



PRINT ISSN 2181-9637
ONLINE ISSN 2181-4317

ILM-FAN VA INNOVATION RIVOJLANISH

НАУКА И ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ

SCIENCE AND INNOVATIVE DEVELOPMENT

VOLUME 7 | ISSUE 5 | SEPTEMBER – OCTOBER 2024



TOSHKENT – 2024



**O'ZBEKISTON
RESPUBLIKASI
OLIY TA'LIM, FAN VA
INNOVATSIYALAR
VAZIRLIGI**

Muassis:

**Innovatsion
rivojlanish agentligi
huzuridagi
Ilmiy-texnik axborot
markazi**

**"ILM-FAN VA
INNOVATSION
RIVOJLANISH"
ilmiy-texnikaviy jurnal**

7-jild / 5-2024

**Jurnal 2018-yildan
nashr etilmoqda**

Jurnal O'zbekiston
Matbuot va axborot
agentligida
2018-yil 28-mayda
davriy nashrlar uchun
belgilangan 0974
raqami bilan
ro'yxatga olingan.

Ushbu nashr
O'zbekiston
Respublikasi
Oliy attestatsiya
komissiyasining
texnika fanlari
bo'yicha chop etishga
tavsiya qilingan
ilmiy nashrlar ro'yxatiga
kiritilgan.

Direktor:
S.J. Nazirov

Bosh muharrir:
H.R. Saloyeva

Muharrirlar:
F.A. Muhammadiyeva
Y.A. Yarmolik
M. Kamalova

TAHRIR KENGASHI RAISI

Sharipov Kongratbay Avezimbetovich,
tex. f. d., prof., O'zbekiston Respublikasi
Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vaziri

TAHRIR KENGASHI A'ZOLARI

Salimov Oqil Umurzoqovich,
tex. f. d., prof., akademik,
Iste'dodli yoshlarni qo'llab-quvvatlash
"Ulug'bek" jamg'armasi rahbari

Karimov Komiljon Hamidovich,
s. f. n. (PhD), Toshkent shahridagi Xalqaro
Vestminster universiteti rektori

Turdikulova Shaxloxon O'tkurovna,
b. f. d., prof., O'zbekiston Respublikasi Fanlar
Akademiyasi vitse-prezidenti

Rajabbayev Sharof Raximberdiyevich,
i. f. n., O'zbekiston Respublikasi
Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi
Innovatsion rivojlanish agentligi direktori

Musayev Jahongir Payazovich,
p. f. d., prof., O'zbekiston Respublikasi
Oliy ta'lim, fan va innovatsiyalar vazirligi
Ilm-fan va innovatsion faoliyatni rivojlantirish
boshqarmasi boshlig'i o'rinbosari

TAHRIR HAY'ATI A'ZOLARI

O'zbekistonlik ekspertlar

Sagdullayev Shomansur Shoxsaidovich,
tex. f. d., prof., akademik O'zR FA O'simlik
moddalar kimyosi instituti direktori

Majidov Inomjon Urushevich,
tex. f. d., prof., O'zbekiston Milliy universiteti
rektori

Turaxodjayev Nodir Djaxangirovich,
tex. f. d., prof., Toshkent davlat texnika
universiteti "Quymakorlik texnologiyalari"
kafedrasida mudiri

Jumaniyazov Kadam,
tex. f. d., prof., "Paxtasanoat ilmiy markazi" AJ
bosh direktorining ilmiy ishlar va innovatsiya
bo'yicha birinchi o'rinbosari

Matyakubova Paraxat Mayliyevna, tex. f. d.,
prof., Toshkent davlat texnika universiteti
"Metrologiya, texnik jihatdan tartibga solish,
standartlashtirish va sertifikatlashtirish"
kafedrasida mudiri

Toirov Olimjon Zuvurovich,
tex. f. d., prof., Toshkent davlat texnika
universiteti "Elektr mashinalari" kafedrasida
mudiri

Axatov Akmal Rustamovich,
tex. f. d., prof., Sh. Rashidov nomidagi
Samarqand davlat universiteti xalqaro
hamkorlik bo'yicha prorektor

Jumayeva Dilnoza Jo'rayevna,
tex. f. d., prof., O'zR FA Umumiy va noorganik
kimyo instituti bosh ilmiy xodimi

Matkarimov Soxibjon Turdaliyevich,
tex. f. d., prof., O'zbekiston-Yaponiya yoshlar
innovatsiya markazi "Konchilik ishi va mineral
xomashyo resurslarini chuqur qayta ishlash"
laboratoriyasi mudiri

Axmedov Jaxongir Adxamovich,
tex. f. d., Toshkent to'qimachilik va yengil
sanoat instituti "Ipak texnologiyasi" kafedrasida
professori

Qayumov Jo'ramirza Abdirammatovich,
tex. f. d., prof., Samarqand davlat arxitektura-
qurilish universiteti rektor maslahatchisi

Primova Xolida Anorboyevna
tex. f. d., Muhammad al-Xorazmiy nomidagi
Toshkent axborot texnologiyalari universiteti
Samarqand filiali "Axborot texnologiyalari"
kafedrasida professori

Xorijiy ekspertlar

Murzin Dmitriy Yuryevich,
k. f. d., prof., Abo Akademiyasi universiteti
(Finlyandiya)

Parmon Valentin Nikolayevich,
k. f. d., prof., Rossiya Fanlar akademiyasining
Sibir filiali raisi

Axmetova Irina Gareyevna,
tex. f. d., prof., "Qozon davlat energetika
universiteti", Rivojlanish va innovatsiyalar
bo'yicha prorektori (Rossiya)

Nikolayeva Larisa Andreyevna, t. f. d.,
prof. "Qozon davlat energetika universiteti"
"Muhandislik ekologiyasi va mehnat
xavfsizligi" kafedrasida mudiri
(Rossiya)

Yusupov Ziyodulla Erkinovich,
tex. f. d., prof., Karabuk universiteti professori
(Turkiya)

Riklin Dmitriy Borisovich, tex. f. d., prof.,
Vitebsk davlat texnologiya universitetining
"To'qimachilik materiallari texnologiyasi"
kafedrasida mudiri (Belarus)

Kuznetsova Tatyana Fedorovna, k. f. n.,
dotsent, Belarus Milliy fanlar akademiyasi
Umumiy va noorganik kimyo instituti
"Adsorbentlar va adsorbsion jarayonlar"
laboratoriyasi mudiri

Hafeezulloh Memon,
tex. f. f. d. (PhD), Zhejiang fan-texnika
universiteti (Xitoy)

MUNDARIJA

05.01.08 – TEXNOLOGIK JARAYONLAR VA ISHLAB CHIQUARISHLARNI AVTOMATLASHTIRISH VA BOSHQARISH

Rejabov Sarvar Abdurasulovich, Usmonov Botir Shukurillayevich, Usmanov Komil Isroilovich, Artikov Asqar Asqarovich

Noqat'iy mantiq asosida bilvosita quyosh quritgichlarining harorat dinamikasini bashorat qilish 8

05.02.02 – MEXANIZMLAR VA MASHINALAR NAZARIYASI. MASHINASHUNOSLIK VA MASHINA DETALLARI

Shaxobutdinov Rustam Erkinbayevich, Karimova Anorgul Ruzimovna, Nosirov To'liq Narzulla o'g'li Maydalovchi po'lat zoldirlar ishlab chiqarishda ko'p kirimli zoldir prokatlash

valoklaridan foydalanish 19

05.02.03 – TEXNOLOGIK MASHINALAR, ROBOTLAR, MEXATRONIKA VA ROBOTOTEXNIKA TIZIMLARI

Qirg'izov Madyor O'ktamali o'g'li, Raximov Fayzullo Xusanboy o'g'li, Muradov Rustam Muradovich Paxta tozalash qurilmasining samarali ishlashini ta'minlovchi optimal parametrlarni

aniqlash 30

05.05.06 – QAYTA TIKLANADIGAN ENERGIYA TURLARI ASOSIDAGI ENERGIYA QURILMALARI

Umarov Sardor Fotixovich

Tut ipak qurti pillasi g'umbagini jonsizlantiruvchi quyosh qurilmasi ichidagi harorat va namlik rejimlarining tajribaviy tadqiqotlari 41

05.05.08 – ELEKTRONIKA

Hamzayev Dilshod Inomdjonovich

RFID texnologiyasi tizimi ishlash masofasiga muhitning namlik va harorat ta'sirini o'rganish 54

05.06.02 – TO'QIMACHILIK MATERIALLARI TEXNOLOGIYASI VA XOMASHYOGA DASTLABKI ISHLOV BERISH

Saloxiddinova Maxliyo Nurmuxammad qizi, Qosimov Axtam Akramovich

Paxtani tashishda havodan ajratish jarayoni eksperimentlarini rejalashtirish va optimallashtirish 70

05.06.04 – TIKUVCHILIK BUYUMLARI TEXNOLOGIYASI VA KOSTYUM DIZAYNI

Norboyeva Gulasal Narzullayevna

Avtomobil sanoati ishchilari uchun yangi assortimentdagi maxsus kiyim loyihalashda tavsiyalar ishlab chiqish 85

Orziqulova Gavharxon Sultonmurod qizi, Rasulova Mastura Kabilovna

Bolalar ortopedik moslashuvchan kiyimi uchun qo'llanadigan materiallarning xususiyatlari tadqiqini ekspert baholash 94

05.09.07 – GIDRAVLIKA VA MUHANDISLIK GIDROLOGIYASI

Arifjanov Aybek Muxamedjanovich, Samiyev Luqmon Nayimovich, Xoshimov Sardorbek Ne'matjon o'g'li, Ulashov Qudratilla Chori o'g'li

Suv ombori drenajlarida dala tadqiqotlari olib borish 103



**МИНИСТЕРСТВО
ВЫСШЕГО
ОБРАЗОВАНИЯ,
НАУКИ И
ИННОВАЦИЙ
РЕСПУБЛИКИ
УЗБЕКИСТАН**

Учредитель:

**Центр
научно-технической
информации при
Агентстве
инновационного
развития**

**Научно-технический
журнал «НАУКА И
ИННОВАЦИОННОЕ
РАЗВИТИЕ»**

Том 7 / 5-2024

**Журнал издаётся с
2018 года.**

Журнал зарегистрирован в Агентстве печати и информации Узбекистана 28 мая 2018 года под номером 0974 для периодических изданий.

Данное издание включено в список научных изданий, рекомендованных к публикации по техническим наукам ВАК Республики Узбекистан.

Директор:
С.Ж. Назиров

Главный редактор:
Х.Р. Салоева

Редакторы:
Ф.А. Мухаммадиева
Е.А. Ярмолик
М. Камалова

**ПРЕДСЕДАТЕЛЬ РЕДАКЦИОННОГО
СОВЕТА**

Шарипов Конгратбай Аvezимбетович, д. т. н., проф., Министр высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан

**ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОГО
СОВЕТА**

Салимов Окил Умурзокович, д. т. н., проф., академик, руководитель Фонда поддержки одарённой молодёжи «Улугбек»

Каримов Комилжон Хамидович, к. п. н. (PhD), ректор Международного Вестминстерского университета в Ташкенте

Турдикулова Шахлохон Уткуровна, д. б. н., проф., вице-президент Академии наук Республики Узбекистан

Ражаббаев Шароф Рахимбердиевич, к. э. н., директор Агентства инновационного развития Министерства высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан

Мусаев Жахонгир Паязович, д. п. н., проф., заместитель начальника управления науки и инновационного развития Министерства высшего образования, науки и инноваций Республики Узбекистан

ЧЛЕНЫ РЕДКОЛЛЕГИИ

Эксперты из Узбекистана

Сагдуллаев Шомансур Шохсаидович, д. т. н., проф., академик, директор Института химии растительных веществ АН Республики Узбекистан

Тураходжаев Нодир Жахонгирович, д. т. н., проф., заведующий кафедрой «Литейные технологии» Ташкентского государственного технического университета

Жуманиязов Кадам, д. т. н., проф., первый заместитель генерального директора по научной работе и инновациям АО «Научный центр хлопковой промышленности»

Матякубова Парахат Майлиевна, д. т. н., проф., заведующая кафедрой «Метрология, техническое регулирование, стандартизация и сертификация» Ташкентского государственного технического университета

Тоиров Олимжон Зувурович, д. т. н., проф., заведующий кафедрой «Электрические машины» Ташкентского государственного технического университета

Ахатов Акмал Рустамович, д. т. н., проф., проректор по международному сотрудничеству Самаркандского государственного университета им. Ш. Рашидова

Жумаева Дилноза Жураевна, д. т. н., проф., главный научный сотрудник Института общей и неорганической химии АН Республики Узбекистан

Маткаримов Сохибжон Турдалиевич, д. т. н., проф., заведующий лабораторией «Горное дело и глубокая переработка минерально-сырьевых ресурсов» Узбекско-Японского инновационного центра молодёжи

Ахмедов Жахонгир Адхамович, д. т. н., проф. кафедры «Технология шёлка» Ташкентского института текстильной и лёгкой промышленности

Каюмов Журамирза Абдирамович, д. т. н., проф., советник ректора Самаркандского государственного архитектурно-строительного университета

Примова Холида Анорбоевна, д. т. н., проф. кафедры «Информационные технологии» Самаркандского филиала Ташкентского университета информационных технологий им. Мухаммада ал-Хорезми.

