускное лопастное устройство) в спирально намотанных трубках.

На рис. 5 показаны примеры сложных схем ускорения, основанных на развитии циркуляции потока, потере пограничного слоя и непосредственной реализации процесса теплообмена.

Ниже приведены примеры перспективных методов комплексного ускорения, используемых в различных отраслях обрабатывающей промышленности:

- грубые трубы с гидрофобным покрытием для капельной конденсации пара;
- электромагнитные поля при кипении в микро ребристых и микрошероховатых трубах с крупным хладагентом R-134a;
- повышенный массообмен в щелевом канале при пульсирующем потоке теплоносителя и теплообмен при акустически возбужденном обтекании шероховатого цилиндра потоком теплоносителя;
- течение газ твёрдой взвеси в электрическом поле;
- теплообмен в абстрактном горячем слое при пульсации воздуха по проточным и оперённым трубам.

В каждом случае использования комплексных методов степень ускорения теплоотдачи индивидуальна.

Список литературы

- [1]. Тамарин, А.И. Исследование теплообмена и температуры горения частицы кокса в псевдооживленном слое / А.И. Тамарин, Д.М. Галерштейн, В.М. Щукина //Инженернофизический журнал–1982. –Т.42. – №1. –С.21 -27.
- [2]. Пальченко, Г.И. Исследование теплообмена модельной частицы в псевдооживленном слое / Г.И. Пальченко, А.И. Тамарин // Инженерно-физический журнал–1983.–Т.45.–№3.–С.427-433.
- [3]. Тамарин, А.И. Тепло- и массообмен модельных частиц в псевдооживленном слое инертного материала / А.И. Тамарин, Г.И. Пальченко, К.Е. Горюнов //Тепломассообмен- VII. – 1984. – Т. V. –Ч. 1. –С. 27-31.
- [4]. Prins, W. Heat transfer to immersed spheres or freely moving in a gas fluidizedbed / W. Prins, W. Draijer, W.P.M. Swaaij // Heat and mass transfer in fixed and fluidized beds: XVIIICNMT Intern. Symp.; Preprint. – Dubrovnik, 1984. – P. 1-13.
- [5]. Теплицкий, Ю. С. О теплообмене между псевдооживленным слоем и телами малых размеров / Ю.С. Теплицкий // Инженерно-физический журнал. – 1994. – Т. 67–№5-6–С.428-432.
- [6]. Тамарин, А.И. Исследование теплообмена между вибропсевдооживленным слоем тонкодисперсного материала и поверхностью нагрева / А.И. Тамарин, С.С. Забродский, И.Л. Замниус // Исследование тепло- и массообмена в технологических процессах и аппаратах. – Минск: Наука и техника, 1966. – С. 5-
- [7]. Кальтман, И.И. Исследование теплопереноса между вибропсевдооживленным слоем дисперсного материала и охлаждаемым в нем телом / И.И. Кальтман, А.И. Тамарин // Инженерно-физический журнал. – 1969. –Т. 16. –№ 4. –С. 630-638.
- [8]. Лайковская, Е.Ю. Исследование теплообмена между поверхностью и вибрирующим слоем дисперсного материала / Е.Ю. Лайковская, Н.И. Сыромятников // Известия высших учебных заведений СССР. Энергетика. – 1966. –№10.–С.105-109.
- [9]. Лайковская, Е.Ю. Теплоотдача в вибрирующем слое дисперсного материала / Е.Ю. Лайковская, Н.И. Сыромятников // Вопросы испарения, горения и газовой динамики дисперсных систем. – Одесса, 1968. – С. 213-219.
- [10]. Лайковская, Е.Ю. Некоторые особенности теплообмена в вибрирующем слоедисперсного материала / Е.Ю. Лайковская // Тепло- и массообмен и неравновесная термодинамика дисперсных систем. Труды УПИ. – Свердловск: Изд.УПИ,1974.–Сб.227.–С.190-193.
- [11]. Змеевиковые теплообменники. Моделирование, расчет: Монография /А.Г. Багоутдинова, Я.Д. Золотоносов. – Казань: Изд-во Казанск. гос.архитект.- строит. ун-та, 2016. – 245 с.
- [12]. Н. Р. Юсупбеков , Х. С. Нурмухаммедов, С.Г. Зокиров Процессы и аппараты химической технологии. – Т.; "Шарк", 2003.-6446.
- [13]. Теплообменные аппараты химических производств. Учеб. Пособие/ Е.А. Дмитриев, Е.П. Моргунова, Р.Б. Кормляшев-М: РХТУ 2013-88с.
- [14]. Горбунова Анастасия Михайловна Внешний массообмен в виброкипящем слое инертного материала Екатеринбург – 2015.

УДК 541.64

СИНТЕЗ ХЛОРИНУЛИНА С РАЗЛИЧНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

¹А.Ш. Хусенов, ²А.Ж. Жонузов, ³Д.С. Камалова, ¹Ж.Р.Тилаков, ¹Г. Рахманбердиев.

¹Ташкентский химико-технологический институт,

²Экономико-педагогический университет, г. Карши,

³Янгийерский филиал Ташкентского химико-технологического института
(Получена 25.01.2024 г.)

В работе приведены данные по исследованию синтеза хлорсодержащих производных инулина. Исследовано влияние природы растворителя, температуры, концентрации галогенирующего реагента и продолжительности времени реакции на состав синтезированных хлорсодержащих производных инулина.

Ключевые слова: полисахариды, синтез, инулин, хлористый тионил, диметилформамид, степень замещения, хлоринулин.

The paper presents data on the study of the synthesis of chlorine-containing inulin derivatives. The influence of the nature of the solvent, temperature, concentration of the halogenating reagent and the duration of the reaction time on the composition of the synthesized chlorine-containing inulin derivatives was studied.

Key words: polysaccharides, synthesis, inulin, thionyl chloride, dimethylformamide, degree of substitution, chlorinulin.

Maqolada inulinni xlor tutgan hosilalari sintezi bo'yicha ma'lumotlar keltirilgan. Sintez qilingan xlor tutgan inulin hosilalarni tarkibiga erituvchi tabiati, haroratni, galogenlashtiruvchi reagent konsentratsiyasi va reaksiya vaqtining ta'siri o'rganildi.

Kalit so'zlar: polisaxaridlar, sintez, inulin, tionilxlorid, dimetilformamid, almashinish darajasi, xlorinulin.

Введение. При разработке проблемы получения новых типов модифицированных полисахарид, содержащие другие реакционно-способные группы, кроме спиртовых, значительный интерес представляет хлорирование природных полимеров. В свою очередь, введение в макромолекулы полисахаридов атомов хлора, способных к реакции замещения, создает возможность получения новых производных, обладающих улучшенными физико-химическими свойствами. Галогенсодержащие производные полисахаридов представляют интерес в качестве исходных соединений для получения новых полимерных материалов [1,2]. Они могут быть использованы для разнообразных химических превращений, происходящих с участием галогена. В ряду галогенсодержащих производных полисахаридов наиболее распространёнными являются хлорпроизводные. Хотя в сравнении с бромиды и йодидами в реакциях нуклеофильного замещения хлорпроизводные, как правило, менее активные. Однако хлорсодержащие производные полисахаридов устойчивы и при подборе соответствующих условий могут быть использованы в качестве промежуточного продукта при получении полисахаридов, содержащих амино-, тиольные и другие функциональные группы. В последняя время хлорсодержащие производные полисахаридов применяются для конъюгирования с фрагментами многих низкомолекулярных биологически активных соединений [3,4].

Большая часть разработанных методов синтеза хлорсодержащих производных полисахаридов использована в химии целлюлозы [5-7]. В свою очередь, синтез хлорцеллюлозы может быть осуществлен несколькими путями, наиболее старые и известные из которых действие хлористого тионила на целлюлозу в присутствии пиридина. Сегодня предпочтение отдается более эффективным методам синтеза, обеспечивающим, с одной стороны мягкие условия синтеза, а с другой позволяющим ввести атом хлора в заданное положение элементарного звена и получить целевые продукты с высоким выходом.

Поскольку в литературе отсутствуют сведения, посвященные синтезу хлоринулина, задачей исследования являлось изучения особенностей реакции галогенирования инулина в

различных условиях.

Объекты и методы исследований. Для исследования использовали: инулин, выделенный из топинамбура сорта «Мужиза», тионилхлорид (SOCl_2) марки х.ч., гидроксид аммония марки х.ч. (содержание NH_3 28,0-30,0%), диметилформамид (ДМФ) ГОСТ 20289-74.

Получение хлоринулина. 1 г инулина помещали в трехгорлую колбу, снабженной мешалкой, обратным холодильником, капельной воронкой и заливали 40 мл диметилформамида. В реакционную смесь, нагретую до требуемой температуры, медленно при перемешивании вводили 6,6 мл хлористого тионила (при соотношении инулин: SOCl_2 = 1:3-25) перегнанного при 78,8 °C. По окончании реакции хлоринулин высаживали из раствора в воду со льдом. Выпавший осадок промывали водой до нейтральной реакции в фильтрате, а затем заливали 200 мл 0,5%-ного раствора NH_3 оставляли на 1 час. После обработки аммиаком хлоринулин отфильтровывали, промывали водой до отсутствия реакции на Cl^- затем ацетоном и сушили при 65-70°C. Определение хлора в синтезированных продуктах вычисляли методом титрования [8].

Результаты и их обсуждение. Реакция между спиртами и хлористым тионилем в зависимости от условий реакции может привести к получению продуктов с различными характеристиками. Для оптимизации синтеза хлоринулина нами было исследовано влияние условий реакции на характеристики конечных продуктов:

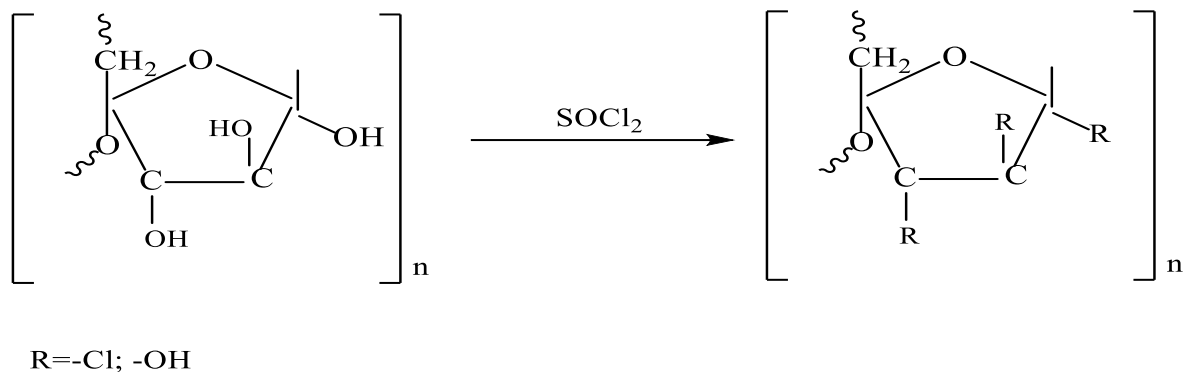


Рис.1. Схема синтеза хлоринулина.

Таблица 1

Влияние характера растворителя при синтезе хлоринулина на состав получаемых продуктов

Растворитель	Условия обработки		Состав хлоринулина	
	время, часы	температура, °C	% хлора	значение γ
Диметилформамид	2	60	9,82	51
Пиридин	3	60	5,85	27
Диметилформамид	1,5	80	11,3	54
Пиридин	1,5	80	6,3	29
Смесь диметилформамида и пиридина (1:1)	1,5	80	7,2	32

Примечание. Модуль ванны - 50. Концентрация хлористого тионила в растворе 44%, что соответствует 30 молям на элементарное звено макромолекулы инулина.

Как видно из данных, приведенных в табл.1, замена пиридина на ДМФ значительно ускоряет образование хлоринулина и уменьшает деструкцию получаемого продукта. Если при проведении реакции в среде пиридина получается сильно окрашенный, почти черный продукт, рассыпающийся в порошок, то в тех же условиях обработки в ДМФ получается

препараты хлоринулина, сохраняющие исходное строение и окрашенные в светло-желтый цвет. Следует отметить, что при взаимодействии хлористого тионила с инулином в присутствии ДМФ образуется в качестве побочных продуктов большее или меньшее количество эфиров инулина с сернистой кислотой.

Так, например, при обработке целлюлозы хлористым тионилем в среде ДМФ при 98°C в течение 1,5 часа получается продукт, содержащий 14,3% хлора и 8,0% серы, что соответствует образованию смешанного производного инулина. Поэтому нами был использован метод количественного отщепления остатков сернистой кислоты из хлорированного инулина обработкой образцов 0,5% раствором аммиака.

Таблица 2

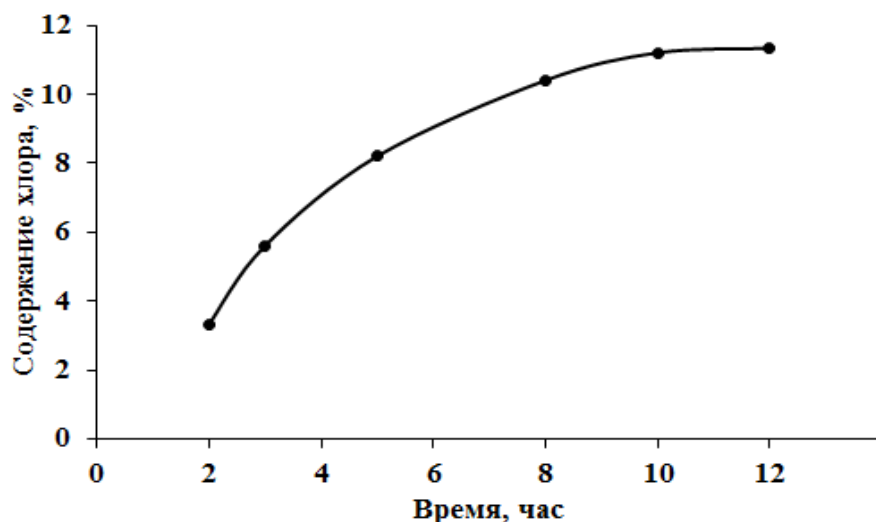
Влияние температуры обработки на состав получаемых препаратов хлоринулина

Температура обработки, °C	Состав хлорцеллюлозы		Удельная вязкость 0,1%-ного раствора	Цвет препарата
	% хлора	Значение γ		
60	4,40	20	0,58	кремовый
80	6,25	33	0,31	светло-желтый
90	13,25	63	0,25	светло-коричневый

Примечание. Продолжительность обработки - 1 час. Модуль ванны - 50. Число молей $SOCl_2$ на элементарное звено макромолекулы инулина -30

Как видно из данных, приведенных в табл.2, при повышении температуры реакции закономерно возрастает содержание хлора в образцах хлоринулина. Однако, повышение температуры реакции выше 60°C приводит к значительному увеличению интенсивности деструкции и поэтому, как правило, проведение реакции хлорирования при температуре выше 60°C нецелесообразно.

Попытки повысить степень замещения хлоринулина при проведении реакции при 60°C увеличением времени обработки не привели к положительным результатам.



Как видно из данных приведенных на рис. 2, увеличение времени обработки свыше 4 часов не приводит к дополнительному увеличению содержания хлора в макромолекуле хлоринулина. При этом предельное содержание хлора при проведении реакции при 60°C составило 11,4% ($\gamma=49,0\%$).

Рис.2. Влияние времени обработки на содержания хлора в препарате хлоринулина (температура обработки 60°C, модуль ванны - 50, число молей $SOCl_2$ на элементарное звено макромолекулы инулина - 30).

Значительное влияние на состав получаемого

хлоринулина имеет применяемое при хлорировании число молей хлористого тионила на элементарное звено макромолекулы инулина или точнее - концентрация хлористого тионила в растворе ДМФ.

Полученные экспериментальные данные, иллюстрирующие влияние этого фактора, приведены в табл.3.

Таблица 3

Влияние концентрации хлористого тионила в растворе ДМФ на состав получаемого хлоринулина

Количество хлористого тионила		Состав хлоринулина		Поведение инулина в процессе реакции
Молей на элементарное звено макромолекулы инулина	Концентрация в растворе ДМФ, %	% хлора	значение γ	
3	4,4	0,64	2,5	не изменяется
6	8,8	6,05	28	частично набухает
15	22	9,11	48	набухает с растворением
20	35	8,83	46	набухает с растворением
25	44	5,50	26	частично набухает

Примечание. Температура реакции 60°C, время - 1,5 часа, модуль ванны - 50.

Как видно из данных, приведенных в табл.3 при повышении концентрации хлорирующего реагента в растворе до 22% от веса раствора происходит закономерное повышение содержания хлора в препарате хлоринулина. При таком составе реакционной смеси (22% хлористого тионила) имеет место максимальное набухание инулина, что естественно приводит, наряду с повышением концентрации хлорирующего реагента в растворе, к увеличению степени замещения препарата хлоринулина. Дальнейшее повышение содержания хлористого тионила в реакционной смеси обуславливает постепенное понижение степени набухания инулина и, соответственно, замедление диффузии реагентов внутрь полисахарида и снижение скорости реакции хлорирования.