Иностранные эксперты

Мурзин Дмитрий Юрьевич, д. х. н., проф., заведующий лабораторией промышленной химии и реакционной техники химико-технологического факультета Университета Або Академии, Турку (Финляндия)

Пармон Валентин Николаевич, д. х. н., проф., председатель Сибирского отделения РАН (Россия)

Ахметова Ирина Гареевна, д. т. н., проф., проректор по развитию и инновациям ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (Россия)

Николаева Лариса Андреевна, д. т. н., проф., заведующая кафедрой «Инженерная экология и безопасность труда» ФГБОУ ВО «Казанский государственный энергетический университет» (Россия)

Юсупов Зиёдулла Эркинович, д. т. н., проф., Карабулукский университет (Турция)

Рыклин Дмитрий Борисович, д. т. н., проф., заведующий кафедрой «Технология текстильных материалов» Витебского государственного технологического университета (Беларусь)

Кузнецова Татьяна Фёдоровна, к. х. н., доцент, заведующая лабораторией адсорбентов и адсорбционных процессов Института общей и неорганической химии НАН Беларуси

Hafeezulloh Memon, д. ф. т. н. (PhD), Чжэцзянский научно-технический университет (Китай)

СОДЕРЖАНИЕ

05.01.08 – АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ И ПРОИЗВОДСТВАМИ

Режабов Сарвар Абдурасулович, Усмонов Ботир Шукуриллаевич, Усманов Комил Исроилович, Артиков Аскар Аскарович

Прогнозирование динамики температуры косвенных солнечных сушилок на основе нечёткой логики 8

05.02.02 – ТЕОРИЯ МЕХАНИЗМОВ И МАШИН. МАШИНОВЕДЕНИЕ И ДЕТАЛИ МАШИН

Шахобутдинов Рустам Эркинбаевич, Каримова Аноргул Рузимовна, Носиров Тулкин Нарзулла угли

Применение многозаходных шаропрокатных валков при производстве стальных помольных шаров 19

05.02.03 – ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ МАШИНЫ. РОБОТЫ, МЕХАТРОНИКА И РОБОТОТЕХНИЧЕСКИЕ СИСТЕМЫ

Киргизов Мадёр Уктамали угли, Рахимов Файзулло Хусанбой угли, Мурадов Рустам Мурадович

Определение оптимальных параметров, обеспечивающих эффективную работу хлопкоочистителя 30

05.05.06 – ЭНЕРГОУСТАНОВКИ НА ОСНОВЕ ВОЗОБНОВЛЯЕМЫХ ВИДОВ ЭНЕРГИИ

Умаров Сардор Фотихович

Экспериментальные исследования температурного и влажностного режима внутри солнечного устройства для замаривания коконов тутового шелкопряда 41

05.05.08 – ЭЛЕКТРОНИКА

Хамзаев Дилшод Иномджонович

Исследование влияния влажности и температуры окружающей среды на дальность действия системы RFID-технологий 54

05.06.02 – ТЕХНОЛОГИЯ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ПЕРВИЧНАЯ ОБРАБОТКА СЫРЬЯ

Салохиддинова Махлиё Нурмухаммад кизи, Косимов Ахтам Акрамович

Планирование и оптимизация экспериментов по процессу воздухоотделения при транспортировке хлопка 70

05.06.04 – ТЕХНОЛОГИЯ ШВЕЙНЫХ ИЗДЕЛИЙ И ДИЗАЙН КОСТЮМА

Норбоева Гуласал Нарзуллаевна

Разработка рекомендаций по конструированию спецодежды нового ассортимента для работников автомобильной промышленности 85

Орзикулова Гавхархон Султанмурод кизи, Расулова Мастура Кабиловна

Экспертная оценка исследования свойств материалов, применяемых для адаптивной ортопедической детской одежды 94

05.09.07 – ГИДРАВЛИКА И ИНЖЕНЕРНАЯ ГИДРОЛОГИЯ

Арифжанов Айбек Мухамеджанович, Самиев Лукмон Найимович, Хошимов Сардорбек Неъматжон угли, Улашов Кудратилла Чори угли

Проведение полевых исследований дренажа водохранилища 103



**MINISTRY OF
HIGHER EDUCATION,
SCIENCE AND
INNOVATIONS OF
THE REPUBLIC
OF UZBEKISTAN**

Founder:

**Center for Scientific
and Technical
Information under
the Agency
for Innovative
Development**

**Scientific and
technical journal
"SCIENCE AND
INNOVATIVE
DEVELOPMENT"**

Volume 7 / 5-2024

**The journal has been
being published since
2018**

The journal was
registered with the
Press and Information
Agency of Uzbekistan
on May 28, 2018,
under No. 0974 for
periodicals.

The publication is on
the list of scientific
editions recommended
for publication in
technical sciences
by Higher Attestation
Commission of the
Republic of Uzbekistan.

Direktor:
S.J. Nazirov

Editor in chief:
Kh.R. Saloeva

Editors:
F.A. Muhammadiyeva
E.A. Yarmolik
M. Kamalova

CHAIRMAN OF THE EDITORIAL BOARD

Sharipov Kongratbay Avezimbetovich,
DSc (Tech), Professor, Minister of Higher
Education, Science and Innovation
of the Republic of Uzbekistan

EDITORIAL BOARD MEMBERS

Salimov Okil Umurzokovich,
DSc (Tech), Professor, Academician, Head of
"Ulugbek" Foundation for Support of Talented
Youth

Karimov Komiljon Khamidovich,
PhD (Pedagogy), Rector of Westminster
International University in Tashkent

Turdikulova Shakhlohon Utkurovna,
DSc (Biology), Professor, Vice-President of
the Academy of Sciences of the Republic of
Uzbekistan

Rajabbaev Sharof Rakhimberdievich,
PhD (Economy), Director of the Agency for
Innovative Development of the Ministry of Higher
Education, Science and Innovations
of the Republic of Uzbekistan

Musaev Jakhongir Payazovich,
DSc (Pedagogy), Professor, Deputy Head
of the Department of Science and Innovative
Development of the Ministry of Higher Education,
Science and Innovations of the Republic
of Uzbekistan

Experts from Uzbekistan

Sagdullaev Shomansur Shokhsaidovich,
DSc (Tech), Professor, Academician, Director of
the Institute of the Chemistry of Plant Substances,
Academy of Sciences of the Republic of
Uzbekistan

Turakhodjaev Nodir Jakhongirovich,
DSc (Tech), Professor, Head of the Foundry
Technologies Department of the Tashkent State
Technical University

Jumaniyazov Kadam,
DSc (Tech), Professor, First Deputy General
Director for Research and Innovations, Scientific
Center of Cotton Industry JSC

Matyakubova Parakhat Maylievna,
DSc (Tech), Professor, Head of the Department of
Metrology, Technical Regulation, Standardization
and Certification of Tashkent State Technical
University

Toirov Olimjon Zuvurovich,
DSc (Tech), Professor, Head of the Department of
"Electrical Machines" of Tashkent State Technical
University

Akhatov Akmal Rustamovich,
DSc (Tech), Professor, Vice-Rector for International
Cooperation affairs, Samarkand State University
named after Sh. Rashidov.

Jumaeva Dilnoza Juraevna,
DSc (Tech), Professor, Chief Scientific Associate
of the Institute of General and Inorganic Chemistry,
Academy of Sciences of the Republic of
Uzbekistan

Matkarimov Sokhibjon Turdalievich,
DSc (Tech), Professor, Head of Laboratory "Mining
and Deep Processing of Mineral Resources"
Uzbek-Japan Innovation Center of Youth

Akhmedov Jakhongir Adkhamovich,
DSc (Tech), Professor, Department "Silk
Technology" of Tashkent Institute of Textile and
Light Industry

Kayumov Juramirza Abdirammatovich,
DSc (Tech), Professor, Advisor to the Rector of
Samarkand State University of Architecture and
Construction

Primova Kholida Anorboevna
DSc (Tech), Professor, Department of Information
Technology Samarkand Branch of the University
of Tashkent Information Technologies named after
Muhammad al-Khwarizmi.

Foreign experts

Murzin Dmitry Yurievich,
DSc (Chemistry), Professor, Head of the
Laboratory of Industrial Chemistry and Reaction
Technology at the Faculty of Chemical Technology,
Abo Academy University, Turku (Finland)

Parmon Valentin Nikolaevich,
DSc (Chemistry), Professor, Chairman of the
Siberian Branch of the Russian Academy of
Sciences

Akhmetova Irina Gareevna,
DSc (Tech), Professor, Vice-Rector for
Development and Innovations, Kazan State Power
Engineering University (Russia)

Nikolaeva Larisa Andreevna,
DSc (Tech), Professor, Head of the Department
"Engineering Ecology and Labor Safety", Kazan
State Power Engineering University (Russia)

Yusupov Ziyodulla Erkinovich,
DSc (Tech), Professor, Karabuk University (Turkey)

Ryklin Dmitry Borisovich,
DSc (Tech), Professor, Head of the Department
"Technology of Textile Materials", Vitebsk State
Technological University (Belarus)

Kuznetsova Tatyana Fedorovna,
PhD (Chemistry), Associate Professor, Head of
the Laboratory of Adsorbents and Adsorption
Processes, Institute of General and Inorganic
Chemistry, National Academy of Sciences
of Belarus

Hafeezulloh Memon,
PhD (Tech), Zhejiang University of Science and
Technology (China)

CONTENTS

05.01.08 – AUTOMATION AND MANAGEMENT OF TECHNOLOGICAL PROCESSES AND PRODUCTION

Rejabov Sarvar Abdurasulovich, Usmonov Botir Shukurillaevich, Usmanov Komil Isroilovich, Artikov Askar Askarovich

Predicting temperature dynamics of indirect solar dryers based on fuzzy logic 8

05.02.02 – THEORY OF MECHANISMS AND MACHINES. THEORETICAL ENGINEERING AND MACHINE ELEMENTS

Shakhobutdinov Rustam Erkinbaevich, Karimova Anorgul Ruzimovna, Nosirov Tulkin Narzulla ugli

Application of multi-pass ball rolling rolls in manufacture of steel grinding balls 19

05.02.03 – TECHNOLOGICAL MACHINES. ROBOTS, MECHATRONICS AND ROBOTICS SYSTEMS

Kirgizov Madyor Uktamali ugli, Rakhimov Fayzullo Khusanboy ugli, Muradov Rustam Muradovich

Determination of optimal parameters ensuring efficient operation of a cotton ginner 30

05.05.06 – POWER-PLANTS ON THE BASIS OF RENEWABLE ENERGY

Umarov Sardor Fotikhovich

Experimental studies of temperature and humidity conditions inside the solar device for mulberry silkworm cocoons pickling 41