Закключение. Таким образом, в результате проведенных исследований разработан метод галогенирования инулина с помощью хлористого тионила в среде диметилформамида. Установлено влияние природы растворителя, температуры, концентрации галогенирующего реагента и продолжительности времени реакции на состав синтезированных хлорсодержащих производных инулина.

Список литературы

- [1]. Marchetti F., Bergamin M., Bosi S., Khan R., Murano E., Norbedo S. Synthesis of 6-deoxy-6-chloro and 6-deoxy-6-bromo derivatives of scleroglucan as intermediates for conjugation with methotrexate and other carboxylate containing compounds // Carbohydrate Polymers. -2009. -№75. -P. 670-676.
- [2]. Cumpstey I. Chemical Modification of Polysaccharides // ISRN Organic Chemistry. -2013. V.13. -P.1-28.
- [3]. Norbedo S., Dinon F., Bergamin M., Bosi S., Aroulmoji V., Khan R., Murano E. Synthesis of 6-amino-6-deoxyhyaluronan as an intermediate for conjugation with carboxylate-containing compounds: application to hyaluronan-camptothecin conjugates // Carbohydrate Research. -2009. -№344. -P.98-104.
- [4]. Xu D., Li B., Tate C., Edgar K.J. Studies on regioselective acylation of cellulose with bulky acid chlorides // Cellulose. -2011. -V.18. -№2. -P.405-419.
- [5]. Boehm R.L. Chlorination of cellulose with thionyl chloride in a pyridine medium // J. Org. Chem. -1958. -V.23. -№11.-P. 1716-1720.
- [6]. Furuhashi K., Sheng Chang H., Aoki N., Sakamoto M. Chlorination of cellulose with N-chlorosuccinimide-triphenylphosphine under homogeneous conditions in lithium chloride-N,N-dimethylacetamide // Carbohydrate Research. -1992. -V.230. -№1. -P.151-164.
- [7]. Крылова Р.Г., Усов А.И., Шашков А.С. Новый синтез хлордезоксипроизводных целлюлозы и установление их строения по спектрам ^{13}C ЯМР // Биоорганическая химия. -1981. -Т.7. -№.10. -С.1586-1593.
- [8]. Калинина С.Л., Моторина М.А., Никитина Н.И., Хачапуридзе Н.А. Анализ конденсационных полимеров. -М., 1984. 296 с.

KIMYOVIY VA FOSFOR O'G'ITLARI SANOATI HAL ETADIGAN MASALALAR

M.S. Egamberdiyev, R.A. Ikromov

"Toshkent irrigatsiya va qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti huzuridagi Buxoro tabiiy resurslarni boshqarish instituti
(Qabul qilindi 3.01.2024 y.)

Anotatsiya. o'simliklar dunyosi uchun fosfor yoki fosfat angidrid muhim ahamiyatga ega bo'ladi. Sababi, qishloq xo'jaligi ekinlarning hosildorligi va mahsulot sifati o'simlikning tuproqni o'zlashtirib oladigan fosfor birikmalarining miqdoriga bogliq. Shuningdek, hayvonot dunyosi asosiy qismini fosfor tashkil etadi. Shu nuqtai nazardan fosfor o'g'itlari sanoatida uning o'rni yuqori hisoblanadi. Kimyo va fosfor sanoatini rivojlantirish davlat ahamiyatiga ega bo'ladi.

Tayanch so'zlar: kimyo, fosfor, fosfat angidrid, atrof-muhit, mineral o'g'itlar, fosfor oqsillar sintezi, fosfat kislota tuzlari, nefelin, kalsiy digidrofosfat, ammoniy digidrofosfat.

Abstract. The world of plants is crucially dependent on phosphorus or phosphate anhydride. This is because the agricultural industry relies on the productivity of crops and the quality of produce, which, in turn, is influenced by the amount of phosphorus accumulation that the plant can extract from the soil. Additionally, the animal world is primarily composed of phosphorus. From this perspective, phosphorus compounds are highly regarded in the fertilizer industry. The development of the chemical and phosphorus industries is of national significance.

Key words: chemistry, phosphorus, phosphate anhydride, environment, mineral substances, phosphorus cycle, salts of phosphoric acid, nepheline, calcium dihydrogen phosphate, ammonium dihydrogen phosphate.

Аннотация. Мир растений в решающей степени зависит от фосфора или фосфатного ангидрида. Это связано с тем, что сельскохозяйственная отрасль зависит от урожайности сельскохозяйственных культур и качества продукции, что, в свою очередь, зависит от количества накопленного фосфора, который растение может извлечь из почвы. Кроме того, животный мир в основном состоит из фосфора. С этой точки зрения соединения фосфора высоко ценятся в промышленности удобрений. Развитие химической и фосфорной промышленности имеет общегосударственное значение.

Ключевые слова: химия, фосфор, фосфатный ангидрид, окружающая среда, минеральные вещества, фосфорный цикл, соли фосфорной кислоты, нефелин, дигидрофосфат кальция, дигидрофосфат аммония.

Kirish. Xom ashyodan tejab-tergab foydalanish, xususan, kimyo sanoatida g'oyat muhim masalalardan hisoblanadi. Kimyoviy mahsulot tannarxida, ayniqsa, sanoat mahsulotlari qo'llanadigan bo'lsa (masalan, ammiak olish uchun vodorod ishlatish), xom ashyoga bo'ladigan sarf miqdoran juda ham ortib ketadi. Binobarin, tadqiqotchi, loyihachi, kimyoviy asbob-uskuna bunyodkorlari, ishchilarning butun diqqat - e'tibori muayyan miqdordagi xom ashyodan imkoni boricha ko'proq mahsulot olish usullarini izlash va joriy etishga qaratilgan.

«Chiqindilardan foydalanishning eng yorqin misoli kimyo sanoatidir. U yangicha tatbiq usullarini topib, faqat o'z chiqindilaridagina foydalanib qolmay, balki boshqa xilma-xil sanoat tarmoqlarining ham chiqindilarini ishlatadi. Masalan, ilgari deyarli keraksiz sanalgan toshko'mir chirkindi anilin bo'yoqlarga, alizaringa, so'nggi vaqtda esa dori-darmonlarga ham aylantirilmoqda».

Hozir chiqindilardan foydalanish masalasi katta ahamiyat kasb etmoqda. Chunki kimyoviy reaksiyalar bizni faqat ko'plab xilma - xil noyob mahsulotlar bilan ta'minlab qolmay, ayni vaqtda, atmosfera va suvni zararli moddalar bilan ifloslantiruvchi omil hamdir. Atrof-tevarakning ifloslanishiga qarshi kurashning asosiy vositasi zararli chiqindi chiqarmay, xom ashyodan to'la-to'kis va rejasi bilan foydalanish imkonini beradigan ishlab chiqarish usullarini yar atish. Mamlakatimizda ishlab chiqarilgan va sanoatga joriy etilgan Xibin apatitlarini qayta ishlash usuli xom ashyodan kompleks foydalanishga yorqin misol bo'la oladi. Bu usulning mohiyati quyidagicha: apatit – nefelinli jins apatit hamda nefelininga ajratiladi. Apatit o'z navbatida fosforli o'g'itlar, ftorli tuzlar va gips olishda qo'llanadi. Nefelindan esa, soda, potash va sement

tayyorlanadi.

Biologiya va kimyo kurslaridan ma'lumki, fosfor ferment va vitaminlar tarkibiga kiradi, usiz xlorofil vujudga kelolmaydi, binobarin, o'simliklar uglerod oksidini (CO_2) ham o'zlashtir olmaydi. Oqsillar, yog'lar uglevodlar uchun zarur bo'lgan energiya asosan adenozintrifosfat kislotasi singari birikmalar yetkazib beradi. Fosfor oqsillar sintezida, o'sish va ko'payishda, irsiy xususiyatlarni o'tkazishda ishtirok etadigan nuklein kislotalar tarkibiga kiradi.

O'simliklar uchun ozmuncha fosfor kerak bo'lmaydi. Chunonchi, 100 kilogramm kuzgi bug'doy olish uchun 1 kilogrammdan to 1.7 kilogrammgacha fosfat angidrid sarflanadi (o'simlik ildizi va ang'iz qoldiqlaridagi fosfor bu hisobga kirmaydi). Qishloq xo'jalik ekinlarining hosildorligi va mahsulot sifati o'simlikning tuproqdan o'zlashtirib oladigan fosfor birikmalarining miqdoriga bog'liq. Agar o'simlik fosfor bilan bir maromda oziqlanib tursa, uning rivojlanishi hamda yetilishi tezlashadi, mahsulotning kimyoviy tarkibi yaxshilanadi.

Hayvonot dunyosi ham foforning ahamiyati o'simlikdagidan kam emas. O'rta yoshlardagi kishi organizmida 1.6 kilogramm fosfat angidrid, shu jumladan, suyaklarda 1.4 kilogramm, muskul to'qimalarida 130 gramm, jigarda 10 gramm, o'pkada 6 gramm, qonda 4 gramm, miyada 12 gramm fosfor bor.

O'simliklar qanday qilib o'zini fosfor bilan ta'minlay oladi? Gap shundaki, o'simlik ildiz orqali chiqaradigan uglerod (IV) oksidi suvga qo'shilib, karbonat kislotasi anionlari o'rniga tuproqdan H_2PO_4 anionlari eritmasini oladi. Fosfat kislotaning suvda erimaydigan ikki o'rin almashgan tuzlari (CaHPO_4) kuchsiz kislotalarda eriydi. Shuning uchun o'simlik ularni oson o'zlashtiradi.

Tuproqda fosfor qanday birikmalar tarzida bo'ladi? Tuproqni tashkil etuvchi jinslarda apatit minerali, asosan $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ fluorapatit dispers holatida bo'lib, uni o'simlik o'zlashtira olmaydi. Barcha xil tuproqda organik moddalar o'simliklarning hayotiy faoliyati uchun zaruriy moddalar mavjudki, fosfor ham shular tarkibidadir. Ular mikroorganizmlar ta'sirida anorganik moddalarga aylanadi va tuproqdagi kislotalar yordamida suvda erimaydigan fosfatlarga aylanishiga olib keluvchi teskari jarayonlar ham kechadi.

Tuproqda fosfor miqdori ko'proq bo'ladi, masalan, qoratuproqli yerlarning haydaladigan qatlamida har gektarida qariyb 6 tonna P_2O_5 qo'shimcha ravishda qariyb 25 kilogramm kuzgi bug'doy doni olish imkonini beradi.

Fosfor yer kurrasida siyrak elementlar jumlasiga kirmaydi. Yer po'stida sayyoramiz massasining 0.12% ga teng miqdorda fosfor bo'lib, yer po'sti tarkibidagi moddalar ichida o'n uchinchi o'rinda turadi.

Fosforning xossalari bilib olgach, maxsus ma'lumotlarga murojaat qilmayoq, sayyoramizda u asosan qanday shakllarda uchrashi haqida bemalol fikr yuritavermiz. Siz, albatta, tabiatda fosfor oksidlangan tarzda, aniqrog', fosfat kislotasi tuzlari sifatida kuzatiladi, deb to'g'ri javob berasiz. Tarkibida fosforli minerallar orasida eng keng tarqalgan fluorapatit $3\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ yoki $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{F}$ dir. Apatitning yirik konlari qaynoq magmaning sovish va kristallanish jarayonida hosil bo'lgan. Cho'kindi fosfat konlari ko'plab uchraydi.

Xibin rudalari mamlakatimiz zavodlarida fosfor hamda uning birikmalarini ishlab chiqarishda asosiy hom ashyo bo'lib xizmat qiladi. Yil davomida dunyo bo'yicha 100 million tonnage yaqin fosfat qazib olinadi. Hozirgi vaqtda ma'lum bo'lgan barcha konlardagi fosfatlarning umumiy zahirasi 55 milliard tonnadan iborat.

Fosforit kukuni nisbatan kata ko'lamda ishlab chiqarilmoqda, lekin uning qo'llanish imkoniyatlari cheklangan bo'lganligi uchun erimaydigan fosforitlarni zavodlarda eriydigan fosforitlarga aylantirish masalasi ko'ndalang bo'lib turibdi. Bu borada ilk bor nemis olimi Y. Libix 1840 yili suyaklardan, 1857-yili esa mineral fosfatlardan eruvchan fosfatlar olishni taklif etgan edi. O'shandayoq fosfor o'g'itlari ishlab chiqarishga asos solingandi.

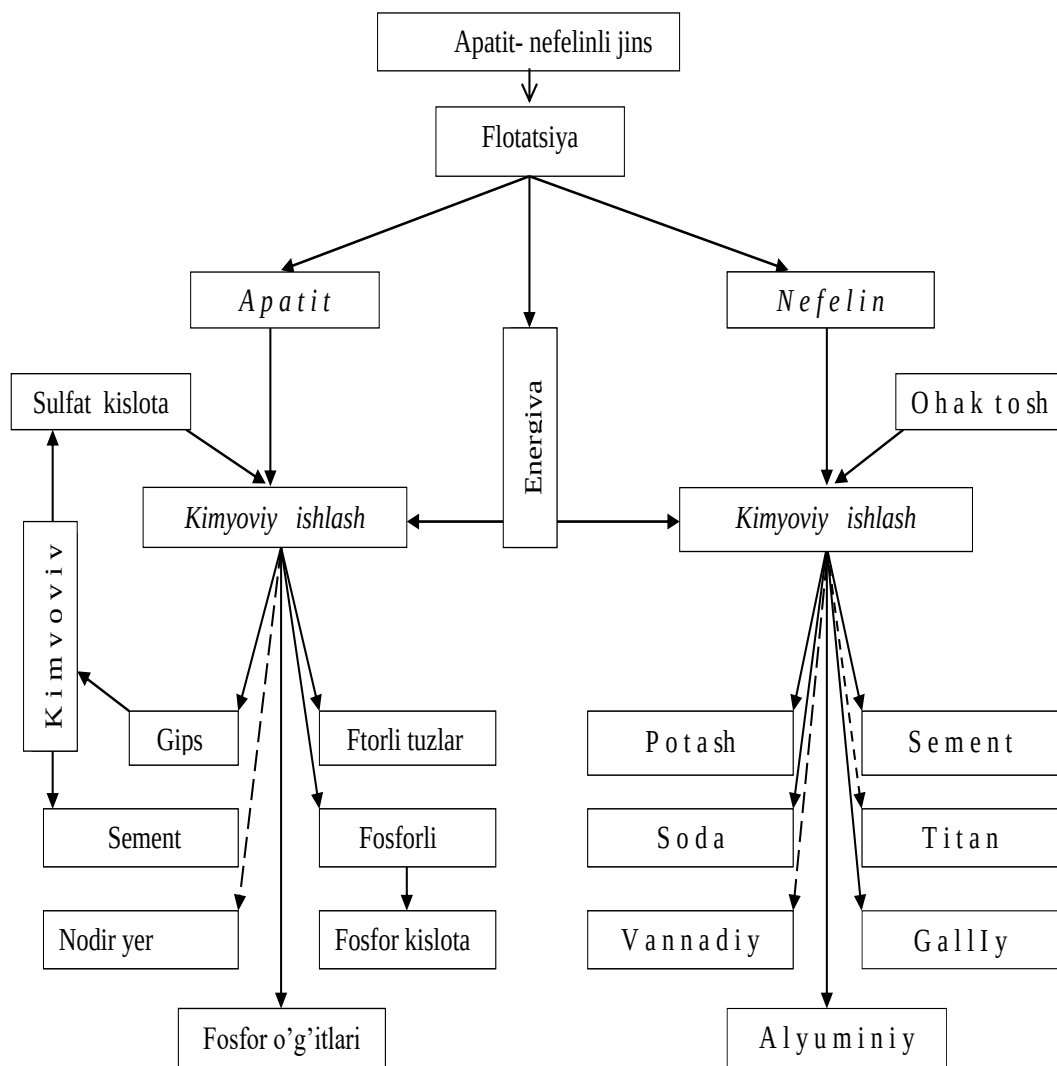
Kalsiy digidrofosfat $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$, ammoniy digidrofosfat $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, ammoniy gidrofosfat $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, kaliy digidrofosfat KH_2PO_4 suvda eruvchan o'g'itlardir. Kalsiy gidrofosfat- CaHPO_4 esa suvda yomon eriydi, kuchsiz kislotalarda yaxshi eriydi.

Kalsiy fosfat fosfat kislotasi bilan ta'sirlanuvchi lozim:



Kalsiy sulfat suv va kislotalarda oz eriydi. U cho'kindiga aylanib, reaksiya doirasidan chiqib ketadi. Shunday qilib, sulfat kislota bilan bo'lgan reaksiya nihoyasiga yetadi. Endi tabiiy fosfatga sulfat kislota ta'sir ettirib, fosfat kislota olishdek sanoatda keng qo'llanilayotgan usulni ko'rib o'tamiz. Sanoatda bunday usulni ekstraksiya usuli yoki ho'l usul deb yuritiladi.