05.05.08 – ELECTRONICS

Khamzaev Dilshod Inomdjonovich

Study of the influence of humidity and ambient temperature on the range of the RFID technology system 54

05.06.02 – TECHNOLOGY OF TEXTILE MATERIALS AND INITIAL TREATMENT OF RAW MATERIALS

Salokhiddinova Mahliyo Nurmuhammad kizi, Kosimov Akhtam Akramovich

Planning and optimization of experiments on the process of air separation during cotton transportation 70

05.06.04 – TECHNOLOGY OF GARMENTS AND DESIGN OF SUIT

Norboeva Gulasal Narzullaevna

Development of recommendations on designing of new assortment of overalls for workers of automobile industry 85

Orzikulova Gavkharkhon Sultanmurod kizi, Rasulova Mastura Kabilovna

Expert evaluation of the study of the properties of materials used for adaptive orthopedic children's clothing 94

05.09.07 – HYDRAULICS AND ENGINEERING HYDROLOGY

Arifzhanov Aibek Mukhamedjanovich, Samiev Lukmon Nayimovich, Khoshimov Sardorbek Nematjon ugli, Ulashov Kudratilla Chori ugli

Field studies of reservoir drainage 103

UDC: 681.518.25(045)(575.1)
EDN: <https://elibrary.ru/giyvcp>

NOQAT'IY MANTIQ ASOSIDA BILVOSITA QUYOSH QURITGICHLARINING HARORAT DINAMIKASINI BASHORAT QILISH

Rejabov Sarvar Abdurasulovich¹, Usmonov Botir Shukurillayevich²,
Usmanov Komil Isroilovich³, Artikov Asqar Asqarovich⁴

¹tayanch doktorant
ORCID: 0000-0001-8491-4122
e-mail: sarvar.rejabov7790@gmail.com

²rektor
ORCID: 0000-0002-4654-9782
e-mail: rector@tkti.uz

³"Avtomatlashtirish va raqamli boshqaruv" kafedrası mudiri
ORCID: 0000-0002-6400-1200
e-mail: fuzzylogicrules@gmail.com

⁴professor
ORCID: 0009-0007-3874-7096
e-mail: a.artikov@tkti.uz

Toshkent kimyo-texnologiya instituti

Annotatsiya. O'zgaruvchan ob-havo sharoitida ishlaydigan bilvosita quyosh quritgichlarida mahsulotlarni quritish jarayoni murakkab nochiziqli tizim hisoblanadi. Ushbu turdagi quritgichlar samaradorligini aniqlash, tahlil qilish va kelgusidagi ish faoliyatini bashorat qilish uchun tizimni modellashtirish dolzarbdir. Modellashtirish quritish jarayonining murakkab dinamikasini hisobga olgan holda, optimallashtirishga yordam beradi. Quritish kamerasidagi haroratni bashorat qilish quritish jarayoni samaradorligini oshirish va mahsulot sifatini yaxshilashda muhim ahamiyat kasb etadi. Haroratni nazorat qilish mahsulotning namlik darajasini samarali kamaytirish bilan birga uning oziqaviy xususiyatlarini maksimal darajada saqlash imkonini beradi. Shu sababli harorat qiymatlarini oldindan aniq bashorat qilish quritish jarayonida mahsulot sifatini yaxshilash va jarayonni yanada samarali qilish uchun zaruriy shartdir. Ushbu maqolada turli ob-havo sharoitlari uchun o'rganilgan quritgichda bir qator eksperimental tajribalar o'tkazilib, uning statik va dinamik xususiyatlari o'rganildi. Tajriba natijalari asosida Mamdani usulidan foydalangan holda, tegishlilik funksiyalari shakllantirilgan va xulosa chiqarish mexanizmining qoidalar bazasi ishlab chiqilgan. Mamdani algoritmi modeli o'qitilganda, quyosh radiatsiyasi 700 W/m^2 va tashqi muhit harorat 46°C bo'lganda, quritish kamerasidagi harorat $50,9^\circ\text{C}$ hamda quyosh radiatsiyasi 750 W/m^2 ga tenglashganda, tashqi harorat 50°C atrofida bo'lganda, quritish kamerasidagi harorat 52°C ga teng bo'lishi aniq bashorat qilindi. Bu esa tajriba natijalari bilan to'liq mos keladi. Taklif etilayotgan modelning aniqligi o'rtacha kvadratik xatolik (RMSE) $0,38^\circ\text{C}$, o'rtacha kvadratik xatolik foizi (RMSE %) $0,82\%$ ekanligini ko'rsatdi. Bu usul orqali kelajakda quyosh quritgichlarining avtomatik rostdlash tizimlarini yaratish va quritish texnologiyalarini takomillashtirish imkoniyati oshadi.

Kalit so'zlar: quyosh radiatsiyasi, tabiiy konveksiyali quritgich, Mamdani algoritmi modeli, noqat'iy mantiq, modellashtirish, bashoratlash.

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ДИНАМИКИ ТЕМПЕРАТУРЫ КОСВЕННЫХ СОЛНЕЧНЫХ СУШИЛОК НА ОСНОВЕ НЕЧЁТКОЙ ЛОГИКИ

Режабов Сарвар Абдурасулович¹, Усмонов Ботир Шукуриллаевич²,
Усманов Комил Исроилович³, Артиков Аскар Аскарович⁴

¹базовый докторант

²ректор

³заведующий кафедрой
«Автоматизация и
цифровое управление»

⁴профессор

Ташкентский химико-
технологический институт

Аннотация. Процесс сушки продуктов в косвенных солнечных сушилках, работающих в условиях изменяющихся погодных условий, представляет собой сложную нелинейную систему. Моделирование таких систем имеет важное значение для определения их эффективности, анализа и прогнозирования работы сушилок в будущем. Моделирование помогает оптимизировать процесс сушки, учитывая сложную динамику системы. Прогнозирование динамики температуры в камере сушки играет важную роль в повышении эффективности процесса сушки и улучшении качества продукции. Контроль температуры позволяет максимально сохранить питательные свойства продукта, эффективно снижая уровень его влажности. По этой причине предварительное точное прогнозирование температурных значений является необходимым условием для улучшения качества продукта в процессе сушки и повышения эффективности процесса. В этой статье был проведён ряд экспериментов на косвенной сушилке для различных погодных условий,

изучены её статические и динамические свойства. На основе результатов эксперимента с использованием метода Мамдани были сформированы относительная функция и разработана база правил механизма вывода. При обучении модели по алгоритму Мамдани было точно спрогнозировано, что при солнечной радиации 700 W/m^2 и температуре окружающей среды 46°C температура в камере сушки составит $50,9^\circ\text{C}$, а при солнечной радиации 750 W/m^2 и температуре окружающей среды около 50°C температура в камере достигнет 52°C , что полностью соответствует экспериментальным данным. Точность предлагаемой модели показала, что среднеквадратичная ошибка (RMSE) составила $0,38^\circ\text{C}$, а процент среднеквадратичной ошибки (RMSE %) – $0,82\%$. Этот метод открывает возможности для создания автоматических систем регулирования в солнечных сушилках и совершенствования технологий сушки в будущем.

Ключевые слова: солнечное излучение, естественная конвекция сушилки, модель алгоритма Мамдани, нечёткая логика, моделирование, прогнозирование.

PREDICTING TEMPERATURE DYNAMICS OF INDIRECT SOLAR DRYERS BASED ON FUZZY LOGIC

Rejabov Sarvar Abdurasulovich¹, Usmonov Botir Shukurillaevich², Usmanov Komil Isroilovich³, Artikov Askar Askarovich⁴

¹Basic Doctoral Student

²Rector

³Head of Department of Automation and Digital Control

⁴Professor

Tashkent Institute of Chemical Technology

Abstract. The drying process in indirect solar dryers operating under changing weather conditions represents a complex nonlinear system. Modeling these types of dryers is essential for determining their efficiency, analyzing performance, and predicting future operations. Modeling helps optimize the drying process by accounting for the complex dynamics involved. Predicting the temperature in the drying chamber is considered crucial for improving the efficiency of the drying process and enhancing product quality. Temperature control enables effective reduction of product moisture while preserving its nutritional properties. Therefore, accurate forecasting of temperature values in advance is a required prerequisite for improving the quality of the product during the drying process and increasing its overall efficiency. In this article, a series of experimental tests were conducted on the dryer under various weather conditions, and its static and dynamic characteristics were examined. Based on the experimental findings, membership functions were formed using the Mamdani method, and a rule base for the inference mechanism was developed. When the Mamdani algorithm model was trained, it was accurately predicted that with solar radiation at 700 W/m^2 and ambient temperature at 46°C , the drying chamber temperature would be 50.9°C . Similarly, when solar radiation was 750 W/m^2 and the ambient temperature was around 50°C , the drying chamber temperature would reach 52°C , which fully corresponds to the experimental results. Accuracy of the proposed model demonstrated that the root mean square error (RMSE) was 0.38°C , and the percentage of the root mean square error (RMSE %) was 0.82% . This method paves the way for the future development of automatic control systems for solar dryers and further advancements in drying technologies.

Keywords: solar radiation, natural convection dryer, mamdani algorithm model, fuzzy logic, modeling, prediction.

Kelib tushgan/Получено/
Received: 25.09.2024

Qabul qilingan/Принято/
Accepted: 11.10.2024

Nashr etilgan/
Опубликовано/Published:
31.10.2024

Kirish

Oziq-ovqat mahsulotlari, jumladan, mevalar, dorivor o'simliklar va sabzavotlar turli xil vitaminlar va minerallarga juda boy bo'lib, ular inson ratsionining asosiy ozuqa manbai hisoblanadi. Ushbu mahsulotlarning ko'pchiligi taxminan 90% suvdan iborat bo'lib, bu ularning tez buzilishiga olib keladi va saqlashni murakkablashtiradi (Deng et al., 2021). Shuning uchun bunday mahsulotlarni uzoq muddatli saqlash uchun quritish texnologiyalari keng qo'llanadi. Quritish jarayoni mahsulotlardagi namlikni kamaytirish orqali ularning

saqlanish muddatini uzaytiradi va foydali xususiyatlarini saqlab qolishga yordam beradi. Shu sababli quritish texnologiyasi oziq-ovqat xavfsizligini ta'minlash va mahsulotlar sifatini yaxshilashda muhim rol o'ynaydi (Madhankumar et al., 2023).

Bugungi kunda quritilgan oziq-ovqat mahsulotlarining 80 %dan ortig'i rivojlanayotgan mamlakatlardagi kichik fermerlar tomonidan ishlab chiqariladi (López-Vidaña et al., 2013). Shu boisdan ushbu fermerlar, odatda, mustaqil energiya manbalariga asoslangan arzon va oson texnik xizmat ko'rsatishni talab qiluvchi qishloq xo'jaligi uskunalariga ehtiyoj sezadi. Yuqori namlikka ega mahsulotlarni quritish jarayoni ko'p miqdorda energiya iste'moli talab qilganligi sababli mavjud va arzon energiya manbalaridan foydalanish iqtisodiy jihatdan maqbul yechim sifatida ko'rilmogda. Bu yondashuv nafaqat energiya sarfini kamaytirish, balki ishlab chiqarish jarayonlari samaradorligini oshirishga ham xizmat qiladi (Lamidi et al., 2019).

To'g'ridan to'g'ri quyoshda quritish jarayoni rivojlanayotgan mamlakatlar uchun istiqbolli muqobil texnologik jarayon sifatida e'tirof etilmogda. Bu usul fermerlar tomonidan o'z qishloq xo'jaligi mahsulotlarini quyosh nurlarida va tabiiy shamolning konvektiv kuchidan foydalanib quritishda keng qo'llanadi. Shuningdek, ushbu qurilmalarni mobil tarzda konstruksiyalash imkoniyati mavjudligi bois dala sharoitida qulay iqlim muhitida ishlatish mumkin. Ushbu usulning afzalligi uning arzonligi va oddiyligi bilan bog'liq bo'lsa ham, ob-havo sharoitlariga bog'liqligi tufayli mahsulotning quritish sifati pasayishi mumkin. Buning natijasida mahsulotlar chang, yomg'ir, hasharotlar va mikroorganizmlar kabi tashqi omillarga duch keladi. Natijada quritilayotgan mahsulot sifati yomonlashadi va quritish murakkablashadi (Belessiotis & Delyannis, 2011). Shunga qaramay to'g'ridan to'g'ri quyoshda quritish jarayoni rivojlanayotgan mamlakatlarda qishloq xo'jaligi mahsulotlarini saqlash uchun eng maqbul yechim sifatida qolmogda. Biroq bu jarayonni yaxshilash zarurati mavjud, chunki sifatli va samarali quritish, oziq-ovqat xavfsizligi va ularning saqlanish muddatini uzaytirish muhim ahamiyatga ega. Optimal quritish sharoitlarini ta'minlash uchun texnologik yondashuvlar, shu jumladan, mexanik va energetik resurslarni yaxshilash zarur (Bala & Woods, 1995).

Quritish jarayoni mahsulotga berilayotgan issiq havo o'rtasida suv-havo almashinuvi orqali sodir bo'ladi. Bilvosita quyosh quritgichi quritilgan mahsulotning ozuqaviy tarkibi va rangi saqlanishiga yordam beradi, shu bilan birga, chang va hasharotlar kabi zararli omillardan ham himoya qiladi. Bilvosita quyosh quritgichida quritish mahsulot sifatini oshirish va quritish jarayoni samaradorligini ta'minlashda muhim ahamiyatga ega (Ho et al., 2011).

Iqlim sharoitlari va quyosh radiatsiyasi o'zgarishi ta'sirida quritish kamerasidagi harorat o'zgaradi. Quritish kamerasidagi harorat quritish tezligiga to'g'ridan to'g'ri ta'sir qiluvchi asosiy parametr hisoblanadi. Quritish jarayonini modellashtirish quritish haroratini baholash va quritgichning gidrotermal parametrlari, masalan, quyosh nurlanishi, atrof-muhit harorati va havo oqimining ta'sirini oldindan bashorat qilish imkonini beradi. Quritgichning ishlash samaradorligini baholash uchun quritish kamerasiga mahsulot yuklangan va yuksiz holatlarda ikki xil tajriba o'tkazish zarur. Yuksiz holatdagi modellashtirish quritgichning issiqlik xatti-harakatini ko'rsatadi.

Noqat'iy mantiq asosida modellashtirish Zoda tomonidan birinchi marta joriy etilganidan buyon sezilarli darajada rivojlandi va turli sohalarida qo'llana boshladi (Zadeh, 1965). Noqat'iy mantiq asosida jarayonni modellashtirishning afzalligi tizim nochiziqli yoki kirish parametrlari o'zgaruvchan bo'lganligiga qaramasdan, natijalarni aniq bashorat qilish imkonini berishidadir.

Mazkur sohada xalqaro tadqiqotchilar tomonidan ko'plab ilmiy izlanishlar olib borilgan. Jumladan, Mohammadi va boshqalar yarim quyosh issiqxonasi muhitini adaptiv, teskari

aloqa va intellektual modellashtirish usullarini taklif qilgan (Mohammadi et al., 2018). Hamdi va boshqalar tomonidan esa issiqxonada uzumni quritish tizimini tegishli sharoitlarda simulyatsiya qilish uchun TRNSYS dasturida matematik model ishlab chiqilgan (Hamdi et al., 2018; Jain & Tiwari, 2004). Bundan tashqari, Zoukit va uning hamkasblari bilvosita aralash quyosh-elektr quritgichida dorivor o'simliklarni quritish uchun noqat'iy mantiq asosida modellashtirish, quritgichning turli rejimlarida simulyatsiyalar o'tkazib, jarayonni aniq boshqarish orqali mahsulotlarni uzoqroq saqlash va samaradorlikni oshirishga erishgan (Zoukit et al., 2019; Hernández & Quiñonez, 2018).

Prakash va Kumarlar issiqxona havo harorati, namlik bug'lanishini hisoblash hamda quyosh nurlanishi va atrof-muhit harorati asosida issiqxonaning issiqlik samaradorligini prognoz qilish uchun ANFIS modelini ishlab chiqishgan (Prakash & Kumar, 2014). Vafamand va boshqalar esa Takagi – Sugeno (TS) noqat'iy mantiq asosidagi modelida farqlanmaydigan tegishlilik funksiyalarini ko'rib chiqishgan va TS modellarining keng sinflari uchun onlayn parametr hisoblashni amalga oshirgan (Vafamand et al., 2018), (Simo-Tagne et al., 2018). Arslankaya ham jarayonlarni modellashtirishda adaptiv neyron noqat'iy boshqarish (ANFIS) va sun'iy neyron tarmoqlari (ANN) usullari orqali boshqarish hama bashoratlash bo'yicha ilmiy ishlar olib borishgan (Arslankaya, 2023). Prakash va boshqalar esa sun'iy neyron tarmoqlarini qo'llagan holda, quyosh nurlanishi, atrof-muhit harorati va nisbiy namlik kabi parametrlarni hisobga olib, quritilgan mahsulot massasini bashorat qilishga muvaffaq bo'lishgan (Prakash et al., 2015).

Mamlakatimiz olimlaridan Yusupbekov et al. (2014) ham intellektual boshqaruv (noqat'iy mantiq) tizimlari va qaror qabul qilish jarayonlarini tadqiq qilishga o'z ilmiy ishlarida katta e'tibor qaratishgan. Gulyamov (2018) va Mukhamedieva (2020) kabi tadqiqotchilar esa quritish jarayonida tabiiy hisoblash algoritmlaridan foydalangan holda, optimizatsiya masalalarini hal qilish yondashuvlarini ishlab chiqqanlar. Eshbobayev et al. (2024) ilmiy ishida noqat'iy mantiq xulosa chiqarish tizimiga asoslangan chiqindi suvlarni tozalash jarayonini boshqarish modeli ishlab chiqilgan. Sultonova et al. (2024) va Abduvaxitovna & Isroilovich (2024) noqat'iy mantiqning qo'llanishi, tizimning murakkabligi va noaniqliklarini hisobga olish orqali quritish jarayonini yaxshilash imkoniyatlarini ochib berishgan.

Oldingi tadqiqotlarimizda quyosh quritgichida o'rikdan yuqori sifatli turshak, bargak (qaysa) va kuraga tayyorlash jarayoni tahlil qilingan, shuningdek, quritish vaqtining havo sarfi va haroratga bog'liqligi o'rganilgan (Rejabov et al., 2024). O'riklarni ochiq quyoshda quritish va bilvosita tabiiy konveksiya asosidagi quyosh quritgichi yordamida quritish vaqtlari mahsulot namligi va quritish jarayonida o'rik rangidagi o'zgarishlarni solishtirish va baholashga qaratilgan (Rejabov et al., 2024). Lekin mahsulotlarni quritish jarayonlarini modellashtirish va boshqarish tizimini ishlab chiqishda noqat'iy mantiq usuli qo'llanishi bo'yicha yetarlicha tadqiqot ishlari mavjud emas. Mamdani algoritmi usuli orqali bilvosita quyosh quritgichlarida qishloq xo'jaligi mahsulotlarini (masalan, o'rik) quritish jarayonida haroratni bashorat qilish modeli ishlab chiqilmagan. Bu esa ushbu yo'nalishda yanada chuqur tadqiqot olib borish va yangi ilmiy yondashuvlar joriy etishni talab etadi.

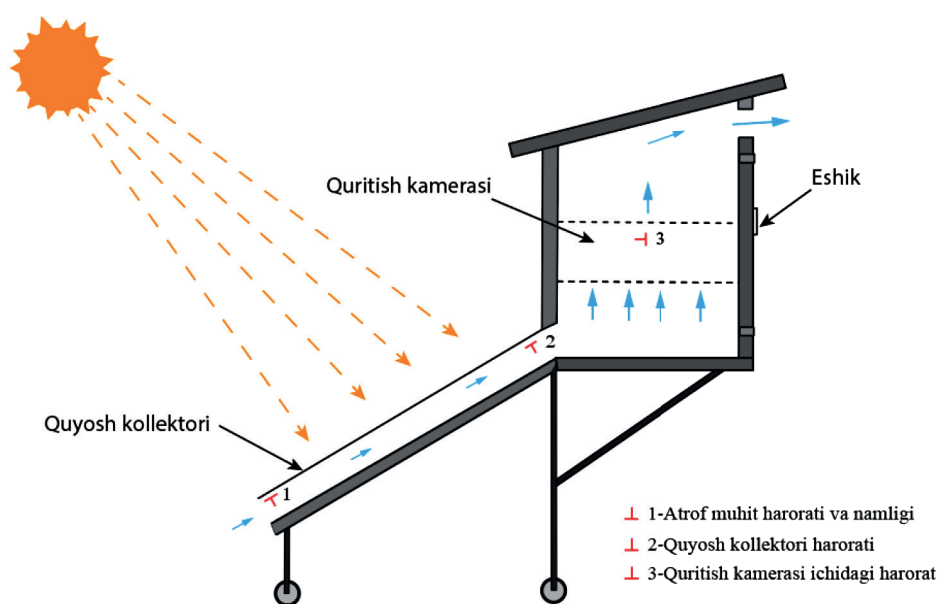
Ushbu ishda yuklanmagan sharoitda ishlaydigan bilvosita quyosh quritgichini modellashtirishda Mamdani algoritmi usulidan foydalanilgan. Taklif etilgan Mamdani algoritmi tabiiy konveksiya sharoitida bilvosita quyosh quritgichining termodinamik xarakteristikalarini aniq bashorat qilishga xizmat qiladi. Bunday Mamdani algoritmi "if-then" qoidalar to'plami orqali tasvirlanadi. Har bir qoida tizimning nochiziqli kirish-chiqish munosabatlarini ifodalaydi. Noqat'iy mantiq asosidagi model nochiziqli parametrlarni noqat'iy mantiq asosida tegishlilik funksiyalarini birlashtirish orqali hisoblashlarni amalga oshiradi.

Material va metodlar

O'zbekiston janubiy kenglikda joylashgani sababli yoz mavsumida bevosita quyosh nurlanishi ko'proq tushadi va bu jarayon uzoq davom etadi. Toshkent shahrida yil davomida quyosh nurlari o'rtacha 2900 soat davomida tarqaladi. Qarshi shahrining janubida esa bu ko'rsatkich 3100 soatni tashkil etadi. O'zbekiston iqlim sharoitida, asosan, ochiq va bulutli kunlar kam bo'lgani uchun (ayniqsa, maydan oktabrgacha) qishloq xo'jaligi mavsumida quyosh uzoq vaqt nur sochadi. Toshkentda yiliga 1749 soat, Qarshida esa 2012 soat quyosh nur sochishi kuzatilgan. Mamlakatda yil davomida 320 kundan ortiq quyoshli kunlar bo'lib, yillik o'rtacha quyosh radiatsiyasi 1400 dan 1800 kW/m² oralig'ida o'zgaradi va O'zbekistondagi ushbu boy quyosh energiyasi manbayidan samarali foydalanish imkoniyatlarini oshiradi.

Tabiiy konveksiya asosida ishlaydigan quyosh quritgichi quyosh havoni isitish moslamasi va quritish kamerasidan iborat (1-rasm). Quyosh havoni isitish moslamasi 1,71 m² yuzaga ega bo'lgan tekis shisha plastinkadan iborat bo'lib, uning o'lchamlari 1,9 × 0,9 × 0,2 m. Isitish moslamasining ichki yuzasi quyosh nurlarini maksimal darajada yutish uchun qora bo'yoq bilan qoplangan. Quritish kamerasi 2 mm qalinlikdagi oddiy po'latdan yasalgan bo'lib, uning kengligi, chuqurligi va balandligi 0,7 × 0,9 × 0,5 m ni tashkil qiladi. Quritish kamerasining ichki qismi quritish uchun optimal sharoitlarni saqlash maqsadida 6 mm yog'och panellar bilan to'liq izolyatsiya qilingan. Ushbu quritish uskunasi kuniga 5 kg o'rikni quritishga mo'ljallangan. Quyosh nurlari shaffof shisha oyna orqali o'tib, uning ostidagi havoni isitadi. Isitilgan havo quritish kamerasiga oqib kiradi. Quyosh havoni isitish moslamasi O'zbekiston sharoitida yil davomida samarali ishlashi uchun gorizontga nisbatan 30° burchak ostida joylashtirilgan va quyosh nurlaridan maksimal foydalanish maqsadida janubga yo'naltirilgan.