Hozirgi vaqtda qazib olinayotgan Xibin rudasida 18 % ga yaqin P_2O_5 , qariyb 3 % F va birmuncha boshqa aralashmalar bo'lgan apatitli konsentrat olinmoqdaki, u fosfor va uning birikmalarini tayyorlash uchun ajoyib hom ashyo hisoblanadi. Ayni vaqtda tarkibida 30% qadar Al_2O_3 bo'lgan nefelinli konsentrat olinib, alyuminiy zavodlarida muvaffaqiyatli ravishda kimyoviy qayta ishlanmoqda. Ayni vaqtda, kalsiy sulfat hamda potash hosil bo'ladi.



Apatit-nefelin jinsining ishlash sxemasi.

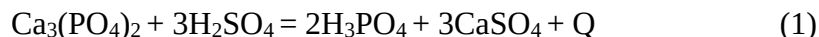
Hozirgi vaqtda Xibin konlarida boyitish vositasida apatitli konsentrat va hozircha qisman nefelin olinar ekan, bunda rudadan foydalanish darajasi 65% ga yaqinlashadi. Nefelin to'la ajratib olinganda bu koeffisient 82% ga yetadi. Ushbu rudaning o'zidan titan-magnetit konsentratlari olish esa undan foydalanish koeffisientini 96% gacha oshirish imkonini beradi. Bu usulda sement belit (yoki nefelin) shlamidan olinadi. Ana shu shlamlar faqat mexanik maydalanish bosqichidagina o'tgan bo'lmay, balki shu bilan birga qisman termik ishlov berilgan mahsulotdan ham iborat.

Qorator fosforitlari tarkibida 26% qadar P_2O_5 bo'lib, ular bevosita yoki boyitilganidan keyin ishlatilaveradi.

Konsentratda bo'lgani kabi tabiiy xom-ashyo ham kislota yordamida qayta ishlashni qiyinlashtiradigan, lekin termik ishlovga xalal bermaydigan magniy vat emir oksidlari, alyuminiy

birikmalari ko'plab uchraydi.

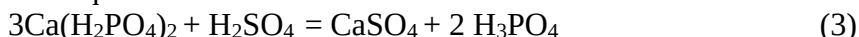
Sulfat kislolaning kalsiy fosfat bilan o'zaro ta'sirini ko'rib o'tamiz, ya'ni apatit mineralida uchrovchi fluor, shuningdek, qo'shilmalar, masalan, F_2O_3 oksidi va MgO reaksiyalarda qatnashmaydi deb faraz qilamiz



Bu ekzotermik $Q + S = Q + S$ tarzidagi (Q - qattiq), (S - suyuq) geterogen, amaliy jihatdan qaytmas reaksiyadir (reaksiya mahsulotlaridan biri reaksiya doirasidan qattiq holatda chiqib ketadi). Balki hosil bo'luvchi fosfat kislota o'sha zahotiy oq kalsiy fosfat bilan reaksiyaga kirishib, bir o'rin almashgan kalsiy fosfatni hosil qiladi



Reaksiyadagi uch o'rin almashgan kalsiy fosfat kabi nordon tuzlar ham sulfat kislota bilan reaksiyaga kirishib, kalsiy sulfat hosil qiladi.



Suyuqlik va qattiq fazaning miqdoriy nisbati katta bo'lganida fosfat donalariga kalsiy sulfat o'tirmaydi, boshqa qulay sharoitlarda reaksiya ancha tez, masalan, yarim soat mobaynida kechadi. Optimal sharoitlarni tanlash uchun filtrlash hamda cho'kindini yuvish muhitini ham hisobga olish zarur. Chunki cho'kindi har vaqt suyuqlikning, ayni vaqtda, qimmatli fosfat kislolaning muayyan qismini olib qoladi. Agar qattiq cho'kindi mahsulot yaxshi filtrlanish xususiyatiga ega bo'lsa, oson yuviladigan nisbattan yirikroq kristallar tarzida ajralib chiqsa, yuqoridagi jarayonlar ancha to'laroq va tezroq kechadi.

Kalsiy sulfat angidrid, yarim gidrat va digidrat (tabiiy digidrat-bizga ma'lum gips) tarzida mavjud bo'ladi. Fosfat kislota konsentratsiyasi 32% ga (P_2O_5 hisobida) yaqin bo'lganida va 80° C da digidrat ajralib chiqadi; yarim gidrat yanada yuqori harorat (95° C da) va kislota konsentratsiyasida; angidrid esa yanada qattiqroq sharoitlarda ajralib chiqadi.

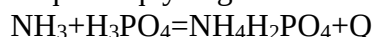
Kalsiy sulfat digidratining yaxshi filtrlanuvchi va oson yuviluvchi kristallari hosil bo'lish imkonini beradigan sharoitni, ya'ni P_2O_5 hisobida 32% konsentratsiya hamda 80° C dan yuqori bo'lmagan haroratni saqlab turishi lozim. Ayni shu sababli suyuq va qattiq faza massalari nisbatining 3:1 va reaksiya muddatining qariyb 4 soat bo'lishi optimal hisoblanadi. Eritmalarning o'ta to'yinishiga barham berish uchun pulpani mutassil aralashtirib turish zarur.

Fosfat kislota ammiak bilan birgalikda uchta tuz hozil qiladi: monoammoniyfosfat $NH_4H_2PO_4$, diammoniyfosfat $(NH_4)_2HPO_4$ va uchammoniyfosfat $(NH_4)_3PO_4$. Ularning hammasi harorat yuqorilasha borgan sari parchalanaveradi, lekin bir o'rin almashgan tuz uchun faqat 110° C da, ikki o'rin almashgan tuzda 70° C da (bunda ammiak ajralib, o'zi monoammoniyfosfatga aylanadi), uch o'rin almashgan tuzda esa 30° C da parchalanish mahsulotlarining bosimi sezilarli bo'ladi. Superfosforaviy kislota ammiak bilan neytrallanganda orto-, piro- va polifosfat kislotalari aralashmasi – ammoniyning barqaror polifosfatlari suvda eriydi. Ularning gigroskopik xususiyati past bo'lib, saqlab qo'yilganda zichlashib qolmaydi.

Shunday qilib, monoammoniyfosfat, diammoniyfosfat va ammoniy polifosfatlari qimmatli azot-fosfat o'g'itlari sifatida qo'llash imkonini beradigan xossalarga ega. Ulardan qattiq hamda suyuq kompleks o'g'itlarning komponentlari tarzida ham foydalanish mumkin.

Polifosfatlarda ozuqa moddalarning miqdori shunday: 22% ga qadar azot va 68% ga qadar P_2O_5 mavjud.

Ammoniy fosfatlarini ishlab chiqarish quyidagi ekzotermik reaksiya bo'yicha ketadi:



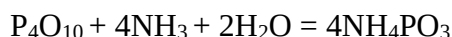
Unchalik yuqori bo'lmagan haroratlarda bu reaksiya oddiy va qaytmasdir. Gaz bilan suyuqlik o'rtasidagi reaksiya geterogen bo'lib, bunda muayyan darajali eritma konsentratsiyasi va harorat sharoitida cho'kmaga aylanadigan tuzning suvli eritmasi yuzaga keladi.

Ekstraksion kislotalarda shunday qo'shilmalar borki, ular kislota neytrallanganda temir, alyuminiy fosfatlari va boshqa birikmalar tarzida cho'kadi. Ammafos ifloslanmasligi uchun neytrallash jarayoni ikki bosqichda: dastavval keraksiz qo'shilmalarni yo'qotish, keyin esa ammos fos olish maqsadida olib boriladi. Ammiakning yutilishini kamaytiruvchi quyuq pulpa hosil bo'lishining

oldini olish uchun reaktorga vodorod ionlari konsentratsiyasini muayyan darajada saqlab turiladi (pH=5.5). Ammiakli selitra ishlab chiqarishdagidek, butun jarayon mobaynida reaksiya issiqligi chiqarib yuborilmaydi, harorat 120° C ga qadar ko'tariladi, anchagina miqdorda suv bug'lanadi. Pulpa sovganidan keyin undan qo'shimcha kristall ajralib chiqadi. Tuzni quritib, maydalagach, elanadi. Qisman kristallanib ajralib chiqqan eritma reaktorga qaytariladi. Hosil bo'lgan mahsulot 15 % diammoniyfosfat qo'shilmali monoammoniy fosfatdan iborat.

Termik fosfat kislotani neytrallash vositasida olingan ammoniy fosfatlarida aralashmalar kam bo'lib, undan faqat o'g'it sifatidagina emas, balki oziq-ovqat hamda farmasevtika sanoatida ham foydalanish mumkin.

Yanada ko'proq ozuqa moddalariga ega bo'lgan o'g'itlar ammiakning P₄O₁₀ oksid bug'lari bilan o'zaro ta'sirida yuzaga keladi:



Adabiyotlar

- [1]. Atakuziev T.A., Tadjieva D.F., Mirzaev F.M., Primenenie sulfatsoderjashix dobavok dlya polucheniya vysokoprochnogo sementnogo kamnya. Tezis dokl. Respublikanskogo soveshaniya «Sostoyanie, perspektiv razrabotki i primeneniya xim. dobavok dlya betona v usloviyax Uzbekistana». Tashkent, 1982.
- [2]. Atakuziev T.A., Iskandarova M.I., Xasanov R.S., Mirzaev F.M. Tamponajniy rasshiryayushiy sement na osnove sulfoaluminatno-silikatnogo (SAS) klinkera. DAN UzSSR, 1982, №2.
- [3]. Egamberdiev M.S., Vliyanie dobavok sulfoklinkera na svoystva portlandsementa, Finland Academic Research Science Publishers, 2023, 652-658 c.
- [4]. Ximiya i texnologiya spetsialnix sementov (I.V.Kravchenko, T.V.Kuznesova, M.T.Vlasova, B.E.Yudovich. M.:Stroyizdat. 1979.
- [5]. Kuznesova T.V. Alyuminatne i sulfoaluminatne sement. M.:Stroyizdat, 1986.
- [6]. Atakuziev T.A. Fiziko-ximicheskoe issledovanie sulfatsoderjashix sementov i razrabotka nizkotemperaturnoy texnologii ix polucheniya. Tashkent: Fan, 1983.
- [7]. Egamberdiyev M.S., Egamberdiyev SH.M Iqtisodiyotda investitsiya va ilg'or texnologiyalarni faol jalb etish sanoat tarmoqlarining izchil rivojlantirishning barqaror garovi, International Multidisciplinary Research in Academic Science, Volume 6, Issue 07 November 2023 365-369.

УДК 661.635.41:661.635.42:661.152.2

МАРКАЗИЙ ҚИЗИЛҚУМ ФОСФОРИТЛАРИ АСОСИДАГИ ФОСФАТ КИСЛОТАНИ ЭКСТРАКЦИЯ ЖАРАЁНИДА ОҲАКТОШ БИЛАН ТОЗАЛАШ ВА УНДАН ФОСФОРЛИ ОДДИЙ ЎҒИТ ОЛИШ

Р.Ю. Нажмиддинов, И.Т. Шамшидинов, Г.Қ. Қодирова, Л.А. Турсунов

Наманган муҳандислик-қурилиш институти докторанти

E-mail: najmiddinov9191@gmail.com, tel.: +99(894)1505891

E-mail: israiljon2010@mail.ru, tel.: +99(898)1501661

E-mail: guli5067@mail.ru, tel.: +99(897)2551706

tel.: +99(894)158 0065, e-mail: tlutfillo@bk.ru

Аннотация. Ишда Марказий Қизилқум фосфоритларидан фосфат кислотани экстракциялаш жараёнида оҳактош билан фтор ва сульфат қўшимчаларидан тозалаш, тозаланган кислотани оҳактош билан нейтраллаш орқали таркибида кальций ва магний карбонатлари бўлган юқори сифатли фосфорли оддий ўғит олиш жараёнлари келтирилган.

Таянч сўзлар: фосфат кислота, экстракцион фосфат кислота, ўғит, минерал ўғит, фосфорли ўғит, кальций карбонат, оҳактош, монокальцийфосфат, дикальцийфосфат, қўшалоқ суперфосфат.

Аннотация. В работе приведены процессы очистки фосфорной кислоты на основе фосфоритов Центральных Кызылкумов от примесей фтора и сульфатов в процессе экстракции карбонатом кальция и получения одинарного фосфорного удобрения путем нейтрализации очищенной кислоты карбонатом кальция.

Ключевые слова: фосфорная кислота, экстракционная фосфорная кислота, удобрения, минеральные удобрения, фосфорные удобрения, карбонат кальция, известняк, монокальцийфосфат, дикальцийфосфат, двойной суперфосфат.

Abstract. The work describes the processes of purification of phosphoric acid based on phosphorites of the Central Kyzylkum from impurities of fluorine and sulfates in the process of extraction with limestone and the production of single phosphorus fertilizer by neutralizing the purified acid with limestone.

Key words: phosphoric acid, extraction phosphoric acid, fertilizers, mineral fertilizers, phosphorus fertilizers, calcium carbonate, limestone, monocalcium phosphate, dicalcium phosphate, double superphosphate.

КИРИШ.

Ўсимликларни минерал ўғитлар билан озиқлантиришда теварак атроф-муҳитга катта зарарли таъсир кўрсатадиган омиллардан бири – фтор бирикмалари ҳисобланади. Тадқиқотлар шуни кўрсатадики, фтор бирикмалари нафақат ўсимликларгагина салбий таъсир кўрсатиб қолмасдан, балки инсонлар ва бошқа тирик организмларда турли хил жиддий касалликлар келтириб чиқариши мумкин [1,2].

Қишлоқ хўжалигидаги кўпчилик ўсимликлар катта миқдордаги фторни ўзлаштириб олиш хусусиятига эгадир. Масалан, 1 кг миқдоридаги чойда 57 дан 1370 мг гача, пахтада 4500 мг гача фтор ўзлаштирилади [2; С. 55,]. Бунда фтор пахта чигитида тўпланади ва унинг кўп қисми пахта мойи таркибига ўтади. Тупроққа минерал ўғитлар билан фтор тушганда ҳосилдаги фтор миқдори ҳам ортиб боради [3; С. 10-18]. Азот-фосфор-калийли ўғитлар иштирокида ўсимликларга ўзлашадиган фтор миқдори янада ортиб боради [4; С. 131-136].

АСОСИЙ ҚИСМ.

Ҳозирги пайтда дунёда фосфатли хомашёларга бўлган талаб йилига 190 млн т ёки 43 млн т P_2O_5 ни ташкил этади. Фосфатли хомашёларга бўлган талаб 2020 йилгача 1,3 млн т ва 2030 йилга қадар эса 2 млн т га ўсиши кутилмоқда. 2050 йилга келиб эса хомашёга талаб фосфатли хомашё бўйича 220 млн т ёки 70 млн т P_2O_5 га етади [5].

Тупроққа тушадиган фторнинг асосий манбаи фосфорли ўғитлар ҳисобланади. Масалан, апатит ва фосфоритлар таркибида, мос ҳолда, ўртача 3,0 ва 2,7% фтор бўлади. Марказий Қизилқум фосфоритлари асосида ишлаб чиқариладиган экстракцион фосфат кислота (ЭФК) таркибида 1,2% атрофида фтор бўлади. Кислотадан ишқорий металллар ёрдамида кремнефторидлар тарзида чўктириш усули катта самара бермайди, чунки ЭФК таркибида кислотада эрийдиган кремний бирикмалари амалда жуда ҳам кам миқдорда бўлади [6; С. 34-40].

Табийий фосфатларни қайта ишлаш жараёнида, улар таркибидаги фтор газ, суюқ (ЭФК) ва қаттиқ (фосфогипс) фазалар орасида тақсимланади. Дигидратли схема бўйича фосфат кислота олишда хомашёдаги (apatit ва фосфорит) 80-85% фтор кислотага ҳамда уни кейинги қайта ишлашда эса ўғитлар таркибига ўтади.

Қишлоқ хўжалигидаги ўғитларга бўлган талабни тўла қондиришда фосфорли, айниқса комплекс ўғитлар ишлаб чиқаришнинг ўсиши тупроқ, ўсимликлар ва сув ҳавзаларининг фтор билан тўйиниш хавфи юзага келади [7; Р. 55]. Атмосфера ва очиқ сув ҳавзаларига тушадиган ҳамда тирик организмлар ва ўсимлик дунёсида тўпланадиган фтор бирикмаларининг салбий таъсири етарлича тўла ўрганилган [4; С.131-136, 8; С.42-47].