HTC-2 raqamli termometr-gigrometri tizimdagi havo harorati va nisbiy namlikni o'lchash uchun qo'llangan. Ushbu qurilma bir vaqtning o'zida soat, signal hamda o'lchangan harorat va namlikning maksimal va minimal qiymatlarini yozib oluvchi xotira funksiyasiga ega. O'lchov natijalari katta o'lchamli LCD ekranda aks ettiriladi, bu esa oson va aniq kuzatish imkonini beradi. HTC-2 bir dona 1,5 V AAA batareyasi yordamida quvvatlanadi va u termogigrometr bilan birga taqdim etiladi.



1-rasm. Tabiiy konveksiyali quyosh quritgichining sxematik ko'rinishi

Tizimning chiqish xarakteristikalarini to'liq tahlil qilish uchun, avvalo, uning statik va dinamik xususiyatlarini aniqlash talab etiladi. Ushbu xususiyatlar turli quyosh radiatsiyasi va atrof-muhit harorati sharoitida quritish kamerasidagi haroratni o'lchash asosida aniqlanadi. Tajribalarni amalga oshirish uchun quritgich mahsulot yuklanmagan holda ochiq joyga, daraxtlar va binolar soyasidan uzoqroqqa joylashtirildi. Tajribalar ertalab 10:00 dan 17:00 gacha davom etgan, chunki bu vaqtda quyosh radiatsiyasi va atrof-muhit harorati nisbatan barqaror deb hisoblanadi. Natijalar 1-jadvalda keltirilgan.

1-jadval

**Quyosh radiatsiyasi va tashqi muhit haroratiga qarab quritish
kamerasidagi haroratning o'zgarishi**

Vaqt	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00
Quyosh radiatsiyasi	538	620	673	700	705	683	646	584
Tashqi muhit harorati	39,4	42,2	44,3	45,7	41,1	39,2	40	41,6
Tashqi muhit namligi	22	20	18	17	17	16	16	17
Quritish kamerasi ichidagi harorat	42,9	45,8	48,5	50,4	51	48,8	47,6	46,9

Turli ob-havo sharoitlarida olib borilgan tajribalar zarur bo'lgan quyosh radiatsiyasi qiymatlarini ta'minlash uchun mo'ljallangan. Harorat, atrof-muhit harorati va quyosh radiatsiyasi har soatda o'lchangan. Quritish kamerasidagi harorat tabiiy rejimda uchta nuqtasida o'lchangan. Tanlangan uchta nuqtadagi o'rtacha haroratlar orasida sezilarli farq aniqlanmadi (eng katta farq 1,4 °C bo'ldi). Shuning uchun modellashtirish jarayonida faqat quritish kamerasidagi harorat qiymati inobatga olinadi.

Quyosh quritgichi murakkab tizim bo'lib, ikkita kirish (quyosh radiatsiyasi, atrof-muhit harorati) va bitta chiqish (quritish kamerasi harorati) o'zgaruvchilariga ega. Har bir operatsion nuqtada quritgichni nochiziqli model orqali modellashtirish mumkin. Shunday qilib, quritgichni identifikatsiyalangan operatsion nuqtalar atrofida bir nechta nochiziqli modellardan foydalanib modellashtirish mumkin. Har qanday operatsion nuqtada mos nochiziqli modelni tanlash uchun Mamdani algoritmi interfeysi tizimi ishlatiladi.

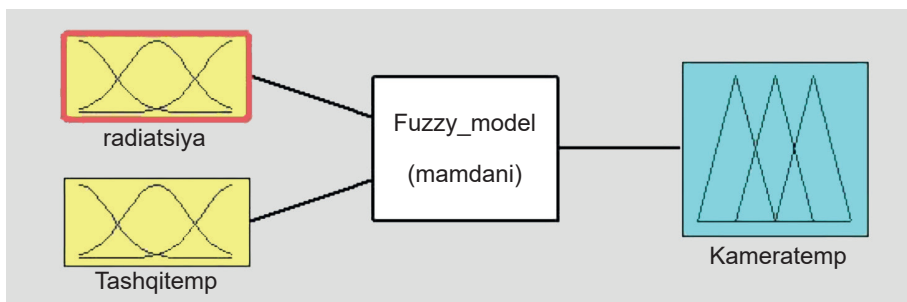
Ushbu maqolaning asosiy maqsadi Mamdani algoritmi modelini tadqiq qilinayotgan tabiiy konveksiyali quyosh quritgichining umumiy xarakteristikalarini modellashtirishda qo'llashdir. Mamdani tizimidan murakkab va noaniq tizimlarni ifodalashda keng foydalaniladi va u turli nochiziqli hamda noaniq modellarni birlashtirish orqali tizimning o'zgaruvchan xatti-harakatlarini aniqlashga yordam beradi. Noqat'iy mantiq asosidagi modelning har qanday ish sharoitida mos chiqish natijasini ta'minlash imkoni bo'ladi.

Mamdani algoritmi "if-then" qoidalari asosida quriladi va bu qoidalar tizimning kirish va chiqish ma'lumotlari hamda ayrim operatsion nuqtalarda nochiziqli modellar bo'yicha aniqlangan parametrlarni o'z ichiga oladi. Quyosh radiatsiyasi uchun yaratilgan tegishlilik funksiyalari quyosh nurlanishining yuqori va past qiymatlariga e'tibor qaratgan holda tuziladi, chunki bu qiymatlar tizimning yuqori noaniqlik ko'rsatadigan holatlarini aks ettiradi. Atrof-muhit harorati uchun mos tegishlilik funksiyalari tizimning ma'lum xatti-harakatlariga moslashtirilgan bo'lib, quritgich kamerasi ichidagi haroratga mos tegishlilik funksiyalari esa tizimning havo harakatiga bo'lgan sezgirligini ifodalaydi.

Mamdani algoritmi asosida qurilgan noqat'iy mantiq modelning chiqishi (quritish kamerasidagi harorat) tegishli nochiziqli va noaniq modellarga asoslangan holda baholanadi. Bu yondashuv tizimning murakkab o'zaro ta'sirlarini hisobga olgan holda, quritgich samaradorligi va uning dinamik jarayonlarini modellashtirish imkonini beradi.

Tadqiqot natijalari

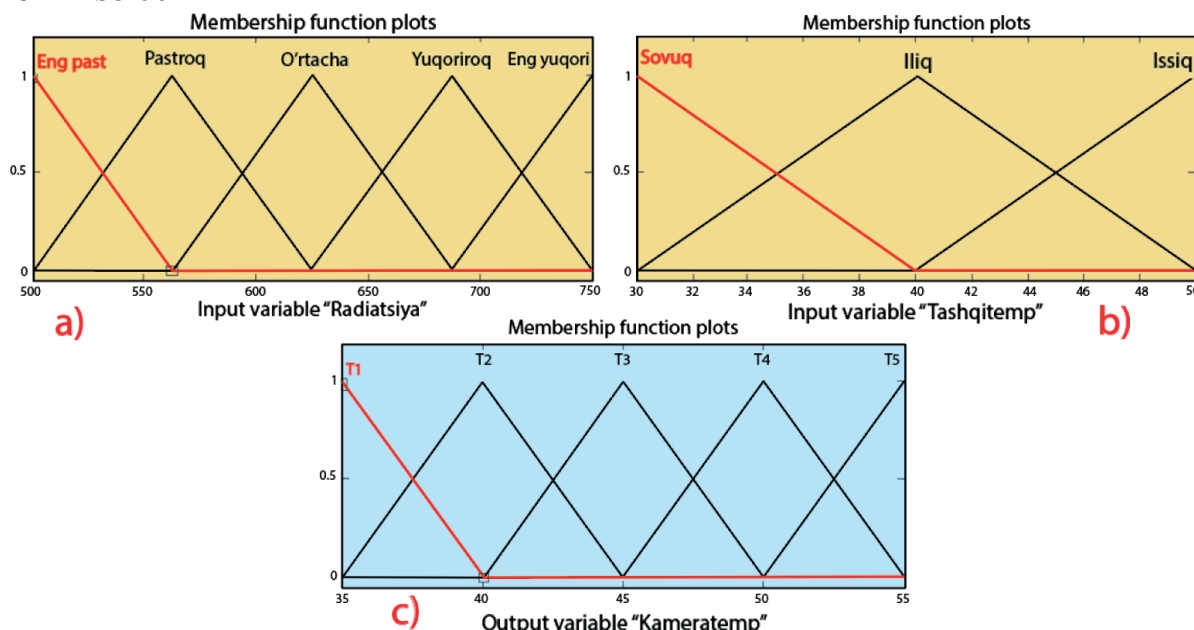
Matlab R2014a dasturida Mamdani algoritmi interfeysi tanlanib, modelda ishtirok etadigan kirish (quyosh radiatsiyasi, tashqi muhit harorati) va chiqish (quritish kamerasi ichidagi harorat) o'zgaruvchilari belgilab olindi (2-rasm). Kirish o'zgaruvchilari tizimga ta'sir qiluvchi faktorlar bo'lsa, chiqish o'zgaruvchilari tizimning natijalarini ifodalaydi (Sidikov et al., 2020).



2-rasm. Mamdani algoritmi interfeysi ko'rinishi

Har bir kirish va chiqish o'zgaruvchisi uchun noaniq mantiq qoidalari ishlab chiqildi. Quyosh radiatsiyasi uchun toifalar quyidagicha belgilangan: "eng past", "pastroq", "o'rtacha", "yuqoriroq" va "eng yuqori". Tashqi muhit harorati esa "sovuq", "iliq", va "issiq" kabi toifalarga ajratilgan. Quritish kamerasi harorati uchun esa "past harorat (T1)", "pastroq harorat (T2)", "o'rtacha harorat (T3)", "yuqoriroq harorat (T4)" va "eng yuqori harorat (T5)" toifalari aniqlangan.

Ushbu qoidalarga asoslangan holda, har bir toifa uchun mos tegishlilik funksiyalari (membership functions) ishlab chiqilgan (3-rasm). Tegishlilik funksiyalari tizimning noqat'iy mantiq o'zgaruvchilarini aniqlash va noaniqlikni aniqlik bilan modellashtirishda muhim rol o'ynaydi. Bu yondashuv tizimning noaniq va nochiziqli xatti-harakatlarini bashorat qilish imkonini beradi.

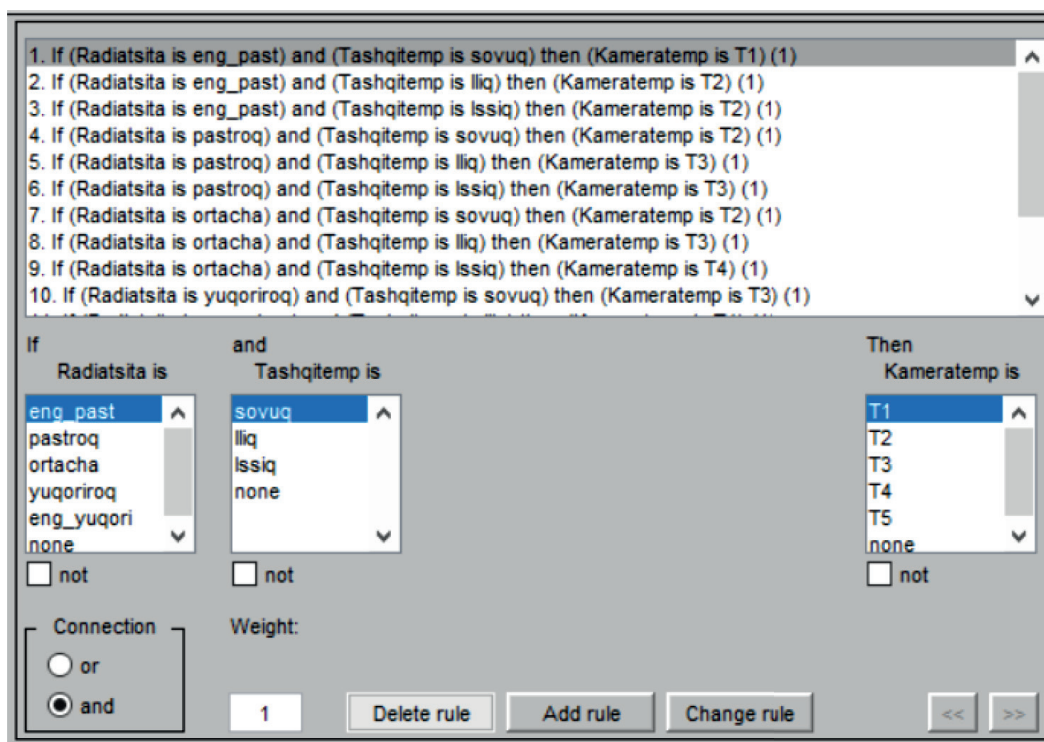


3-rasm. Quyosh radiatsiyasi (a), tashqi muhit harorati (b) va quritish kamera ichidagi haroratlar (c) uchun noqat'iy xulosalar tizimining tegishlilik funksiyalari ko'rinishi

Belgilashlar yordamida tegishlilik funksiyalari ishlab chiqilgandan so'ng tajriba natijalaridan foydalangan holda, xulosa chiqarish mexanizmi uchun qoidalar bazasi yaratildi.

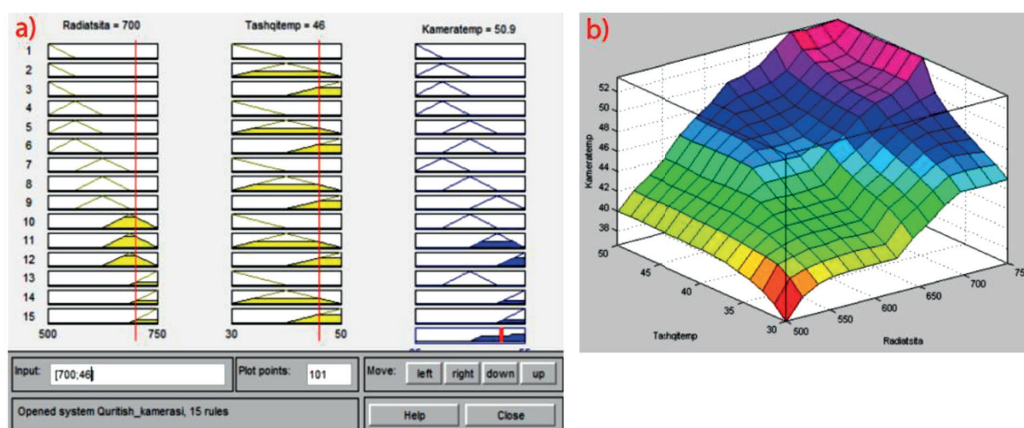
1. If (Radiatsiya is eng_past) and (Tashqitemp is sovuq) then (Kameratemp is T1).
2. If (Radiatsiya is eng_past) and (Tashqitemp is iliq) then (Kameratemp is T2).
3. If (Radiatsiya is eng_past) and (Tashqitemp is issiq) then (Kameratemp is T2).
4. If (Radiatsiya is pastroq) and (Tashqitemp is sovuq) then (Kameratemp is T2).
5. If (Radiatsiya is pastroq) and (Tashqitemp is iliq) then (Kameratemp is T3).
6. If (Radiatsiya is pastroq) and (Tashqitemp is issiq) then (Kameratemp is T3).
7. If (Radiatsiya is ortacha) and (Tashqitemp is sovuq) then (Kameratemp is T2).
8. If (Radiatsiya is ortacha) and (Tashqitemp is iliq) then (Kameratemp is T3).
9. If (Radiatsiya is ortacha) and (Tashqitemp is issiq) then (Kameratemp is T4).
10. If (Radiatsiya is yuqoriroq) and (Tashqitemp is sovuq) then (Kameratemp is T3).
11. If (Radiatsiya is yuqoriroq) and (Tashqitemp is iliq) then (Kameratemp is T4).
12. If (Radiatsiya is yuqoriroq) and (Tashqitemp is issiq) then (Kameratemp is T5).
13. If (Radiatsiya is eng_yuqori) and (Tashqitemp is sovuq) then (Kameratemp is T3).
14. If (Radiatsiya is eng_yuqori) and (Tashqitemp is iliq) then (Kameratemp is T5).
15. If (Radiatsiya is eng_yuqori) and (Tashqitemp is issiq) then (Kameratemp is T5).

Tabiiy konveksiya sharoitlarida quritish kamerasidagi harorat qiymatlarini bashoratlash uchun 15 ta noqat'iy mantiq qoidalar (*if-then*) to'plami yaratildi (4-rasm). Ushbu modelda Mamdani usulidan foydalangan holda, tegishlilik funksiyalari shakllantirildi va xulosa chiqarish mexanizmi qoidalar bazasidan foydalanib o'qitildi.



4-rasm. Noqat'iy qoidalar bazasi oynasi

Mamdani algoritmi modelida natijalar noqat'iy mantiq qoidalar to'plami asosida hisoblanadi. Noqat'iy mantiq natijalarni aniq qiymatlarga aylantirish uchun defuzzifikatsiya jarayoni qo'llanadi. Bu jarayon noqat'iy mantiq natijalarini o'lchash va aniq chiqish qiymatini olish uchun kerak.



5-rasm. Noqat'iy xulosalar tizimining mantiqiy qoidalari (a)
va uch o'lchovli sirt grafik (b) interfeysi

Modelda quyosh radiatsiyasi, tashqi muhit harorati parametrlarining o'zgarishi bilan quritish kamerasidagi haroratning o'zgarish dinamikasi hisoblab chiqilgan. 5b-rasmda uch o'lchovli sirt diagrammasi, ushbu uchta omilning o'zaro bog'liqligi ko'rsatilgan, ya'ni quyosh radiatsiyasi va tashqi muhit haroratining oshishi quritish kamerasidagi haroratga sezilarli ta'sir ko'rsatayotgani keltirilgan. 2-jadvalda Mamdani modeli orqali bashorat qilingan quritish kamerasi haroratining qiymatlari berilgan. Quyosh radiatsiyasi va tashqi muhit omillari asosida yaratilgan quritgich modelini tajriba natijalari bilan taqqoslash jarayoni modelning aniqlik darajasi va amaliyotda qo'llanishi mumkinligini baholashda muhim ahamiyatga ega.

2-jadval

Mamdani modeli orqali bashorat qilingan quritish kamerasidagi
haroratning qiymatlari

Quyosh radiatsiyasi		538	620	673	700	705	683	646	584
Tashqi muhit harorati		39,4	42,2	44,3	45,7	41,1	39,2	40	41,6
Quritish kamerasidagi harorat	Tajriba orqali olingan natijalar	42,5	45,8	48,5	50,4	51	48,8	47,6	46,9
	Mamdani modeli natijalari	42,9	46,3	49	50,8	50,7	48,7	47,1	46,7

Quyosh radiatsiyasi 750 W/m^2 ga yetganda va tashqi harorat 50°C atrofida bo'lganda, kameradagi harorat 52°C ga yaqinlashmoqda, bu quritish jarayonini optimallashtiradi. 5a-rasmda ko'rsatilgan qoidalarga asoslangan mantiqiy model ham xuddi shu parametrlar bo'yicha kameradagi harorat qiymatini bashorat qiladi. Ushbu natijalarni real tajriba o'lchovlari bilan solishtirganda, ma'lum bir moslik mavjudligini ko'rish mumkin. Masalan, tajriba davomida 700 W/m^2 radiatsiya va 46°C tashqi harorat sharoitida kameradagi harorat 50.9°C ga yetgan, bu modelning bashoratiga juda yaqin natija hisoblanadi. Quritgich modeli tajriba natijalari bilan yuqori darajada mos keldi. Ayniqsa, quyosh radiatsiyasi va tashqi muhit haroratining yuqori qiymatlarida model aniq natijalar beradi. Bu esa modelning amaliy sharoitda ishlatishga yaroqli ekanligini ko'rsatadi. Ushbu modelning quritish jarayonini oldindan baholash va boshqarishda samarali ekanligi aniqlandi. Ishlab chiqilgan model orqali optimal quritish sharoitlarini aniqlash va energiya sarfini kamaytirishga erishish mumkin. Modelning aniqligi o'rtacha kvadratik xatolik (RMSE) $0,38^\circ\text{C}$, o'rtacha kvadratik xatolik foizi (RMSE %) $0,82\%$ ekanligi aniqlandi. Ishlab chiqilgan noqat'iy mantiqning xulosalash modeli qurilmaning ishlashini qisqa vaqt ichida

yuqori aniqlikda bashorat qilish imkonini beradi. Bu esa ushbu bashoratlash usulining boshqa klassik usullariga nisbatan samaraliroq ekanligini ko'rsatadi.

Xulosa

Mazkur tadqiqotda tabiiy konveksiya rejimida ishlaydigan quyosh quritgichining prototipi modellashtirilib, uning statik va dinamik xususiyatlari tahlil qilindi. Tadqiqot natijalari tizimning quyosh radiatsiyasi va atrof-muhit harorati kabi parametrlarning kombinatsiyalariga sezgir ekanligini ko'rsatdi. Noaniqliklarni bartaraf etish maqsadida noqat'iy mantiq asosida Mamdani algoritmi modeli qo'llandi. Ushbu yondashuv quyosh quritgichining turli ob-havo sharoitlaridagi xatti-harakatlarini aniq bashorat qilish imkonini berdi.

Mamdani modeli, xususan, 700 W/m^2 radiatsiya va 46°C tashqi harorat sharoitida kameradagi haroratni $50,9^\circ\text{C}$ deb aniq bashorat qildi, bu tajriba natijalari bilan mos keladi. Quyosh radiatsiyasi 750 W/m^2 ga yetib, tashqi harorat 50°C atrofida bo'lganda, kameradagi harorat 52°C ga yetishi mumkinligi aniqlandi. Tadqiqot natijalariga ko'ra, modelning aniqligi o'rtacha kvadratik xatolik (RMSE) $0,38^\circ\text{C}$, RMSE % $0,82\%$ ni tashkil etgani aniqlandi. Shuningdek, Mamdani algoritmi quritish jarayonini tez simulyatsiya qilish, mahsulot uchun optimal quritish sharoitlarini aniqlash hamda energiya sarfini kamaytirishda samarali vosita sifatida o'zini namoyon etdi. Bu yondashuv quyosh quritgichlarida samarali nazorat tizimlarini yaratish va quritish texnologiyalarini takomillashtirish imkonini beradi.