ЭФКдан фторни кам эрийдиган ишқорий металлларнинг кремнефторид бирикмалари тарзида чўктириш учун натрий ва калий сульфатлари, хлоридлари, фосфатлари, карбонатлари ва гидроксидлари ишлатилади [9; С.191-206]. Бу усуллар юқоридаги тузларнинг ЭФК таркибидаги кремнефторид кислота билан ўзаро кимёвий таъсирлашишига асосланган. Фтордан тозалаш даражаси 90% гача етади. Мазкур усул бўйича Марказий Қизилқум фосфоритларидан олинган ЭФКда фтордан тозалаш даражаси 38-40% дан ортмайди.

Марказий Қизилқум фосфоритлари асосидаги ЭФКни ишқорий металллар тузлари билан тозалаш жараёни адабиётлар манбааларида етарлича келтирилган. ЭФКни даставвал сульфатлардан, сўнгра фтордан бирин-кетин тозалаш ҳам келтириб ўтилади [10; С.2-4]. Марказий Қизилқум фосфоритлари асосидаги ЭФКни натрий сульфати, дигидрофосфати, метасиликати билан фторсизлантириш жараёни муаллифлар томонидан атрофлича

ўрганилган ва фторсизланиш даражасини 38-40% дан 80-85% гача ошириш мумкинлиги кўрсатиб ўтилган ҳамда ЭФКни фторсизлантириш технологияси яратилган [11; С.16-19, 12; Рр.84-88, 13; Рр. 21-26].

Фторсизланган ЭФКни Марказий Қизилқумнинг бойитилмаган хомашёси [14; С.32-39], кальций карбонати ва оксиди, ювиб бойитилган фосфоритлари [15; 157 с., 16-19] билан сульфатсизлантириш бўйича материаллар ҳам мавжуддир. ЭФКни фтор бирикмалари ва сульфатлардан тозалаш йўли билан озукали преципитат олиш усулига патент олинган.

Ишлаб чиқарилаётган фосфорли ўғитлар таркибида кўп микдорда (4% гача) фтор бўлади. Бу эса ўғитларнинг экологик самарадорлигига салбий таъсир кўрсатади. Шу муносабат билан олинаётган ЭФКни фтордан тозалаш бўйича бир қатор тадқиқотлар ўтказилган. ЭФКни фтордан тозалаш уч хил усул билан амалга оширилади [9, 20]: кислотани буғлатиш йўли билан фторсизлантириш; кислотадаги фтор бирикмаларини сувда эримайдиган бирикмаларга айлантириш ва бу бирикмаларни ЭФКдан ажратиб олиш; кислотадаги фтор бирикмаларини органик реагентлар ёрдамида ажратиб олиш. ЭФКни бу усуллар билан тозалаш қўшимча реагентлар ва ҳажмдор жиҳозларни ҳамда катта микдордаги капитал ҳаражатларни талаб этади.

Марказий Қизилқум фосфоритларидан фосфат кислотани сульфат кислотали экстракциялаш жараёнида фтор ва сульфат қўшимчаларидан бир пайтнинг ўзида тозалаш, экстракцион бўтқани кальций карбонатдан фойдаланган ҳолда тозалаш бўйича дастлабки тадқиқот натижалари олинган.

Қишлоқ хўжалигининг фосфорли ўғитларга бўлган талабининг ортиши ва фосфатли хомашёларни фосфорли ўғитларга қайта ишлаш натижасида улар захирасининг йилдан-йилга камайиб бориши фосфатли хомашёлар билан бир қаторда бошқа турдаги хомашёларни ҳам фосфорли ўғитлар ишлаб чиқаришга камраб олиш ҳозирги пайтнинг долзарб вазифаларидан бири ҳисобланади. Фосфорли ўғитлар олишда ҳосил бўладиган экстракцион фосфат кислотани (ЭФК) табиий карбонатли хомашёлар билан нейтраллаш натижасида олинадиган маҳсулот ҳажмини 4-5% га ошириш имкониятини беради.

Ўзбекистон Республикаси ҳудудидаги донатор фосфоритлар катта амалий аҳамиятга эга бўлиб, уларнинг саноат аҳамиятига эга бўлган захиралари Марказий Қизилқум ҳавзасидаги Жер-Сардор конида тўпланган. Жер-Сардор конидаги фосфоритлар захираси P_2O_5 ҳисобида 57,68 млн тоннани ташкил этади [23]. Фосфоритларнинг энг катта захираси II-қатламда (60%) бўлиб, ундаги P_2O_5 ўртача 20,93% ни ташкил қилади. I-қатламдаги фосфоритларда эса ўртача 17,03% P_2O_5 бўлади. Фосфорит рудаларини ташкил этадиган асосий минералларга бирламчи минераллар сифатида: кальцит – 30-50%, фторкарбонатапатит – 25-55%, гилли минераллар – 5-25% ҳамда иккиламчи минераллар сифатида: гипс, гётит, пирит, кварц киради. Бундан кўринадики, фосфорит рудасининг қарийиб ярмини карбонатли минераллар ташкил этади.

Республикаимиз ҳудудида саноат ишлаб чиқариш технологик талабларига жавоб берадиган кальций ва магний карбонатларидан ташкил топган: кальцит, оҳактош, доломит ва бошқа маҳаллий норуда минерал хомашёлар кўп микдорда учрайди [23]. Республикаимиз давлат балансига олинган 24 та оҳактош ва доломитлашган оҳактош конлари (шунингдек 4 та бошқа турдаги карбонат хомашёлари конлари) бўлиб, уларнинг захираси 1017,8 млн тоннани ташкил қилади, саноат категориялари бўйича оҳак олиш учун атиги 294 минг тонна оҳактош ишлатилади. Кальций ва магний карбонатли хомашёлар ва чиқиндиларни технологик нуқтаи назардан комплекс ўрганиш ҳамда улардан саноат миқёсида сифатли маҳсулотлар – ўсимликлар томонидан осон ўзлаштириладиган кальций (шунингдек магний) фосфатли ўғитлар ишлаб чиқаришда фойдаланишни йўлга қўйиш муҳим аҳамият касб этади. Шу кунга қадар катта захираларга эга бўлган маҳаллий бўр, оҳактош ва доломит каби карбонатли хомашёлардан фойдаланган ҳолда фосфат кислотани экстракциялаш босқичида фтор ва сульфат қўшимчаларидан тозалаш ҳамда тозаланган кислотадан саноат миқёсида юқори сифатли фосфорли оддий ўғитлар ишлаб чиқаришни йўлга қўйиш орқали юқори иқтисодий самарадорликка эришиш мумкинлиги ўрганилмаган. Шунинг учун бундай

хомашёларни қайта ишлаш орқали мақсадли маҳсулотларга айлантириш фосфорли ўғитлар ишлаб чиқариш соҳасидаги муҳим вазифалардан бири ҳисобланади.

Шунинг учун ҳам табиий карбонатли хомашёлардан фойдаланган ҳолда ЭФКни бир пайтнинг ўзида фтор ва сульфатлардан тозалаш усуллари тадқиқ қилишга қаратилган тадқиқотлар муҳим аҳамият касб этади.

Мазкур тадқиқот ишининг мақсади экстракцион бўтқани (ЭБ) филтрлашдан олдин карбонатли хомашё – оҳактош ёрдамида фтор ва сульфат қўшимчаларидан тозалаш ҳамда тозаланган экстракцион фосфат кислотадан таркибида кальций ва магний фосфатлари бўлган юқори сифатли фосфорли оддий ўғитлар олиш ҳисобланади.

Бунинг учун таркибида, оғ. % ҳисобида: $P_2O_5 = 26,85$; $CO_2 = 3,14$; $CaO = 52,64$; $MgO = 1,03$; $R_2O_3 = 1,16$; $SO_3 = 2,31$; $F = 3,09$; э.қ. = 1,89 бўлган ювиб куйдирилган фосфат концентрати ҳамда таркибида, оғ. % ҳисобида: $CaO = 54,09$, $MgO = 1,07$, $R_2O_3 = 0,19$, $SO_3 = 0,09$, $CO_2 = 43,65$, $H_2O = 0,29$, э.қ. = 0,62 ва бошқалар бўлган Наманган вилояти Янгикўрғон тумани Парамон ҳудудидаги оҳактош хомашёлари ишлатилди.

Экстракцион бўтқадан фтор ва сульфатларни чўктиришни оҳактош билан кальций оксиддан кальций фторид ҳосил бўлиш меъёрига нисбатан 60-150% ва SO_3 ни кальций сульфат тарзида боғлаш меъёрига нисбатан 80-100% ҳисобида амалга оширилди. Фосфат кислотани сульфат кислотали экстракциялаш жараёни дигидратли режимда ўтказилди, ҳосил қилинган экстракцион бўтқани филтрлашдан олдин ундаги фтор ва эркин сульфат кислота оҳактош ёрдамида чўктирилди.

Тажрибалар ЭИ-943 маркали пўлатдан тайёрланган, химояланган ва электр қиздиргич қатламига эга бўлган икки секцияли экстрактордан иборат тўхтовсиз ишлайдиган лаборатория қурилмасида ўтказилди. Қурилмага кислота ва фосфорит уни меъёрлаштиргичлар орқали келиб тушади. Қурилманинг ишчи ҳажми 2,5 литр бўлиб, унумдорлиги фосфатли хомашё бўйича 150 г ни ташкил этади.

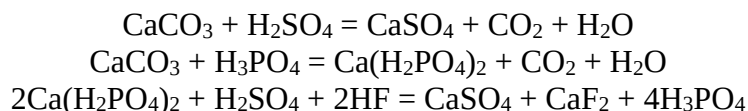
Фосфоритни парчалаш сульфат ва айланма фосфат кислота билан дигидратли режимда амалга оширилди. Ишни бошлашдан олдин экстракторнинг ҳар иккала секцияси ҳам олдиндан стандарт хомашёдан дигидратли режим шароитида олинган экстракцион бўтқа билан тўлдирилди. Аралаштириш тезлиги реакторнинг биринчи секциясида 120-140 айл./минутни, иккинчисида эса 80-100 айл./минутни, жараён давомийлиги 3 соатни ташкил этди. Суюқ ва қаттиқ фазалар нисбати 2,5, суюқ фазадаги сульфат ионларининг ортикча миқдори SO_3 ҳисобида 3,3-3,5 г/100 мл ни ташкил этди. Бўтқани филтрлаш Бюхнер воронкасида филтрматом орқали 400 мм.сим.уст. вакуум шароитида амалга оширилди.

Экстракцион бўтқанинг реактор биринчи секциясида бўлиш вақти 3 соат, иккинчисида эса 30 минутни ташкил этади, чунки реактор иккинчи секциясида экстракцион бўтқадаги фтор ва сульфат қўшимчалари оҳактош ёрдамида чўктирилади.

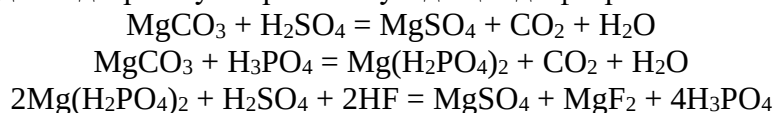
Хомашёлар, оралик ва тайёр маҳсулотлар кимёвий таҳлиллари маълум бўлган усуллар бўйича амалга оширилди [24-27].

Олинган натижалар 1- ва 2-жадвалларда келтирилган.

1-жадвалдан кўринадик, кальций карбонат қўшмасдан ЭФК олинганда фосфоритдаги умумий фторнинг 5,1% газ фазасига, 41,3% фосфогипсга ўтади ва ЭФКда 53,6% фтор қолади. Экстракцион бўтқага кальций карбонат қўшилганда куйидаги реакциялар содир бўлиши мумкин:



Оҳактош таркибида оз миқдорда (MgO ҳисобида 1,07% атрофида) магний бирикмалари бўлади. У деярли тўла эритмага ўтади ҳамда фтор билан боғланади:

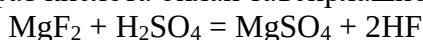


1-жадвал

Оҳактош меъёрининг ЭФК кимёвий таркибига, газ фазаси ва фосфогипсга фторнинг ўтиш даражасига таъсири

Кўрсаткичларнинг номланиши	Стехиометрияга нисбатан эркин фторни боғлаш учун кальций ва магний оксидлар ҳисобида оҳактош меъёри, %						
	-	60	80	100	120	140	150
Стехиометрияга нисбатан эркин H ₂ SO ₄ ни боғлаш учун кальций ва магний оксидлар ҳисобида оҳактош меъёри, %	-	80	100	100	100	100	100
ЭФКнинг кимёвий таркиби, оғирлик % ҳисобида							
P ₂ O ₅	17,23	17,45	17,47	17,45	17,37	17,22	17,13
CaO	0,32	0,40	0,55	0,90	1,43	2,25	2,80
MgO	0,66	0,69	0,70	0,69	0,69	0,70	0,70
SO ₃	1,21	0,51	0,33	0,29	0,28	0,27	0,27
R ₂ O ₃	0,71	0,72	0,70	0,69	0,67	0,65	0,65
F	1,18	0,57	0,45	0,28	0,21	0,21	0,21
муаллақ заррача	0,29	0,30	0,30	0,30	0,31	0,31	0,31
Фторнинг ўтиш даражаси, % ҳисобида							
Фосфогипсга	41,3	69,0	74,3	82,4	85,2	85,4	85,5
Газ фазасига	5,1	5,1	5,0	4,6	4,4	4,2	4,1
Ҳаммаси	46,4	74,1	79,3	87,0	89,6	89,6	89,6
ЭФКни фторсизланиш даражаси	-	52,3	62,4	76,6	82,4	82,4	82,4
ЭФКни сульфатсизланиш даражаси	-	58,4	73,1	76,3	77,1	77,7	77,7

Магний фторид кальций фторидга қараганда кислоталарда нисбатан яхши эрийди, кучли кислоталар, жумладан сульфат кислота билан таъсирлашиб:



реакцияси бўйича магний сульфат ва водород фторид ҳосил қилади.

Бу жараён мураккаб ҳисобланади, ЭФКда яхши эрийдиган магний монофосфат ва сульфатлари кальций карбонат билан таъсирлашиб, кальций сульфати монофосфати ҳосил қилиши мумкин. Лекин, магний карбонат ҳам фосфат кислота билан таъсирлашиб магний монофосфатга айланади. Бу ЭФКдаги магний миқдорининг ўзгаришсиз қолиши ва 0,66-0,70% даражасида қолиши билан тасдиқланади (1-жадвал). Кальций карбонат қўшилганда ва кальций фторид ҳосил бўлганда газ фазасига ажралиб чиқадиган фтор миқдори 5,1 дан 4,1% гача камаяди, бу унинг асосий миқдорини жараённинг бошидаёқ ажралиб чиқишини кўрсатади. Парчалаш жараёнига CaO ҳисобида 100-150% меъёрга оҳактош киритилганда газ фазасига ва фосфогипсга фторнинг умумий ўтиш даражаси 87,0-89,6% ни ташкил этади. Бунда ЭФКдаги фтор миқдори 0,21-0,28% ни ташкил этади, бу эса оҳактош қўшилмагандигига нисбатан 4,2-5,6 марта камдир. Экстракцион бўтқани CaO ҳисобида 100-150% стехиометрик меъёрдаги оҳактош ёрдамида фторсизлаш натижасида ҳосил қилинадиган экстракцион фосфат кислота маҳсулотининг фторсизланиш даражаси 76,6-82,4% ни ташкил қилади.

Фосфат кислотани экстракциялаш ва ҳосил қилинган экстракцион бўтқадаги фтор ва сульфатларни оҳактош билан чўктиришда CaO тарзидаги меъёри 100-120% бўлганда фторнинг фосфогипсга ўтиш даражаси 82,4-85,2% ни, газ фазасига ўтиш даражаси 4,4-4,2% ни, маҳсулот ЭФКни фторсизланиш даражаси 76,6-82,4%, сульфатсизланиш даражаси эса 76,3-77,1% ни ташкил этади. Кислотадаги мавжуд фтор ва сульфатлар миқдори ҳисобига

нисбатан 120% дан ортиқ меъёрадаги кальций карбонат қўшилганда фторсизланиш ва сульфатсизланиш деярли ўзгармайди, яъни мос ҳолда 82,4% ва 77,7% ни ташкил қилади. ЭФК таркибида қоладиган фтор микдори бошланғич фосфоритдаги фторнинг умумий микдорига нисбатан 9,0-12,0% ни ташкил этади. Фосфоритдаги мавжуд фторга нисбатан оҳактош меъёри СаО ҳисобида 60 дан 100% гача ўзгарганда фосфогипсга фторнинг қўшимча ўтиши 29,1-44,1% ни ташкил этиши кузатилади. Оҳактош меъёри 120-150% га оширилганда каттиқ фазага фторнинг ўтишини атиги 1,7-2,2% га оширади. ЭБдаги фторни чўктиришдаги ортиқча оҳактош мавжуд ортиқча сульфат кислота ҳисобига кальций сульфат, фосфат кислота билан таъсирлашиши ҳисобига эса монокальцийфосфат ҳосил бўлишига сарфланади.

1-жадвалдаги маълумотлардан кўринадики, SO₃ микдори 1,21% дан 0,27-0,29% гача камаяди, кальция оксид микдори эса 0,32% дан 2,80% гача ортади. Бунда парчаланиш, ажралиш, ювилиш ва унум коэффицентлари, суспензияни филтрланиш тезлиги фторни боғлашга 60 дан 150% гача, ортиқча сульфат кислотани нейтраллашга 80 дан 100% гача меъёрадаги оҳактош қўлланилганда худди кимёвий тоза кальций карбонат ишлатилгандагига ўхшаш натижаларга эришилади [22].

Ўтказилган тадқиқотлар Марказий Қизилқум фосфоритлари асосидаги ЭФКни экстракцион бўтқага кальций оҳактош қўшиш йўли билан бир пайтнинг ўзида фторсизлантириш ва сульфатсизлантиришнинг принципиал жиҳатдан амалга ошириш мумкинлигини кўрсатди. Оҳактошнинг мақбул меъёри СаО ҳисобида кальций фторид ҳосил бўлишига 100-120%, кальций сульфат ҳосил бўлишига 100% ни ташкил этади. Бунда сульфатлар микдори 1,21% дан 0,28-0,29% гача, фтор 1,18% дан 0,21-0,28% гача камаяди, экстракциялашда фторнинг газ фазасига ўтиш даражаси 5,1% дан 4,4-4,6% гача камаяди, фосфогипсга ўтиш даражаси эса 41,3% дан 82,4-85,2% гача ортади. Маҳсулот сифатида олинadиган ЭФКни фторсизланиш даражаси 76,6-82,4% ни, сульфатсизланиш даражаси 76,3-77,1% ни ташкил этади.

Таркибида кальций ва магнийфосфатлари бўлган юқори сифатли фторсизланган фосфорли оддий ўғит олиш мақсадида экстракция жараёнида оҳактош ёрдамида фтор ва сульфатлардан тозаланган ЭФК маҳсулоти ва уни буғлатилишидан олинган концентрланган кислотани табиий оҳактош хомашёси билан нейтраллаш жараёни ўрганилди.

Фосфат кислотани экстракциялаш жараёнида фтор ва сульфат қўшимчаларидан тозаланган маҳсулот кислотаси ҳамда уни буғлатиш орқали олинган концентрланган кислотани кальций монофосфат ва магний монофосфат ҳосил бўлишига мувофиқ келадиган стехиометрик меъёрадаги оҳактош билан pH = 2,8-3,5 гача нейтраллаш жараёни амалга оширилди. Олинган бўтқа 30-35% H₂O бўлгунча буғлатилди (концентрланмаган ЭФК ишлатилганда) ва 100-105°C ҳароратда қуритилди.

Нейтраллаш жараёнининг технологик кўрсаткичлари, олинган оралиқ ва тайёр маҳсулотларнинг кимёвий таркиблари 2- ва 3-жадвалларда келтирилган.

2-жадвал

ЭФКни оҳактош хомашёси билан нейтраллаш технологик кўрсаткичлари ҳамда олинган оралиқ ва тайёр маҳсулотларнинг кимёвий таркиби

Т/р	Кўрсаткичлар	Кимёвий таркиби, %					
		Фосфат бўтқаси			Қуритилган кальций-магний фосфатли ўғит		
1.	СаО бўйича оҳактошнинг стехиометрик меъёри, %:						
	экстракция босқичида F бўйича	-	100	120	-	100	120
	экстракция босқичида SO ₃ бўйича	-	100	100	-	100	100
	нейтраллаш босқичида ЭФК учун	100	100	100	100	100	100

2.	P ₂ O ₅ умумий	16,35	16,86	17,07	48,56	49,56	49,84
3.	P ₂ O ₅ ўзлашадиган	16,26	16,30	16,78	48,29	47,90	48,97
4.	P ₂ O ₅ сувда эрийдиган	14,82	15,38	15,90	44,06	45,11	46,29
5.	CaO умумий	7,77	6,84	6,80	23,08	20,10	19,85
6.	MgO умумий	0,63	0,83	0,77	1,87	2,44	2,25
7.	R ₂ O ₃ умумий	0,67	0,68	0,69	1,99	2,00	2,01
8.	SO ₃ умумий	1,15	0,27	0,24	3,42	0,82	0,70
9.	F умумий	1,06	0,26	0,22	2,99	0,75	0,63
10.	H ₂ O	66,97	67,08	66,95	1,89	3,26	3,51
11.	(P ₂ O ₅ _{ўзл.} :P ₂ O ₅ _{умум.})x100, %	99,45	96,68	98,30	99,44	96,65	98,25
12.	(P ₂ O ₅ _{с.э.} :P ₂ O ₅ _{умум.})x100, %	90,64	91,22	93,15	90,73	91,02	92,88

3-жадвал

**Концентрланган ЭФКни табиий оҳактош хомашёси билан нейтраллаш
жараёнининг технологик кўрсаткичлари ҳамда олинган оралик ва тайёр
маҳсулотларнинг кимёвий таркиби**

Т/р	Кўрсаткичлар	Кимёвий таркиби, %	
		Фосфат бўтқаси	Куритилган кальций- магний фосфатли ўғит
1.	P ₂ O ₅ умумий	32,98	50,95
2.	P ₂ O ₅ ўзлашадиган	32,55	50,31
3.	P ₂ O ₅ сувда эрийдиган	30,79	47,58
4.	CaO умумий	10,92	16,67
5.	MgO умумий	1,56	2,41
6.	R ₂ O ₃ умумий	1,30	2,01
7.	SO ₃ умумий	0,56	0,87
8.	F умумий	0,13	0,19
9.	H ₂ O	37,18	2,95
10.	(P ₂ O ₅ _{ўзл.} :P ₂ O ₅ _{умум.})x100, %	98,70	98,74
11.	(P ₂ O ₅ _{с.э.} :P ₂ O ₅ _{умум.})x100, %	93,36	93,39
12.	Умумий фторсизланиш даражаси, %	96,57	96,76

Фосфат кислотани экстракциялаш босқичида фтор ва сульфатлардан тозаланмаган ЭФКни оҳактош билан нейтраллаш натижасида олинган фосфат бўтқасида сульфатлар (SO₃) миқдори 1,18% ни, фтор миқдори 1,09% ни ташкил этиб, бошланғич фосфорит хомашёсига нисбатан фторсизланиш даражаси 43,83% ни ташкил этади.

Экстракцион бўтқани 100% ва 120% стехиометрик меъёрдаги кальций карбонат билан фтор ва сульфатлардан тозалаш йўли билан олинган ЭФКни монокальций ва мономагнийфосфатлари ҳосил бўлишига 100% стехиометрик меъёрдаги оҳактош хомашёси билан нейтралланганда ҳосил бўладиган бўтқа таркибидаги SO₃ миқдори мос ҳолда 0,27% ва 0,24% ни, F миқдори эса 0,26% ва 0,22% ни ташкил қилади (2-жадвал). Бўтқадаги (P₂O₅_{ўзл.}:P₂O₅_{умум.})x100 нисбати 96,68-98,30% ни, (P₂O₅_{с.э.}:P₂O₅_{умум.})x100 нисбати эса 91,22-93,15% ни ташкил этади.

Бўтқаларни таркибида 30-35% H₂O қолгунча буғлатилди, донадорланади ва 100-105^oC ҳароратда куритилганда тозаланмаган ЭФКдан олинган маҳсулотга нисбатан сульфатлар миқдори 3,42% дан 0,70-0,82% гача, фтор миқдори эса 1,06% дан 0,63-0,75% гача камайиши ҳисобига фтор ва сульфатлардан тозаланган ЭФК асосида олинган маҳсулотлардаги P₂O₅_{умум.} миқдори 48,56% дан 49,56-49,84% гача, P₂O₅_{ўзл.} миқдори 48,23% дан 47,90-48,97% гача, P₂O₅_{с.э.} миқдори 44,06% дан 45,11-46,29% гача ортади. Бунинг натижасида ўғитдаги фтор миқдори 4-4,8 марта, яъни 2,99% дан 0,63-0,75% гача камаяди,

натижада маҳсулотнинг фторсизланиш даражаси 75,4-79,5% га етади. Олинган маҳсулотлардаги кальций миқдори 19,85-20,10%, магний миқдори эса 2,25-2,44% бўлиб, $(P_2O_{5\text{ўзл.}}:P_2O_{5\text{умум.}}) \times 100$ нисбати 96,65-98,25% ни, $(P_2O_{5\text{с.э.}}:P_2O_{5\text{умум.}}) \times 100$ нисбати эса 91,02-92,88% ни ташкил этади. Экстракция боскичида ишлатилган фосфатли хомашёга нисбатан олинган кальций ва магний фосфатли маҳсулотларнинг фторсизланиш даражаси 86,8-89,0% ни ташкил қилади.

Маҳсулотлар таркибидаги фтор миқдорини янада камайтириш, ишлаб чиқаришда ҳосил бўладиган эритма ва суспензияларни буғлатишдаги иссиқлик энергияси ҳаражатларини камайтириш мақсадида карбонатли хомашёнинг мақбул меъёрида (фторни боғлаш учун – 120%, эркин H_2SO_4 ни боғлаш учун – 100%) фтор ва сульфат қўшимчаларидан тозаланган ва таркибида (оғ. %): $P_2O_5 = 17,37$; $CaO = 1,43$; $MgO = 0,69$; $SO_3 = 0,28$; $R_2O_3 = 0,67$; $F = 0,21$ бўлган кислотани буғлатиш йўли билан таркибида (оғ. %): $P_2O_5 = 35,08$; $CaO = 2,88$; $MgO = 1,49$; $SO_3 = 0,58$; $R_2O_3 = 1,35$; $F = 0,15$ бўлган концентранган ЭФК ҳосил қилинди. Бунда экстракцион фосфат кислотанинг фторсизланиш даражаси 93,8% га етади.

Концентранган ЭФКни монокальций ва мономагнийфосфатлари ҳосил бўлишига 100% стехиометрик меъёрдаги кальций карбонат хомашёси билан нейтралланганда ҳосил бўладиган бўтқа таркибидаги SO_3 миқдори мос ҳолда 0,56% ни, F миқдори эса 0,13% ни ташкил қилади (3-жадвал). Бўтқадаги $(P_2O_{5\text{ўзл.}}:P_2O_{5\text{умум.}}) \times 100$ нисбати 98,70% ни, $(P_2O_{5\text{с.э.}}:P_2O_{5\text{умум.}}) \times 100$ нисбати эса 93,36% ни ташкил этади.



1-расм. Марказий Қизилқумнинг ювиб куйдирилган фосфатли концентратидан (ЮКФК) юқори сифатли фосфорли ўғит ишлаб чиқариш моддий оқим блок-схемаси.

Бўтқани донаторланади ва 100-105°C ҳароратда қуритилганда маҳсулотдаги $P_2O_{5\text{умум.}}$ миқдори 50,95% гача, $P_2O_{5\text{ўзл.}}$ миқдори 50,31% гача, $P_2O_{5\text{с.э.}}$ миқдори 47,58% гача етади. Бунинг натижасида экстракция боскичида ишлатилган фосфатли хомашёга нисбатан олинган кальций ва магний фосфатли маҳсулотларнинг фторсизланиш даражаси 96,76% ни ташкил қилади. Олинган маҳсулотлардаги кальций миқдори 16,67%, магний миқдори эса 2,41% бўлиб, $(P_2O_{5\text{ўзл.}}:P_2O_{5\text{умум.}}) \times 100$ нисбати 98,74% ни, $(P_2O_{5\text{с.э.}}:P_2O_{5\text{умум.}}) \times 100$ нисбати эса 93,39% ни ташкил этади. Экстракцион фосфат кислотани оҳактош хомашёси билан нейтраллашдан олдин 35% P_2O_5 гача буғлатиш, буғлатилган кислотани таркибида кальций ва магний фосфатлари бўлган фосфорли ўғитларга қайта ишлаш натижасида биринчидан, суспензияни буғлатиш ҳаражатларига нисбатан энергоресурсларни тежаш, иккинчидан маҳсулотдаги фтор миқдорини камайтиришга эришилади.

1-расмда Марказий Қизилқумнинг ювиб куйдирилган фосфатли концентратидан (ЮКФК) юқори сифатли фосфорли ўғит ишлаб чиқариш моддий оқим блок-схемаси кўрсатилган.

ХУЛОСА.

Шундай қилиб, ўтказилган тадқиқотлар фосфат кислотани экстракциялаш жараёнида сульфат-фосфат кислотали бўтқага стехиометрик меъёрга нисбатан сульфатлар учун 100% ва фтор учун 120% таркибида кальций бўлган реагент (оҳактош) қўшиш йўли билан Марказий

Қизилкум фосфоритлари асосидаги экстракцион фосфат кислотани бир пайтнинг ўзида фторсизлаш ва сульфатсизлаш мумкинлигини кўрсатди. Фтор ва сульфатлардан тозаланган ЭФК монокальций ва мономagneзийфосфатлари ҳосил бўлишига 100% стехиометрик меъёрадаги табиий оҳактош хомашёси билан нейтраллаш орқали таркиби кўшалок суперфосфатга ўхшаш юқори сифатли концентранган фосфорли оддий ўғитлар олиш мумкин бўлади. Экстракцион фосфат кислотани оҳактош хомашёси билан нейтраллашдан олдин 35% P_2O_5 гача буғлатиш ва буғлатилган кислотани таркибида кальций ва магнезий фосфатлари бўлган фосфорли ўғитларга қайта ишлаш натижасида биринчидан, суспензияни буғлатиш харажатларига нисбатан энергоресурсларни тежаш, иккинчидан маҳсулотдаги фтор миқдорини кескин (0,19% гача) камайтиришга эришилади.

Адабиётлар

- [1]. Васяев Г.В., Шевченко Т.П. О содержании фтора в урожае // Записи Ленинградского с-х. ин-та. – Л.: Изд-во ЛСХИ, 1974. – Т. 218. – С.10-18.
- [2]. Халитов А.Х., Розин В.И. О необходимости исключения фтора из состава минеральных удобрений / В кн. Интенсификация сельскохозяйственного производства и проблемы защиты окружающей среды. – М.: Наука, 1980. – 296 с.
- [3]. Ангелов А.И. Мировое производство и потребление фосфатного сырья / А.И. Ангелов, Б.В. Левин, П.В. Классен // Горный журнал. – Москва, 2003. – № 4-5. – С. 6-11.
- [4]. Хужамкулов С.З., Меликулова Г.Э., Мирмусаева К.С., Мирсаидов М.Х., Мирзакулов Х.Ч. Исследование процессов получения кремнефторида натрия из экстракционной фосфорной кислоты на основе фосфоритов Центральных Кызылкумов // Химическая технология. Контроль и управление. – Ташкент: ТГТУ, 2016. – № 1(67). – С. 34-40.
- [5]. World Fertilizer trends and Outlook to 2018. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome, FAO, 2015, 55 p. ISBN 978-92-5-108692-6.
- [6]. Зайцев В.А., Родин В.И. Влияние фтора на организм животных // Журн. ВХО им. Д.И. Менделеева, 1979. – Т. 24. – № 1. – С.42-47.
- [7]. Кочетков С.П., Смирнов Н.Н., Ильин А.И. Концентрирование и очистка экстракционной фосфорной кислоты / ГОУВПО Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2007. – 308 с.
- [8]. Усербаева Д., Тоиров З.К., Эркаев А.У., Каипбергенов А.Т. Обессульфачивание и очистка от примесей экстракционной фосфорной кислоты из фосфоритов Центральных Кызылкумов // Химия и химическая технология. – Ташкент: ТХТИ, 2010. – № 2. – С.2-4.
- [9]. Хужамкулов С.З., Асамов Д.Д., Бардин С.В., Мирзакулов Х.Ч. Обесфторивание экстракционной фосфорной кислоты солями натрия // Кимё ва кимё технологияси. 2008. № 2. С. 16-19
- [10]. Shamshidinov I. T., Mirzakulov Kh.Ch., Mamurov B. A. Processing of magnesium-containing phosphorites for extraction phosphoric acid // Universum: Technical Sciences: electronic scientific journal, 2017. № 2(35). – Pp. 84-88.
- [11]. Арифджанова К.С., Хужамкулов С.З., Нормуродов Б.А., Шамаев Б.Э., Мирзакулов Х.Ч. Обессульфачивание экстракционной фосфорной кислоты из фосфоритов Центральных Кызылкумов необогащенным фосфатным сырьем. Журнал «Кимёвий технология. Назорат ва бошқарув». ТГТУ, 2016. №3. С. 32-39
- [12]. Кодирова Г.К., Шамшидинов И.Т., Тураев З., Нажмиддинов Р.Ю. Исследование процесса получения высококачественных фосфатов аммония из экстрактной фосфатной кислоты на основе фосфоритов Центрального Кызылкума // Universum: Технические науки: электрон. научн. журн. 2020. – № 12(81). – С. 71-75.
- [13]. Gulnoza Kodirova, Boxodir Sultonov, Rikhsitilla Najmiddinov, Bakhodir Mamurov. Investigation of the Process of Purification of Wet-Process Phosphoric Acid and Production of Concentrated Phosphoric Fertilizers Based on it // Chemical Science International Journal. 30(1): 1-10, 2021; Article no.CSIJ.66045
- [14]. Шамшидинов, И. Т. (2017). Разработка усовершенствованной технологии производства экстракционной фосфорной кислоты и получения концентрированных фосфорсодержащих удобрений из фосфоритов Каратау и Центральных Кызылкумов. Дисс.... докт. техн. наук, Ташкент.
- [15]. Najmiddinov R., Shamshidinov I., Kodirova G., Tursunov L. Obtaining High-Quality Calcium and Magnesium-Containing Phosphoric Fertilizers Based on Purified of Wet Process Phosphoric Acid // International journal of special education. Vol.37, No.3, 2022. Pp. 9079-9090.