REFERENCES

1. Abduvaxitovna, S. S., & Isroilovich, U. K. (2024). Dorivor o'simliklarni gelioquritish qurilmasida quritish jarayonini matematik modellashtirish [Mathematical modeling of the drying process of medicinal plants in a helio-drying device]. (In Uzbek). *Science and Innovative Development*, 7(4), Article 4.
2. Arslankaya, S. (2023). Comparison of performances of fuzzy logic and adaptive neuro-fuzzy inference system (ANFIS) for estimating employee labor loss. *Journal of Engineering Research*, 11 (4), 469–477. <https://doi.org/10.1016/j.jer.2023.100107>
3. Bala, B. K., & Woods, J. L. (1995). Optimization of natural-convection, solar drying systems. *Energy*, 20 (4), 285–294. [https://doi.org/10.1016/0360-5442\(94\)00083-F](https://doi.org/10.1016/0360-5442(94)00083-F)
4. Belessiotis, V., & Delyannis, E. (2011). Solar drying. *Solar Energy*, 85 (8), 1665–1691. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2009.10.001>
5. Deng, Z., Li, M., Xing, T., Zhang, J., Wang, Y., & Zhang, Y. (2021). A literature research on the drying quality of agricultural products with using solar drying technologies. *Solar Energy*, (229), 69–83. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2021.07.041>
6. Eshbobayev, J., Norkobilov, A., Usmanov, K., Khamidov, B., Kodirov, O., & Avezov, T. (2024). Control of Wastewater Treatment Processes Using a Fuzzy Logic Approach. *The 3rd International Electronic Conference on Processes* (p. 39). <https://doi.org/10.3390/engproc2024067039>
7. Gulyamov, Sh. M. (2018). Intelligent control technology, the reliability of the measuring information. *Chemical Technology, Control and Management*, 3, 128–131.
8. Hamdi, I., Kooli, S., Elkhadraoui, A., Azaizia, Z., Abdelhamid, F., & Guizani, A. (2018). Experimental study and numerical modeling for drying grapes under solar greenhouse. *Renewable Energy*, (127), 936–946. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2018.05.027>
9. Hernández, A. L., & Quiñonez, J. E. (2018). Experimental validation of an analytical model for performance estimation of natural convection solar air heating collectors. *Renewable Energy*, 117, 202–216. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.09.082>
10. Ho, C.-D., Yeh, H.-M., & Chen, T.-C. (2011). Collector efficiency of upward-type double-pass solar air heaters with fins attached. *International Communications in Heat and Mass Transfer*, 38 (1), 49–56. <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2010.09.015>

11. Jain, D., & Tiwari, G. N. (2004). Effect of greenhouse on crop drying under natural and forced convection II. Thermal modeling and experimental validation. *Energy Conversion and Management*, 45 (17), 2777–2793. <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2003.12.011>
12. Lamidi, R. O., Jiang, L., Pathare, P. B., Wang, Y. D., & Roskilly, A. P. (2019). Recent advances in sustainable drying of agricultural produce: A review. *Applied Energy*, (233–234), 367–385. <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.10.044>
13. López-Vidaña, E. C., Méndez-Lagunas, L. L., & Rodríguez-Ramírez, J. (2013). Efficiency of a hybrid solar–gas dryer. *Solar Energy*, (93), 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2013.01.027>
14. Madhankumar, S., Viswanathan, K., Taipabu, M. I., & Wu, W. (2023). A review on the latest developments in solar dryer technologies for food drying process. *Sustainable Energy Technologies and Assessments*, 58, 103298. <https://doi.org/10.1016/j.seta.2023.103298>
15. Mohammadi, B., Ranjbar, S. F., & Ajabshirchi, Y. (2018). Application of dynamic model to predict some inside environment variables in a semi-solar greenhouse. *Information Processing in Agriculture*, 5 (2), 279–288. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2018.01.001>
16. Mukhamedieva, D.T. (2020). Yechim optimizatsiya vazifalarini hal qilish yondashuvlari, tabiiy hisoblash algoritmlariga asoslangan [The solution is based on approaches to solving optimization tasks, natural computing algorithms]. (In Uzbek). *Scientific and Technical Journal*, 24 (2), 58–67.
17. Prakash, O., & Kumar, A. (2014). ANFIS modelling of a natural convection greenhouse drying system for jaggery: An experimental validation. *International Journal of Sustainable Energy*, 33 (2), 316–335. <https://doi.org/10.1080/14786451.2012.724070>
18. Prakash, O., Kumar, A., Kaviti, A. K., & Kumar, P. V. (2015). Prediction of the rate of moisture evaporation from jaggery in greenhouse drying using the fuzzy logic. *Heat Transfer Research*, 46 (10), 923–935. <https://doi.org/10.1615/HeatTrans Res.2015007463>
19. Rejabov, S., Usmonov, B., Usmanov, K., & Artikov, A. (2024). Experimental Comparison of Open Sun and Indirect Convection Solar Drying Methods for Apricots in Uzbekistan. *The 3rd International Electronic Conference on Processes* (p. 26). <https://doi.org/10.3390/engproc2024067026>
20. Rejabov, S. A., Usmonov, B. Sh., & Artiqov, A. A. (2024). O'rik mevasini majburiy konveksiyali quyosh quritgichida quritish vaqtini hisoblash [Calculation of the drying time of apricots in a forced convection solar dryer]. (In Uzbek). *Science and Innovative Development*, 7 (2), 48–60. <https://cyberleninka.ru/article/n/o-rik-mevasini-majburiy-konveksiyali-quyosh-quritgichida-quritish-vaqtini-hisoblash>
21. Sidikov, S. I., Usmanov, K. I., Yakubova, N. S., & Kazakhbayev, S. A. (2020). Nechetkoye sinergeticheskoye upravleniye nelineynykh sistem [Fuzzy synergetic control of nonlinear systems]. (In Russian). *Journal of Advances in Engineering Technology*, (2), 16–19. <https://doi.org/10.24412/2181-1431-2020-2-16-19>
22. Simo-Tagne, M., Zoulalian, A., Rémond, R., & Rogaume, Y. (2018). Mathematical modelling and numerical simulation of a simple solar dryer for tropical wood using a collector. *Applied Thermal Engineering*, (131), 356–369. <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2017.12.014>
23. Sultanova, S., Usmanov, K., Ungbayeva, D., & Tadjibayeva, D. (2024). Development of adaptive neural-fuzzy models for predicting solar dryer performance. *Universum: Technical Sciences*, 122 (5). <https://doi.org/10.32743/UniTech.2024.122.5.17503>
24. Vafamand, N., Arefi, M. M., & Khayatian, A. (2018). Nonlinear system identification based on Takagi-Sugeno fuzzy modeling and unscented Kalman filter. *ISA Transactions*, 74, 134–143. <https://doi.org/10.1016/j.isatra.2018.02.005>
25. Yusupbekov, N. R., Aliyev, R. A., Aliyev, R. R., & Yusupbekov, N. A. (2014). *Intellectualniy sistemalar boshqaruvi va qaror qabul qilish* [Management of intelligent systems and decision-making]. (P. 490). (In Uzbek). Tashkent: O'zbekiston milliy entsiklopediyasi.
26. Zadeh, L. A. (1965). Fuzzy sets. *Information and Control*, 8 (3), 338–353. [https://doi.org/10.1016/S0019-9958\(65\)90241-X](https://doi.org/10.1016/S0019-9958(65)90241-X)
27. Zoukit, A., El Ferouali, H., Salhi, I., Doubabi, S., & Abdenouri, N. (2019). Design of mamdani type fuzzy controller for a hybrid solar-electric dryer: Case study of clay drying. *2019 6th International Conference on Control, Decision and Information Technologies – CoDIT* (pp. 1332–1337). <https://doi.org/10.1109/CoDIT.2019.8820581>

UDC: 621.775.26(045)(575.1)
EDN: <https://elibrary.ru/hjnhlg>

MAYDALOVCHI PO'LAT ZOLDIRLAR ISHLAB CHIQRISHDA KO'P KIRIMLI ZOLDIR PROKATLASH VALOKLARIDAN FOYDALANISH

Shaxobutdinov Rustam Erkinbayevich¹, Karimova Anorgul Ruzimovna²,
Nosirov To'liqin Narzulla o'g'li³

¹texnika fanlari bo'yicha
falsafa doktori (PhD),
"Nazariy mexanika va mashi-
na va mexanizmlar nazariya-
si" kafedrası dotsenti
ORCID: 0009-0007-8666-8042
e-mail: rus-0373@mail.ru

²"Nazariy mexanika va
mashina va mexanizmlar
nazariyasi" kafedrası katta
o'qituvchisi
ORCID: 0000-0002-0668-3653
e-mail: kanorgul@gmail.com

³Zoldir prokatlash bo'limi
boshlig'i o'rinbosari
e-mail: t.nosirov@uzbeksteel.uz

^{1,2}Islom Karimov nomidagi
Toshkent davlat texnika
universiteti

³"O'zmetkombinat" aksioner-
lik jamiyati

Annotatsiya. Ruda va ma'danlarni maydalash uchun qo'llanadigan maydalovchi po'lat zoldirlar ishlab chiqarishda ish unumdorligini oshirish va zoldirlarning yeyilishbardoshligini yaxshilash masalasi muhim hisoblanadi. Bunda zoldirlarni prokatlashda qo'llanadigan ko'p kirimli zoldir prokatlash valoklari va zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineyklarining ishlab chiqarish jarayonini yanada takomillashtirish hamda resurs tejamkor texnologiyalar ishlab chiqish katta ahamiyat kasb etadi. Zoldirlarni prokatlash usuli orqali ishlab chiqarish jarayonida energiya va resurs tejamkor texnologiyalarni qo'llash juda muhimdir. Zoldir prokatlashda ish unumdorligini oshirish maqsadida zoldir prokatlashda qo'llanadigan ko'p kirimli zoldir prokatlash valoklarini kesuvchi kulachokli mexanizmlar yaratish va zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineykasining yangi konstruksiyasini ishlab chiqish masalasi muammoning yechimini aniqlashning eng qulay usuli sanaladi. Shu bilan birga, zoldir prokatlashda qo'llanadigan mexanizmlarning yangi konstruksiyalarini yaratish uchun ularni loyihalash va matematik modellarni ishlab chiqish zaruriy vazifalardan biridir. Ushbu maqolada maydalovchi po'lat zoldirlarni issiqlayin prokatlash usuli orqali ishlab chiqarishning ish unumdorligini oshirish maqsadida ko'p kirimli zoldir prokatlash valoklaridan foydalanish masalasi bo'yicha amalga oshirilayotgan ilmiy izlanishlarning nazariy yechimlari va amaliy sinov natijalari tahlili keltirilgan. Shuningdek, o'rganilayotgan masalaning yechimlarini aniqlash diametri 50 mm bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlarni prokatlash uchun olti kirimli zoldir prokatlash valoklaridan foydalanish va zoldir prokatlash stani yo'naltiruvchi lineyklarining yangi konstruksiyasini yaratish orqali hal qilingan.

Kalit so'zlar: zoldir prokatlash stani, maydalovchi po'lat zoldir, chap va o'ng zoldir, prokatlash valoklari, kulachok, vintli kalibr, reborda, quyi va yuqori yo'naltiruvchi lineyka.

ПРИМЕНЕНИЕ МНОГОЗАХОДНЫХ ШАРОПРОКАТНЫХ ВАЛКОВ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ СТАЛЬНЫХ ПОМОЛЬНЫХ ШАРОВ

Шахобутдинов Рустам Эркинбаевич¹, Каримова Аноргул Рузимовна²,
Носиров Тулкин Нарзулла угли³

¹доктор философии по
техническим наукам (PhD),
доцент кафедры
«Теоретическая механика
и теория машин и
механизмов»

²старший преподаватель
кафедры «Теоретическая
механика и теория машин
и механизмов»

³заместитель начальника
шаропрокатного цеха

^{1,2}Ташкентский
государственный
технический университет
имени Ислама Каримова
³ЗАО «Узметкомбинат»

Аннотация. При производстве стальных помольных шаров, применяемых для дробления руд и минералов, важным является вопрос повышения производительности и повышения износостойкости шаров. Большое значение при этом имеет дальнейшее совершенствование рабочего процесса многозаходных шаропрокатных валков и направляющих линий шаропрокатных станков, применяемых при прокатке шаров, а также разработка ресурсосберегающих технологий. Очень важно применять энергоэффективные и ресурсосберегающие технологии в процессе производства шаров методом прокатки. С целью повышения производительности при прокатке шаров наиболее удобным способом решения поставленной задачи является вопрос о создании кулачковых механизмов, режущих многозаходные шаропрокатные валки, применяемые при прокатке шаров, и разработке новой конструкции направляющей линии шаропрокатного стана. При этом одной из необходимых задач является

проектирование и разработка математических моделей для создания новых конструкций механизмов, применяемых при прокатке шаров. В данной статье представлены решения по вопросу использования многозаходных шаропрокатных валков с целью повышения производительности стальных помольных шаров методом горячей прокатки, которые получены в результате теоретических научных исследований и практических испытаний. Кроме того, решение изучаемой задачи получено путём использования шестизаходных шаропрокатных валков для прокатки стальных помольных шаров диаметром 50 мм и создания новой конструкции направляющих линий шаропрокатного стана.