QURITISH BARABANIDA MATERIALNING NASADKADAN TUSHISH VAQTI

A.A. Axunbayev, G.Sh. G'aniyeva

Farg'ona politexnika instituti,

e-mail: a.axunboyev@ferpi.uz, ORCID:0000-0001-6764-3690

(Qabul qilindi 26.09.2023 y.)

Maqolada materiallarni quritish barabanidagi harakatlanish jarayonidagi ko'rsatkichlari: materialni apparat nasadkasidan tushish vaqti va tushish balandligi, materialni barabanda aylanish siklini aniqlash bo'yicha tenglamalar tavsiya qilingan.

Kalit so'zlar: quritish barabani, tushish vaqti, tushish balandligi, o'rtacha bo'lish vaqti, yuklanish darajasi.

В статье даны уравнения характеризующие показатели движения материалов в процессе перемещения в сушильном барабане: время и высота спуска материала из насадки аппарата, уравнения для определения цикла вращения материала в барабане.

Ключевые слова: сушильный барабан, время сбрасывания, высота сбрасывания, среднее время пребывания, уровень загрузки.

The article presents the equations characterizing the indicators of the movement of materials during movement in the drying drum: the time and height of the descent of the material from the nozzle of the apparatus, the equations for determining the rotation cycle of the material in the drum.

Keywords: drying drum, dumping time, dumping height, average residence time, loading level.

Kirish

Hozirda ishlab chiqarish korxonalarida keng qo'llaniladigan quritish barabanlarining boshqa apparatlardan afzalligi: ularning konstruktiv soddaligi, boshqarish osonligi va nisbatan orzonligidir. Quritish apparati gorizontga nisbatan qiya joylashgan bo'lib, quritilayotgan mahsulot uning bir uchidan yuklanib, ikkinchi uchida chiqariladi. Jarayon uchun zarur bo'lgan issiqlik miqdori qarama-qarshi yoki paralel yo'naltirilgan issiq agent yordamida beriladi. Quritiluvchi moddani isituvchi havo bilan kontaktini yaxshilash uchun silindrik baraban ichiga nasadkalar joylashtirilgan. Baraban aylanganda maxsulot zarralarini nasadkalar baraban ichki devori bo'yicha yuqoriga olib chiqadilar va ma'lum balandlikdan qattiq zarralar yomg'iri sifatida issiq havo oqimi ichiga sochib beriladi. Issiqlik almashinuvi jarayonining asosiy qismi shu qattiq zarralarning issiq havo oqimi ichidan o'tish davrida konvektiv usulda amalga oshiriladi[1-2]. Shuning uchun, nasadkalar materialni qanchalar darajada tekkis va baraban ko'ndalang kesim yuzasi bo'yicha ravon sochib berishi va zarrachalarning issiq havo oqimida bo'lish vaqti tadqiq qilinayotgan quritish jarayoning intensivligini belgilab beradi [3].

Tadqiqotchilar tomonidan, quritilayotgan zarrachalarning issiq havo oqimida bo'lish vaqti aylanuvchi baraban ichidagi material harakati nasadka konstruksiyasi va barabanning ish rejimidagi parametrlariga bog'liq ekanligi ta'kidlangan. Materialning baraban ichidagi harakati juda murakkab bo'lib, zarra nasadkaning o'zida sirpanib, dumalab aralashib xarakatlansa, nasadkadan sochilganda zarralar bir biri bilan urilib va xarakatlanayotgan havo oqimi bilan to'qnashish oqibatida notekis harakat qiladi. Bundan so'ng nasadkadan sochilib tushayotgan zarralar baraban ostida dumalab aralashib harakatlanayotgan material qatlami bilan to'qnashadi [4].

Zarrachalarning nasadkadan baraban tagiga tushish vaqti, ya'ni issiq havo oqimida bo'lish vaqtini modellashtirish uchun tadqiqotchilar turli modellarni taklif qilishgan. Masalan, V.A.Yunin havo qarshiligini hisobga olinmagan xolda zarraning tushish vaqtini aniqlash uchun quyidagi tenglamani taklif qilgan [5]:

$$\tau_{\text{tush}} = \sqrt{\frac{2(H-l)}{g}} = \sqrt{\frac{2}{g} \left(2R \sin \frac{\beta}{2} - l_1 \right)} \quad (1)$$

Baraban nasadkasining uchidan uning pastki qismidagi material qatlamgacha bo'lgan masofa zarrachalarning tushish balandligi bo'lib, 1-rasmda ko'rsatilganidek, bu masofa nasadkaningning burchak holatiga bog'liq bo'ladi.

Material zarrachalari nasadkaning turli burchak pozitsiyalaridan tushganligi sababli, tushish uzunliklari xar xil bo'ladi. Zarrachalar qatlami uchun nasadka uchidan tushish balandligini quyidagi tenglama bilan topish mumkin:

$$Y_q = \frac{Y_0 + \sqrt{R^2 - X_0^2}}{\cos \alpha} \quad (2)$$

Bu yerda: α - quritgichning qiyaligi, R_0 - nasadka uchining aylanish radiusi, R -baraban radiusi va mos ravishda $X_0 = R_0 \cos(\theta)$, $Y_0 = R_0 \sin(\theta)$.

Nasadka uchidan baraban tagiga o'rtacha uzunligi quritgichning konstruksiyasi, nasadka turlari, shuningdek zarrachalarning xususiyatlari bilan belgilanadi va P. G. GLIKIN taklif qilingan tenglama bilan hisoblanishi mumkin [6]:

$$Y_q = \frac{D_0}{V(0) \cos \alpha} \int_0^{V(0)} \sin(\theta) dV \quad (3)$$

Bu yerda: D_0 -quritgichning samarali diametri, ya'ni nasadkaning uchi bilan hosil qilingan doiraning diametri, $V=L \times S$ -bu nasadkadagi materialning hajmi.

Quritgichdagi zarrachalarning tushishining o'rtacha uzunligini hisoblashning yana bir usulini KELLI taklif qilgan tenglamadan foydalanadi:

$$\bar{Y}_q = \frac{k' D_0}{H_R \cos \alpha} \quad (4)$$

Tenglamadagi k' koeffitsienti nasadka geometriyasi va modda parametrlariga bog'liq bo'lib, tajribalar natijasida $k'=0,57 \div 0,91$ oraliqda aniqlangan.

Bizning o'tkazgan tajribalarimizda materialning nasadkadan tushish burchagi va tushish uzunligi nasadkadagi material miqdoriga ham bog'liqligini ko'rsatdi. Nasadka material bilan ortiqcha to'ldirilganda materialning sochilish burchagi kichik qiymatlarda boshlanib, nasadka materialdan to'liq bo'shagunicha

davom etadi. Aksincha, material bilan kam to'ldirilganda materialning sochilish burchagi katta qiymatlarda boshlanib, nasadka materialdan to'liq bo'shagunicha davom etadi. Shuning uchun, material sochilishining o'rtacha burchak qiymatining taxminiy qiymati quyidagi tenglama bilan aniqlaymiz:

$$\bar{\theta} = \frac{\int_0^{V(0)} (\theta) dV}{V(0)} \quad (5)$$

Bu xolda, erkin tushish traektoriyasi bo'yicha harakatlanayotgan zarrachaning tushish vaqtini quyidagi tenglama bilan hisoblash mumkin:

$$t_q = \sqrt{\frac{2Y_q}{g}} \quad (6)$$

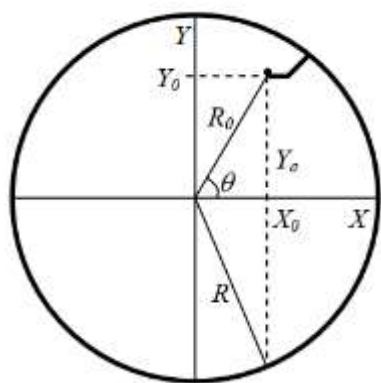
va o'rtacha tushish vaqti quyidagi tenglama bilan hisoblaymiz:

$$\bar{t}_q = \sqrt{\frac{2\bar{Y}_q}{g}} \quad (6)$$

Zarrachani o'rtacha tushish tezligini quyidagi tenglama bilan hisoblaymiz:

$$\bar{v}_q = \sqrt{\frac{g\bar{Y}_q}{2}} \quad (7)$$

Nasadkaning uchidan tushgan zarrachalarning bisib o'tgan masofava vaqti hisoblash uchun



1-rasm. Nasadka uchidan tushayotgan zarrachalarning o'rtacha balandligi sxemasi.

yuqoridagi keltirilgan tenglama bilan farq qiladi. Buning sababi, bu tenglamalarda oqimlar yo'nalishi, zarrachalarga ta'sir qiluvchi havo qarshiligini hisobga olinmaydi.

Quritgich orqali zarrachalarning oldinga siljishi ketma-ket kaskad sikllari orqali sodir bo'ladi, bu yerda zarrachaning ma'lum bir sikldagi har bir harakati uning baraban uzunligi bo'ylab harakatlanishiga olib keladi va har bir sikldagi bu masofa quritgichning konstruksiyasi va ish sharoitlariga bog'liq bo'ladi. Zarracha barabanda cheksiz ko'p yo'llar bilan harakatlaganligi sababli, zarracha harakatini tahlilini o'rtacha qiymatlar uchun olamiz. Har bir sikl vaqtini materialni o'rtacha tushish burchagidantushgan yo'li bo'yicha hisoblaganda, quritgichning ichki aylanasi uzunligini baraban aylanish tezligiga nisbatini bilan o'rtacha tushish vaqti yig'indisiga teng deb olamiz. Bu holda, materialning har bir siklda bo'lishining o'rtacha vaqtni quyidagi tenglama bilan hisoblaymiz:

$$t_y = \frac{\pi R + \bar{\theta} R}{N_R} + \bar{t}_q \quad (8)$$

Baraban quritgichlarini loyihalashda apparatni yuqlash darajasini optimal diapazonnini aniqlash muhim hisoblanadi. Ko'pchilik tadqiqotchilarning va injener texnik xodimlarning tavsiyasiga ko'ra barabanning yuklanish darajasi 10-15% belgilanadi. Bundan tashqari, zarrachalar baraban ichida bo'lish vaqtni ham aniqlash kerak. Shu maqsadda adabiyotda baraban quritgich ichidagi zarrachalarning siljishi modelini tavsiflash va zarrachalarning o'rtacha yashash vaqtini bashorat qilish uchun tenglamalarni taklif qilish uchun bir nechta tadqiqotlar nashr etilgan.

Aylanadigan quritgichda nam material va issiq gaz o'rtasida massa almashinuvi jarayonidan tashqari, ushbu material barabanning bir uchidan ikkinchi uchiga harakatlanib, apparat material tashuvchisi sifatida ham xizmat qiladi. Aylanadigan quritgichdagi zarrachalarni harakatini tahlil qilganimizda bu baraban ichidagi harakatlarning murakkab kombinatsiyasi sifatida ko'ramiz. Materialning issiq havo bilan kontakti asosan zarrachalar havo oqimiga sohib berilgan vaqtida yuz beradi. Kolgan, 90-95% vaqt zarrachalar baraban ostki qismida yoki nasadkalarida zich qatlam sifatida joylashadi va issiq havo bilan deyarli ta'sirlanmaydi. Zarrachaning xarakati asosan 4 xarakat xolatining birida bo'ladi (2-rasm).

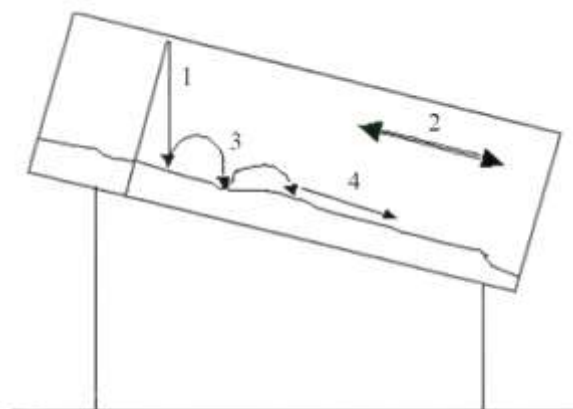
Bu xarakatlar:

- 1) Quritgich qiyaligi ta'sirida gravitatsion xarakat,
- 2) Nasadkadan tushayotgan zarrachaga havo oqimining ta'siri,
- 3) Zarrachalarning bir biri bilan to'qnashib xarakatlanishi,
- 4) Zarachaning baraban aylanishi tufayli baraban bo'yicha harakatlanishi.

Oqimni modellastirishda havo fazasidagi tezlik parallel gaz oqimi uchun (1) va (2) yig'indisiga va ular orasidagi qarama-qarshi oqim uchun ularning farqga teng. Zich fazadagi materialning tezligi (3) va (4) birikmasidan iborat. Oxirgi ikkita komponentni nazariy jihatdan hisoblash juda murakkab va shuning uchun har bir turdagi material uchun eksperimental ravishda olinadi.

Yuqoridagilarni umumlashtirgan holda ko'ramizki, barabanli quritgichda materiallarni quritishni intensivlash, barabanli quritgich nasadkalaridan tushayotgan material pardasining yuzasiga bog'liq. Bunda material bilan to'ldirish unumdorligi, barabanning qiyalik burchagi, uning aylanish tezligi va qurituvchi agent tezligini tanlashni e'tiborga olish zarur.

Quritilayotgan materialni apparatda bo'lish vaqtini aniqlash va buning asosida quritish jarayoning umumiy hisoblash uchun yuqorida keltirilgan tenglamalardan foydalanish mumkin.



2-rasm. Quritgich ichidagi zarrachalar harakatining sxemasi.

Adabiyotlar

- [1]. Kemp, I. C., Comparison of Particles Motion Correlations For Cascading Rotary Dryers, Proceedings of the 14th International Drying Symposium (IDS), São Paulo, Brazil, B, 790-797 (2004).
- [2]. Тожиев Р.Ж., Ахунбаев А.А., Миршарипов Р.Х. Анализ процесса сушки минеральных удобрений в барабанном аппарате // Universum: технические науки. 2021. №8-1 (89). URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-protsess-sushki-mineralnyh-udobreniy-v-barabannom-apparate>.
- [3]. 3. Ахунбаев А.А. Куритиш барабанида материалнинг ҳаракат параметрлари. Науч.-техн. Журнал ФерПИ Фергана 2022 Том 26. №2, 92-99 стр.
- [4]. Алтухов А.В. Методология совершенствования и расчета барабанных сушильных агрегатов. Дисс.... д.т.н.- Шымкент.: 1999. 298 с.
- [5]. Юнин В.А., Захаров А.М., Кузнецов Н.Н., & Зыков А.В. (2020). Процесс сушки измельченного растительного материала в барабанной сушилке. Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: наука и высшее профессиональное образование, (1 (57)), 335-349.
- [6]. GLIKIN, P. G. "Transport of Solids Through Flighted Rotation Drums". Trans IchemE, v 56,p. 120-126, 1978.

V - СИМОН НАСАДКА БИЛАН ЖИҲОЗЛАНГАН БАРАБАНЛИ ҚУРИТГИЧ ГИДРОДИНАМИКАСИ

Н.Р. Ражабова

*Фаргона политехника институти
(Қабул қилинди [24.10.2023](#) й.)*

Мақолада материалларга термик ишлов бериш орқали қуритиш жараёни ва унда қўлланиладиган қурилмаларнинг тахлили, жараёндаги мавжуд муаммолар ва уларнинг мақбул ечимлари тахлил қилинган. Тахлиллар асосида материалларни қуритиш жараёнини интенсификациялаш ва иссиқлик алмашишни юзаларни кўпайтириш мақсади белгиланган ҳамда иссиқлик алмашишни юзаларини ҳосил қилувчи насадканинг v-симон конструкцияси кўрсатилган. Барабанли қуритгичнинг гидродинамик режимлари тадқиқ қилинган. Қурилманинг умумий гидравлик қаршилиги ва контакт элементнинг қаршилиқ коэффициентини аниқловчи тенглама тавсия этилган.

Таянч сўзлар: *контактли, конвектив, барабанли қуритгич, v-симон насадка, контакт элемент, гидравлик қаршилиқ, гидродинамик режим, контакт юза, иссиқлик алмашиши.*

В статье анализируется процесс сушки материалов термической обработкой и анализ используемых в нем устройств, существующие проблемы в процессе и их оптимальные решения. На основе анализа определена цель интенсификации процесса сушки материалов и увеличения поверхностей теплообмена, а также показана конструкция v-образной насадки, образующего поверхности теплообмена. Изучены гидродинамические режимы барабанной сушилки. Рекомендуется уравнение, определяющее общее гидравлическое сопротивление устройства и коэффициент сопротивления контактного элемента.

Ключевые слова: *контакт, конвекция, барабанная сушилка, v –образная насадка, контактный элемент, гидравлическое сопротивление, гидродинамический режим, контактная поверхность, теплообмен.*

The article analyzes the process of drying materials by thermal treatment and the analysis of the devices used in it, the existing problems in the process and their optimal solutions. Based on the analysis, the purpose of intensifying the drying process of materials and increasing the heat exchange surfaces is determined, and the v-shaped construction of the nozzle forming the heat exchange surfaces is shown. The hydrodynamic regimes of the drum dryer were studied. The equation that determines the total hydraulic resistance of the device and the resistance coefficient of the contact element is recommended.

Key words: *contact, convective, drum dryer, v-shaped nozzle, contact element, hydraulic resistance, hydrodynamic regime, contact surface, heat exchange.*

Қириш:

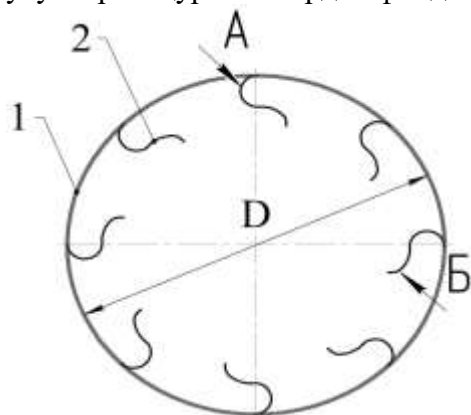
v-симон насадка билан жиҳозланган барабанли қуритгичда юзани тўлдириш самарадорлиги, гидравлик қаршилиги ва энергия сарфини назарий асослашда қуйидаги параметрлар аниқланади (1-расм).

- барабаннинг ишчи органларидаги гидравлик қаршилиқ коэффициентлари;

- барабаннинг гидравлик қаршилги;
- барабанли қуритгичда дисперс материалларни қуритиш тезлиги ва вақти;

Қурилиш материалларининг хом ашёларига термик ишлов бериб қуритиш технологияси энг кўп энергия талаб қиладиган жараёнлардан бири ҳисобланади. Бу жараёндан фойдаланиш тайёр маҳсулот сифатини белгилаш учун муҳимдир. Термик қуритиш харажатлари жараёнга ишлов беришда умумий қийматнинг 10 % ташкил этади [1;2;3 ва бошқалар]. Бундай шароитда юқори самарали, энергияни тежайдиган қуритиш режимларини аниқлаш ва қуритиш аппаратларида иссиқлик алмашилиш жараёнларини тадқиқ қилиш ҳамда оптималлаш долзарб масалалардан биридир.

Юқорида такидланганидек қуритиш жараёни материал намлиги, ўлчами, уларни барабанда ҳаракатланиш усули, қуритиш агенти билан материалнинг ҳаракат гидродинамикасига ва ички ҳамда ташқи муҳит параметрларига боғлиқ эканлиги маълум. Ушбу омилларнинг комбинатсияси қуритиш жараёнининг муҳитини белгилайди. Шу боис саноатда қуриладиغان материалнинг механик, физик ва кимёвий хоссаларига кўра турли усуллар ва қурилмалардан фойдаланилади.



1-расм. Таклиф этилаётган в-симон насадкани барабанга ўрнатиш схемаси. 1-барабан корпуси; 2- в-симон типдаги насадка.

долзарбдир.

Келтирилган омилларнинг мақбул параметрларини аниқлаш бўйича кўплаб илмий-тадқиқот ишлари олиб борилган [4]. Лекин қуритгичнинг гидравлик қаршилиги, иссиқлик алмашинувчи контакт элементи (насадкалар) ва иссиқлик алмашилиш жараёнларининг мақбул ва асосланган параметрларининг тўлиқ ечими ишлаб чиқилмаган.

Барабанли қуритгичда иссиқлик алмашинувининг икки (контакт ва конвектив) усуллари мавжуд. Лекин, қурилган материалга узатилган иссиқликнинг катта миқдори конвектив иссиқлик алмашинуви орқали амалга оширилади. Барабанли қуритгичда қуриладиغان материалга конвектив усул билан узатилаётган иссиқлик миқдори контакт усули билан узатилаётган иссиқлик миқдоридан 20 мартагача юқори бўлади. [3] Барабанли қуритгичда конвектив иссиқлик бериш интенсивлиги, ўз навбатида, зарралар юзасининг очилишига ва зарранинг медиан ўлчамига бевосита боғлиқ. Материал барабаннинг кўндаланг юзаси бўйлаб қанча кўп таралиб тарқалса, конвектив иссиқлик алмашинуви майдони шунча катта бўлади.

Шу соҳада ўтказилган илмий тадқиқот ишларидан маълумки қуриладиغان материал намлиги қуритгич ичига берилаётган иссиқлик агенти оқим режимига, барабаннинг айланишлар сонига, иссиқлик агенти хароратига ва қўлланилаётган насадга турига боғлиқ бўлади. Биз қўллаётган в симон насадка тури бўйича кўплаб илмий тадқиқот ишлари олиб борилган. Масалан, W.C.Саеман, М.Фертилизер, А.В.Алтухов, Ю.Ю.Михайлов, Р.Ж.Тожиев, Х.С. Нурмухаммедов, А.А. Ахунбаев, Р.Х. Миршариповларнинг ишлари барабанли қуритгичларда насадкаларнинг янги конструкциясини ишлаб чиқиш ва унинг параметрларини асослашга қаратилган. Шу сабабли улар томонидан олиб борилган тадқиқот

Юқорида таъкидланган усул ва қурилмаларнинг энг кўп тарқалган тури бу конвектив қуритиш усули бўлиб, бу жараёнда қўлланиладиган барабанли қуритгичлар конструкциясининг соддалиги, юқори иш унумдорлик ва универсаллиги билан алоҳида ўрин тутди. Шу сабабли ҳозирда ушбу қуритиш агрегатларидан халқ хўжалигининг турли тармоқларида фойдаланиш тенденцияси кенгайиб бормоқда. Масалан, қуритиш интенсивлигини таъминлаш, қуритиш учун сарфланадиган иссиқлик агентидан оқилona фойдаланиш, гидродинамик параметрларни мақбуллаш ва сарфланадиган энергия истеъмолини минималлаш каби бир мунча мураккаб жараёнлар хали такомиллашган эмас. Шу сабабли бу турдаги қурилмаларда мақбул параметрларини аниқлаш ва асослаш масалалари

ишларининг назарияларини ў симон насадканинг параметрларини назарий асослашда фойдаланиш мумкин .

Жумладан Р.Ж. Тожиев ва Р.Х. Миршариповлар томонидан олиб борилган тадқиқот ишида [5] барабанли қуритгич учун тавсия этилган икки қисмли ў симон насадка учун тавсия этилган ҳисоблаш усуллари текширилаётган конструкция учун мос келади.

Унга кўра барабанли қуритгичларда иссиқлик ташувчи агент қуритгич ичида ва каналларда ҳаракат қилганда гидравлик қаршиликка учрайди. Тадқиқ этилаётган ишда ишқаланиш $P_{ишқ}$, маҳаллий P_{max} , қуритгич насадкаларининг ишчи юзаларида $P_{иш}$ ва калориферда P_k . У ҳолда қурилманинг умумий гидравлик қаршилигини ΔP қуйидагича ёзиш мумкин бўлади, Па;

$$\Delta P = P_{ишқ} + P_{max} + P_k + P_{иш} \quad (1)$$

бунда $P_{ишқ}$ - қурилмада ҳаракатланаётган иссиқлик агенти оқимининг ишқаланиш кучи туфайли йўқотилган босими бўлиб, у қуйидаги тенглама орқали аниқланади, Па [6];

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

бунда l – қуритгичнинг узунлиги, м; λ - ишқаланиш қаршилиги коэффиценти бўлиб, у оқимнинг ҳаракат режимига боғлиқ бўлади ва уни Блазиус тенгламаси орқали аниқланади [6;7];

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

бу тенгламада Рейнолдс сони қуйидагига тенг бўлади;

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

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

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

бунда w - қуритувчи агентнинг тезлиги, м/с..

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

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

бунда V_c – қуритувчи агентнинг секундли ҳажмий сарфи, м³/с; ρ - ҳавонинг зичлиги.

У ҳолда (2) тенгламада математик амалларни бажарсақ қуйидаги кўринишга келади.

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

P_{max} - қуритгичдаги маҳаллий йўқотилган босим бўлиб, у қуйидаги тенглама бўйича аниқланади, Па;

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

P_k - калорифердаги йўқотилган босим бўлиб, Па. Уни аниқлашда қуритгичга танланадиган калорифер маркаси ҳисобга олинади ва гидравлик қаршилик қийматлари калориферни ҳисоблаш жадвалидан олинади.

$P_{ку}$ - қуритувчи агентнинг қурилма ишчи юзаларидаги йўқотилган босими бўлиб, у қуйидаги тенглама орқали аниқланади, Па;

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

бунда $\zeta_{\text{шо}}$ - ишчи юзанинг қаршилиқ коэффициенти бўлиб, бир неча факторларга боғлиқ. Уни аниқлаш мураккаб ва турли четга чиқишларни талаб этади. Тадқиқ этилаётган қуритгичда ишчи юзанинг қаршилиқ коэффициенти аниқлашни соддалаштириш мақсадида барабан юзасининг иссиқлик агентидан фойдаланилмаган юзасига нисбати бўйича аниқлаш тенгламасини киритамиз;

$$\zeta_{\text{шо}} = n \cdot \alpha \cdot \frac{S_{\delta}}{S_{\text{фю}}} \cdot z \quad (10)$$

бунда S_{δ} - барабаннинг кўндаланг кесими бўйича юзаси, m^2 ; $S_{\text{фю}}$ - қуритгичнинг иссиқлик агентидан фойдаланилмаган юзаси бўлиб, у танланган насадканинг конструкциясига, қуритгични тўлдириш юзасига ва ҳаракат схемасига боғлиқ ҳолда аниқланади. α - насадканинг махсулотни тўкиш қиялиги бурчаги; n -барабанли қуритгичдаги насадкалар сони. (9) тенгламадаги қаршилиқ коэффициенти $\zeta_{\text{шо}}$ ўрнига (10) тенгламани қўйсак, у ҳолда (9) тенглама қуйидаги кўринишга келади, P_{α} ;

$$P_{\text{шо}} = n \cdot \alpha \cdot z \cdot \frac{w^2 \cdot \rho \cdot S_{\delta}}{2 \cdot S_{\text{фю}}} \quad (11)$$

Олинган назарий натижалардан фойдаланиб (1) тенгламани қуйидагича ёзиш мумкин бўлади, P_{α} ;

$$\Delta P = \sqrt[4]{\frac{\mu}{w \cdot \rho \sqrt{0,785 \cdot w}}} \cdot \frac{l}{d} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2} + \zeta_{\text{мах}} \cdot \frac{w^2 \cdot \rho}{2} + P_k + n \cdot \alpha \cdot z \cdot \frac{w^2 \cdot \rho \cdot S_{\delta}}{2 \cdot S_{\text{фю}}} \quad (12)$$

Келтирилган (12) тенглама бўйича икки қисмли насадка билан жиҳозланган барабанли қуритгичнинг умумий гидравлик қаршилигини аниқлаш имконига эга бўламиз.

Адабиётлар

- [1]. Алтухов А.В. Методология совершенствования и расчета барабанных сушильных агрегатов: Автореф. дис. ... д-ра наук. - Шымкент, 1999. - 312 с.
- [2]. Романков П.Г., Фролов В.Ф. Массообменные процессы химической технологии. Л.: Химия, 1990, 388 с.
- [3]. Бапат, Д.Д. Повышение качества цемента с использованием современных процессов помола / Д. Д. Бапат // Цементи и его применение. -1999. -№2. –С. 8-10.
- [4]. Романков П.Г., Фролов В.Ф. Массообменные процессы химической технологии. Л.: Химия, 1990, 388 с.
- [5]. Тожиев Р.Ж., Садуллаев Х.М., Миршарипов Р.Х., Ражабова Н.Б. “Аэрофонтан усулида фосфор кукунини пуркаш орқали ўғит доналар сиртини қоплаш ва қуритиш технологияси”. ФарПИ. Илмий-техника журнали. 2018 йил 4-сон.
- [6]. Тожиев, Р. Ж., Ахунбаев, А. А., & Миршарипов, Р. Х., Ражабова Н.Р. (2018). Сушка тонкодисперсных материалов в безуносной роторно-барабанном аппарате. *Научно-технический журнал ФерПИ,- Фергана*, (2), 116-119.

ИССИҚЛИК АЛМАШИНУВИ БАЛАНСИ МУНОСАБАТЛАРИ АСОСИДА ҚУЁШ ҚУРИТГИЧИДАГИ ИССИҚЛИК АККУМУЛЯТОРНИ ОПТИМАЛЛАШТИРИШ

И.Л. Неъматов¹, Б.Е. Хайриддинов¹, Т.А. Файзиев²

¹Қарши давлат университети, ²Қарши муҳандислик институти
[vip.xayriddinov@mail.ru](mailto:vip xayriddinov@mail.ru) 93 423 83 84
 (Қабул қилинди 5.10.2023 й.)

В статье описаны результаты исследований интенсивной сушки теплоаккумулятора при характеристике теплового баланса, связанного со структурой, принципом работы и теплообменными процессами солнечной сушилки.

Ключевые слова: солнечная сушилка, аккумулятор тепла, оптимизация.

The article describes the results of studies of intensive drying of a heat accumulator while characterizing the heat balance associated with the structure, operating principle and heat exchange processes of a solar dryer.

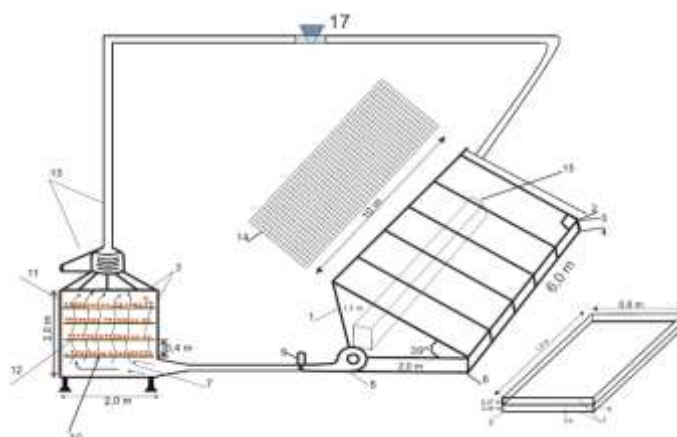
Keywords; solar dryer, heat accumulator, optimization.

Мақола қуёш қуритгичини тузилиши, ишлаш принципи ва иссиқлик алмашинув жараёнлари билан боғлиқ иссиқлик балансини характрлашда иссиқлик аккумуляторини интенсив қуритишга доир тадқиқотлар ўтказиш жараёнида натижалари ёритилган.

Таянч сўзлар; қуёш қуритгичи, иссиқлик аккумулятор, оптималлаштириш

Атроф-муҳитни температурасини тебраниш катталикларини ўзгариши сабабли қишлоқ хўжалик маҳсулотларини қуритиш қурилмасининг ички ҳавосини мўътадил температурада сақланишига эришиш учун сувли бак аккумулятор жойлаштириш ва оптималлаштиришни тадқиқ этиш долзарб масаладир. Ҳажмий ҳаво қиздиргич қуёш қуритгичи ичидаги ҳаво температурасини сувли бак иссиқлик аккумулятордан фойдаланиб мўътадиллик режимга эриши учун қуритгичнинг ўлчамларига, шаклига ва радиацион-конвектив иссиқлик алмашинув жараёнларига боғлиқ бўлади.

Шунингдек сувли бакнинг жойлашишига ундаги иссиқлик физикавий параметрларни ўзгаришига таъсир этувчи иссиқ ҳавонинг конвектив ҳаракатини тадқиқ этишни талаб этади. Мавжуд қуёш энергиясидан фойдаланиладиган қуритгичларда турли хил иссиқлик аккумуляторлардан фойдаланиш тизимларига нисбатан мувофиқлиги таққосланиб урганилган изланишларни натижалари келтирилган [1]. Қуёш энергиясидан қишлоқ хўжалик маҳсулотларини қуритишда фойдаланиб микроклим режимини яратишда



1-расм. Қуёш ҳажмий ҳаво қиздириш коллектор-камерали қуритгични тузилиши ва унда меваларни қуритиш усули.

иссиқлик аккумуляторларни самарали ишлашини таъминланиши муҳим рол ўйнайди. Ҳаво билан сувли бак иссиқлик аккумулятор орасида иссиқлик алмашинувини интенсивлигини такомиллаштириш учун сувли бак иссиқлик аккумуляторни томонларини қуёш томонга қаратилганлигини танлаш муҳимдир [2]. Сувли бак иссиқлик аккумуляторни ўлчамларини оптималлаштириш мақсадида тизимли экспериментал ва назарий ва тадқиқотлар олиб борилди. Сувли бак иссиқлик аккумуляторни иссиқликни аккумуляциялаш жараёнидаги радиацион ва иссиқлик режимлари экспериментал тадқиқотлар асосида ҳисобланди ва аккумулятор конструкцияси ишлаб чиқилди (1-расм).

1-Меваларни радиацион-конвектив усулда қуритишга мўлжалланган қуёш ҳажмий ҳаво қиздириш коллектори; 2-қуёш ҳажмий ҳаво- қиздириш коллекторига ташки ҳаво оқими кириш дарчаси; 3-Полиэтилен плёнка; 4-Ҳаво қиздириш коллекторини қорага бўялган таглиги; 5-Қуёш нур энергияси таъсирида қизиган ҳаво оқимини ҳажмий коллекторидан маҳсулот қуритиш камерасига ҳайдовчи вентилятор; 6-коллектор модули; 7-иссиқ ҳаво оқими тўлқинларини тақсимланиши; 8-ҳаво узатиш қувурлари; 9-ҳаво оқими температураси ва сарфини автоматик назорат қилувчи датчик; 10-қорага бўялган таглик; 11-иссиқлик сақловчи қатлам; 12-мевалар ёйилган стелаж-патнос; 13-Рекуператив жараённи бошқариш қурилмаси; 14-қуёш панели; 15-қуёш ҳажмий ҳаво қиздиргич коллекторида жойлаштирилган сувли бак иссиқлик аккумулятор; 15-маваларни конвектив усулда қуритиш камераси; 16-меваларни конвектив усулда қуритиш камераси; 17-Қуёш қуритгичида сояги (уруғсиз) узумларни қуритиш жараёнида камерада чикадиган ҳавони таркибидаги намликни ютиш хоссасига эга бўлган абсорбер.

Иссиқлик аккумуляторининг самарадорлигини аналитик ва экспериментал тадқиқот натижаларига мувофиқ аниқланиб шу асосда иссиқликни аккумуляциялаш жараёни

ўрганилди. Иссиқлик аккумуляторининг самарадор иш режимини характерловчи оптимал ўлчамини танлаш ва унинг юқори самарадорлик жараёнини ифодаловчи тенгламалардан фойдаланишни талаб этади [3,4,5]. Атроф-муҳит билан гелиокуритгич ичидаги ҳажмий ҳавонинг ўзаро таъсирлашиши ва сувли бак иссиқлик аккумулятор билан ҳам актив ўзаро таъсирлашиши натижасида иссиқлик ташувчи иссиқлик аккумуляторлар қалинлигини ошириш асосида эришиш мумкин. Сувли бак иссиқлик аккумулятор қалинлигини танлашда гелиокуритгич ичидаги ҳажмнинг ҳаво температура режими мўтадиллигини таъминланиши сутка давомийлиги асос қилиб олинди.

Адабиётлар

- [1]. Эльсебай А.А., Шалабы С.М Солнечная сушка сельскохозяйственных продуктов. // Обзоры возобновляемой и устойчивой энергетики. Обзор, 2012 с 37-43
- [2]. Mojol.O.O Solar drying of a crop in the conditions of low humidity. International Journal of Energy research. 1987. 11(3). p.333-342
- [3]. Ampratvum D.B., Dorvlo A.S Evaluation of the solar cabine dryer as an air heating system. Applied Energy 1987.11(3).p.63-71
- [4]. Хайриддинов Б.Э., Холмирзаев Н.С., Халимов Ф.Ф., Рисбаев А.С., Эргашев Ш.Х “Муқобил энергия манбаларидан фойдаланиш” (монография) Т.: “ADAD PLYUS” 2017. 417 б
- [5]. Умаров Г.Г., Мирзияев Ш.М., Юсупбеков О.Н. “Гелиосушилка сельхозпродуктов” Т: “Фан” 1995. 143 с.

СУҒУРТА ТАШКИЛОТЛАРИДА МОЛИЯВИЙ БАРҚАРОРЛИКНИ ВА СУҒУРТА БОЗОРИНИНГ ЎЗБЕКИСТОНДА ЎРНИ

Ш.Б. Хайриддинов¹, Б.Б. Холмуратов²

¹Қарши давлат университети,

²Муҳаммад ал-Хоразмий номидаги ТАТУ ҳузуридаги Қашқадарё ахборот технологиялар техникуми
vip.xayriddinov@mail.ru тел: 93 904 45 45
(Қабул қилинди 5.10.2023 й.)

Мақолада суғурта бозорининг мамлакатимиз молия тизимидаги ўрни ва ролини мустаҳкамлашга оид баъзи долзарб масалалар ёритилган.

Таянч сўзлар: суғурта, суғурта соҳаси, тўлов қобилияти, суғурта рискларини, тўловлар усули.

В данной статье освещены некоторые актуальные вопросы, касающиеся укрепления роли рынка страхования в финансовой системе страны.

Ключевые слова: страхование, страховая отрасль, платежеспособность, страховые риски, способ оплаты.

This article describes the position of insurance market in financial system and focuses on some problems belong to strengthening its role

Keywords: insurance, insurance industry, solvency, insurance risks, payment method.

Ўзбекистон суғурта бозорида фаолият олиб бораётган суғурта компанияларининг суғурта захираларини шакллантириш ва уларни жойлаштириш меъёрлари суғурталовчининг тўлов қобилиятига таъсир кўрсатади. Ўзбекистон республикасида фаолият юритаётган суғурта ташкилотлари жисмоний ва юридик шахслардан олган мажбуриятларини тўлиқ таъминлаш мақсадида тўлов қобилияти меъёрларига қатъий амал қилишлари шарт. Тўлов қобилияти таъминлашдаги меъёрлар қуйидагилардан иборат бўлади: 1) тўлов қобилияти маржасининг етарлилиги нормативи; 2) алоҳида таваккалчиликлар бўйича суғурталовчилар ва қайта суғурталовчилар мажбуриятларининг йўл қўйиладиган энг кўп миқдори; 3) суғурталовчилар (қайта суғурталовчилар) мажбуриятлари жамининг йўл қўйиладиган энг кўп миқдори. Тўлов қобилияти маржасининг етарлилиги нормативи тўлов

қобилияти маржасининг ҳақиқий миқдорини тўлов қобилияти маржасининг норматив миқдориға бўлган нисбатига тенг бўлиб, 1 дан кам бўлмаслиги шарт.

Суғурталашнинг умумий тармоғи билан шуғулланувчи ёки фақат қайта суғурта қилиш фаолиятини амалга оширадиган суғурталовчилар учун тўлов қобилияти маржасининг норматив миқдори бўлиб, қуйидаги учта миқдорнинг энг каттаси ҳисобланади: а) суғурта суғурталовчи учун белгиланган устав капиталининг энг кам миқдори; б) «мукофотлар усули» бўйича ҳисобланган миқдор; в) «тўловлар усули» бўйича ҳисобланган миқдор.

«Мукофотлар усули» бўйича миқдор умумий суғурта соҳаси учун тузатувчи коэффициентни ўтган ўн икки ой мобайнида барча суғурта ва қайта суғурта шартномалари бўйича ҳисобланган суғурта мукофотлари суммасидан, ушбу давр мобайнида тузилган суғурта ва қайта суғурта қилиш шартномаларининг бекор қилиниши муносабати билан суғурта қилдирувчиларга қайтарилган суғурта мукофотларини чегириб қолиб аниқланган миқдорнинг 20 фоизига кўпайтириш йўли билан ҳисоблаб чиқиб аниқланади. Суғурта умумий тармоғининг 11 ва 13 классларга бўйича ҳисобланган суғурта мукофотлари 50 фоизга ошириш йўли билан аниқланади.

«Тўловлар усули» бўйича миқдор, қуйидаги тартибда ҳисоблаб аниқланади: ўтган ўттиз олти ой мобайнида суғурта (қайта суғурта қилиш) шартномалари бўйича ҳисобланган суғурта товлари суммасининг 10 фоизини ташкил этувчи миқдорга кўпайтириш йўли билан ҳисоблаб аниқланади. Суғурта умумий тармоғининг 11 ва 13 классларга оид шартномалар бўйича суғурта товлари 50 фоизга оширилади; ҳисобот санасига хабар қилинган, лекин бартараф этилмаган зарарлар захирасининг 10 фоизини ташкил этувчи миқдорга кўпайтириш йўли билан ҳисоблаб аниқланади. Суғурта умумий

тармоғининг 11 ва 13 классларга оид суғурта ва қайта суғурта қилиш шартномалари бўйича хабар қилинган, лекин бартараф этилмаган зарарлар захираси 50 фоизга оширилади. Умумий суғурта соҳаси учун тузатувчи коэффициент ўтган ўттиз олти ой мобайнида ҳисобланган суғурта товларидан қайта суғурталовчиларнинг улушларини чегириб қолingan суммани ўтган ўттиз олти ой мобайнида ҳисобланган суғурта товлари суммасига нисбати сифатида ҳисобланади. Умумий суғурта соҳаси учун тузатувчи коэффициент 0,5 дан кам бўлиши мумкин эмас. Агар ҳисоб-китоб

натижасида аниқланган катталик 0,5 дан кам бўлса, ҳисоб-китобни амалга оширишда умумий суғурта соҳаси учун тузатувчи коэффициент сифатида 0,5 қабул қилинади.

Тўлов қобилияти маржасининг ҳақиқий миқдори суғурталовчи балансининг пассив қисмидаги ўз маблағлари манбаларининг суммасидан қуйидаги баланс моддаларининг суммасини айириб ташлаш орқали аниқланади: номоддий активлар (суғурта ташкилоти активларининг 10 фоизидан ошмаган миқдордаги суғурталовчининг ва асосий фаолияти учун харид қилинган дастурий таъминот бундан мустасно); таъсисчиларнинг устав капиталига қўшилган улушлари бўйича қарзи; мақсадли тушумлар ҳамда келгуси давр харажатлари ва тўловлари учун захиралар; таъсисчиларнинг устав капиталига қўшган улушлари доирасида тақсимлаш учун мўлжалланган фойданинг тақсимланмаган қисми; таъсисчиларга, акциядорларга ва ходимларга берилган қарзлар, шунингдек ушбу қарзлар бўйича жамғарилган фоизлар; дебитор шахсларнинг қарзлари; суғурта ёки қайта суғурта шартномаларида белгиланган тўлов санасидан уч ойдан кўп муддат мобайнида суғурта қилдирувчилар томонидан тўланмаган суғурта мукофотлари; берилган кафолатлар; солиқ ва бошқа мажбурий тўловлар бўйича дебиторлик қарзлар.

Суғурта ташкилотларининг жами мажбуриятлари миқдорининг ва алоҳида таваккалчиликлар бўйича мажбуриятлари миқдорининг йўл қўйиладиган энг кўп миқдори суғурта захиралари ва ўз маблағлари манбалари суммасининг 20 фоизидан ошмаслигини таъминлашлари керак.

Тўлов қобилиятини таъминлашни амалиётга татбиқ этиш долзарблиги нуктаи назардан қуйидаги ишларни амалга ошириш зарур:

- суғурталовчи ёки қайта суғурталовчи суғурта шартномалари шартларида

белгиланган суғурта ходисалари натижасида юз бериши мумкин бўлган энг юқори зарар кўришини поргнозлаш ва баҳолаш услубиётини такомиллаштириш

- суғурта рискларини аниқ поргнозлаш орқали суғурта заҳираларини

шакллантириш ва суғурта қопламалари суммасини поргнозлаштириш натижасида тўлов қобиляитининг аниқ ҳисоб-китобларни амалга ошириш орқали молиявий барқарорликни таъминлаш;

- суғурта қопламалари суммасини поргнозлаштириш натижасида суғурта

компаниялари учун тизимга солинган мажбуриятлар ҳажми, молиявий

таъминланганлиги, мажбуриятлардан бўш турган активларнинг таркиби ва баҳоси, уларни даромадга олиш ёки зарарга ўтказиш бўйича ҳисоб-китобларини ягона услубиётини ишлаб чиқиш ва уни ҳисоб сиёсатида акс эттириш зарур.

Хулоса қиладиган бўлсак, барча ижтимоий суғурта турларида ва юқорида кўрган барча мамлакатимизда ижтимоий нафақаларнинг тўланиши асосий қисми даромадини йўқотган фуқароларнинг ижтимоий таъминлашга йўналтирилганлигини кўриш мумкин. Лекин бунда ҳамма тизимлар ўз характерли хусусиятларига эга. Ижтимоий суғурта тизимини ташкил қиладиганда мамлакатдаги мавжуд иқтисодий вазиятни, халқнинг иқтисодий менталитетини инобатга олиш керак. Амалда қўлланиладиган молиявий-иқтисодий инфратузилманинг афзал томонларидан фойдаланиш мақсадга мувофиқ бўлади.

Адабиётлар

- [1]. O'zbekiston Respublikasining Prezidenti 2021-yil 23-noyabr, O'RQ-730-son Toshkent sh., (Qonunchilik ma'lumotlari milliy bazasi, 24.11.2021-y., 03/21/730/1089-son)
- [2]. 2021-yil 23-oktabr kuni O'zbekiston Respublikasi Prezidentining «Sug'urta bozorini raqamlashtirish va hayot sug'urtasi sohasini rivojlantirish bo'yicha qo'shimcha chora-tadbirlar to'g'risida»gi PQ-5265-qarori qabul qilindi
- [3]. Ўзбекистон Республикаси 358-II-сонли «Суғурта фаолияти тўғрисида» қонуни 2002 йил 5 апрел.
- [4]. 2017-2021-yillarda O'zbekiston Respublikasi rivojlanishining beshta ustuvor yo'nalishlari bo'yicha harakatlar strategiyasi
- [5]. "Ish beruvchiining fuqarolik javobgarligini majburiy sug'urta qilish to'g'risida" O'zbekiston Respublikasi Qonuni. O'zbekiston Respublikasi qonun hujjatlari to'plami. – T.: Adliya vazirligi, 2009. – 16-son.
- [6]. Sug'urta ishi–Kenjayev I. G'. Ochilov I. K. Shennayev X. M. Shirinov S. E.–Суғурта иши–Кенжаев И. Г. Очиллов И. К. шеннаев Х. М. ширинов С. Е.
- [7]. Т. С. Маликов, Н. Х. Ҳайдаров, МОЛИЯ: умумдавлат молияси, Ўқув қўлланма. – Т: IQTISOD-MOLIYA, 2009, 426-бет

1. “Фарғона политехника институти Илмий – техника журналы” (“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 оралик** 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 борича сонлар ёки ҳарфлар кўринишида берилиши ва улар мақола саҳифасида ёки чизмага иловада тушунтирилиши лозим. Мақолада чизмалар сони **4 тагача**, қисқа хабарларда эса **2 тагача** рухсат этилади.

5. Мурожаат қилинган адабиётлар рўйхати мақола охирида қуйидаги тартибда келтирилади: муаллифнинг фамилияси, исми, шарифи, китоб (журнал)нинг номи, нашриёт (китоблар учун) йили, журнал номери, саҳифа (журнал учун). Мақола саҳифаларида адабиётларга илова рақам билан тартибли равишда квадрат қавс ичида (масалан [7] кўринишида) берилади.

6. Мақолани тайёрлашга ўта синчковлик ва ўткир диққат билан ёндошиш тавсия этилади. У илмий ва грамматик жиҳатдан юқори даражада талабчанлик билан илмий мақола мақомида таҳрирланган бўлиши лозим: саёз мазмундаги, ғализ ва узундан-узоқ жумлаларни ишлатмаслик; мақоланинг илмий йўналишига, шу куннинг ечилмаган ва долзарб муаммоларига баҳо берилиши; ишнинг асосий мақсади, қўйиладиган масалалар ва уларни ечиш услублари, олинган янги илмий натижалар ва уларнинг таҳлили ҳамда аниқ хулосалар 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 ФарПИ 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
Мусахҳих
Мусахҳих
Компьютерда саҳифаловчи

Н.Х. Юлдашев
А.Ш. Нигматуллина
Д.Х. Мамажонова
С.Э. Йўлдашева

Таҳририят манзили:
150107. Фарғона шаҳри, Фарғона кўчаси, 86 уй.
Телефон: 241-13-54.
Факс: 241-12-06.
Бизнинг сайт: <http://www.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: 22.02.2024 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.