Ключевые слова: шаропрокатный стан, стальной помольный шар, правый и левый шаропрокатные валки, кулачок, винтовой калибр, реборда, верхняя и нижняя направляющие линии.

APPLICATION OF MULTI-PASS BALL ROLLING ROLLS IN MANUFACTURE OF STEEL GRINDING BALLS

Shakhobutdinov Rustam Erkinbaevich¹, Karimova Anorgul Ruzimovna², Nosirov Tulkin Narzulla ugli³

¹Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD), Associate Professor of the Department of Theoretical Mechanics and Theory of Machines and Mechanisms

²Senior Lecturer of the Department of Theoretical Mechanics and Theory of Machines and Mechanisms

³Deputy Head of Ball Rolling Workshop

^{1,2}Tashkent State Technical University named after Islam Karimov;

³Uzmetkombinat JSC

Kelib tushgan/ Получено/ Received: 24.09.2024

Qabul qilangan/Принято/ Accepted: 09.10.2024

Nashr etilgan/ Опубликовано/ Published: 31.10.2024

Abstract. Increasing the productivity of the output and improving the wear resistance of steel grinding balls used for grinding of ores and minerals is an important task. In this regard, further improvement of the operational process of multi-pass ball rolling rolls and linear guides used in rolling of balls, as well as the development of resource-saving technologies, is being of great significance. It is crucial to utilize energy- and resource-efficient technologies in producing of balls by rolling. In order to enhance productivity of rolling of balls, creating cam mechanisms for cutting multi-pass ball rolling rolls and developing a new design for the linear guides of the ball rolling mill are regarded to be effective approaches to address the problem. In this regard, developing of mathematical models for creating new designs of mechanisms used in rolling balls appears to be one of the urgent tasks. This article presents theoretical solutions based on scientific research and analyses of findings from practical tests on the use of multi-pass ball rolling rolls in view of raising the productivity of steel grinding balls by means of hot rolling. Moreover, the solution to the studied problem was determined by using six-pass ball rolling rolls for rolling steel grinding balls with a diameter of 50mm as well as by creating a new design for ball rolling mill linear guides.

Keywords: ball rolling mill, grinding steel ball, right and left ball rolling rolls, cam, screw gauge, top and bottom linear guides.

Kirish

Respublikamizda ruda va kon mahsulotlarini maydalashda qo'llanadigan maydalovchi po'lat zoldirlar ishlab chiqarishda ish unumdorligini oshirish masalalari bo'yicha O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 6-iyuldagi "2022–2026-yillarda O'zbekiston Respublikasining innovatsion rivojlanish strategiyasini amalga oshirish bo'yicha tashkiliy chora-tadbirlar to'g'risida"gi PQ–307-son qarori 3-ilovasi 180-bandida keltirilgan "Yangi turdagi diametri 50 mm bo'lgan zoldir prokatini ishlab chiqarish uchun kalibr kesuvchi asbob konstruksiyasini yaratish va uni ishlab chiqarish" nomli ustuvor loyihasining bajarilishini ta'minlash maqsadida diametri katta bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlarni prokatlash uchun mo'ljallangan prokatlash stanida diametri kichik bo'lgan zoldirlar ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish masalasini yechish asosiy maqsad qilib olindi. Bu borada maydalovchi po'lat zoldirlarni prokatlash usuli bilan ishlab chiqarish mavzusiga doir qator ilmiy va amaliy izlanishlar olib borildi. Xususan, "O'zmetkombinat" AJ ishlab chiqarish sharoitida olib borilayotgan amaliy ishlarni bu borada olib borilayotgan ilmiy izlanishlarning natijasi sifatida ko'rish mumkin.

Ko'p kirimli vintli kalibrlardan foydalanib, issiqalayin prokatlash usuli bilan diametri 50 va 70 mm bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlarni DSt 7524-2015 bo'yicha ishlab chiqarish "O'zmetkombinat" AJ ning zoldir prokatlash bo'linmasida yo'lga qo'yilgan va bu bo'yicha malaka sinovlari o'tkazilib, ijobiy natijalar olingan (Shakhobutdinov et al., 2024). Dastlab diametri 50 mm bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlar ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish masalasi ZPS 40–80 stanida amalga oshirilgan va bunda uch kirimli zoldir prokatlash valoklaridan foydalanilgan. Hozirgi kunda diametri 50 mmli maydalovchi po'lat zoldirlarga bo'lgan talabning ortishi bilan ish unumdorligini yanada yaxshilash maqsadida kirimlar sonini ko'paytirish va bu jarayonni ZPS 80–120 stanida amalga oshirish rejalashtirildi. Chunki ko'p kirimli valoklardan foydalanish imkoniyati zoldir prokatlash stanlari mahsuldorligini yanada oshiradi.

Ma'lumki, ZPS 80–120 stani, asosan, diametri 80 dan 120 mm gacha bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlarni prokatlash uchun mo'ljallangan stan hisoblanadi. Lekin, shunga qaramasdan, ushbu standda kichik diametrdagi, ya'ni olti kirimli, diametri 50 mm bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlarni prokatlash masalasining nazariy yechimlarini aniqlash va amaliy sinov tajribalarini o'tkazish asosiy vazifa qilib olindi. Ushbu masala bo'yicha Toshkent davlat texnika universitetining ilmiy-tadqiqot ishlari rejasi asosida "O'zmetkombinat" AJ dagi mo'ljallangan loyihalardan biri bo'lgan "Yangi uslub – olti kirimli vintli kalibrlarni qo'llagan holda, DSt 7524-2015 bo'yicha Ø50 mm bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlarni ZPS 80–120 stanida ishlab chiqarishni o'zlashtirish" ("O'zmetkombinat" AJ, 2022–2024-yy.) mavzusida 6773-01/03-02-02/2022 raqamli xo'jalik shartnomasi tuzildi hamda ilmiy va amaliy izlanishlar olib borildi.

Zoldirlarni prokatlash usuli bilan ishlab chiqarish eng samarali usullardan biri bo'lib, bu texnologiyaning amaliyotda qo'llanishi dastlab akademik Selikov et al. (1971) rahbarligida olib borilgan. Vintli kalibrli prokatlash usuli bilan ishlab chiqarish texnologiyasiga oid muhim masalalar Granovskiy (1980) tomonidan o'rganilgan. O'zgaruvchan qadamga ega vintli kalibrli zoldir prokatlash valoklarini tayyorlash amaliyotini maxsus dastgohda bajarish ishlarini Kotyonok & Podobedov (2000; 2001) amalga oshirgan.

Zoldirlarni prokatlash usuli bilan ishlab chiqarishning termomexanik tahlili (Zbignev et al., 2018) va ko'ndalang vintli prokatlash masalasi bo'yicha prokatlash valoklari uchun umumiy tavsiflar (Gorbatyuk et al., 2022) ishlab chiqilgan.

Zoldir prokatlashdagi kuchlanishlarni tahlil qilish masalasi ba'zi bir aniq hollar uchun o'rganilgan (Pretyatko et al., 2013; Filippova et al., 2017).

Zoldir prokatlash valoklarining kirimlari soni vintli kalibrning bir marta to'liq aylanishida hosil bo'ladigan zoldirlar soni bilan xarakterlanadi. Kirimlar sonining ko'pligi esa ish unumdorligining ortishi, ya'ni sarflanadigan vaqt mobaynida ko'proq zoldirlar ishlab chiqarish imkonini beradi.

DSt 7425-2015 bo'yicha shartli diametri 50 mm bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlar uchun nominal diametr 52 mm qilib qabul qilingan (Specifications, 2016). Metall hajmining issiqlikdan kengayishi va sovitilganda, qisqarishini inobatga olgan holda, nominal diametrdan og'ish chegarasining hisobiga ko'ra, kalibrning aniq diametri 52,3 mm deb qabul qilindi.

Amaliy ishlarni olib borish davomida kalibrlash uchun zarur bo'lgan barcha ma'lumotlar asosida aniq o'lchamlar bo'yicha tayyorlangan zoldir prokatlash valoklari prokatlash stanining kassetalariga o'rnatildi va bunda ikkita zoldir prokatlash valoklarini bir-biridan farqlash uchun ular o'ng valok va chap valok deb yuritildi. Prokatlash valoklarining bunday farqlanishining asosiy sababi zoldir prokatlash valoklarining diametrlari va profillari turli o'lchamlarda kesilishi bilan bog'liq ekanligi hisobga olindi.

Material va metodlar

Ushbu maqolada qo'yilgan masalani yechish uchun ariqchalarining markazlari siljigan vintli kalibrli olti kirimli zoldir prokatlash valoklarini kalibrovkalash texnologiyasidan foydalanildi. Shuningdek, sonli hisoblashlarni bajarishda EHMning yangi va samarali

usullaridan keng foydalangan holda, natijalarni tahlil qilish uchun MathCAD va KOMPAS dasturlari qo'llanildi.

Zoldir prokatlash valoklarini kesishda qo'llanadigan kulachoklar raqamli dasturlash bilan boshqariladigan (RDB) frezalash dastgohida maxsus dastur yordamida tayyorlandi.

Olti kirimli zoldir prokatlash valoklarining kalibrovkasini ishlab chiqishda ularning standart o'lchamlariga alohida ahamiyat berildi. Standart o'lchamlarga mos bo'lgan zoldir prokatlash valoklarida o'zgaruvchan markazli ariqchalarga ega vintli sirtlarni kesish uchun yarim avtomatlashtirilgan maxsus nusxa ko'chirish moslamasi bilan jihozlangan RT117 markali tokarlik vint qirqish dastgohidan foydalanildi.

Tadqiqot natijalari

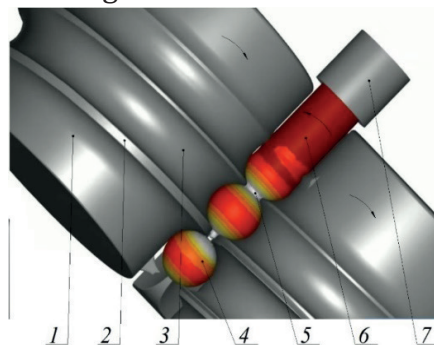
Ma'lumki, "O'zmetkombinat" AJning ishlab chiqarish sharoitida diametri 80 dan 120 mm gacha bo'lgan zoldirlarni prokatlash uchun mo'ljallangan ZPS 80–120 stanida DSt 7524-2015 bo'yicha mos diametr o'lchamlaridagi zoldirlar issiqalayin prokatlash usuli orqali ishlab chiqariladi (1-rasm).



1-rasm. Maydalovchi po'lat zoldirlar

Maydalovchi po'lat zoldirlarni prokatlash uchun mo'ljallangan ikki valokli prokatlash stanlarida zoldirlarni ishlab chiqarish uchun qo'llanadigan prokatlash valoklarini kalibrlash texnologiyasi juda murakkab bo'lib, bu texnologiya turli diametrdagi zoldirlarga qo'yiladigan talablar asosida bir-biridan farq qiladi.

Maydalovchi po'lat zoldirlarni issiqalayin prokatlash usuli yordamida ishlab chiqarish uchun qizdirilgan maxsus xomashyo o'ng va chap prokatlash valoklar hamda yuqori va quyi yo'naltiruvchi lineyklar orasidan ilgarilanma-aylanma harakatni amalga oshirib o'tkaziladi. Natijada xomashyoni prokatlash valoklarining rebordalari kesishi va ishlov berishi natijasida zoldirlar hosil bo'ladi (2-rasm). Zoldir prokatlash jarayonida maydalovchi po'lat zoldirlarning hosil bo'lish jarayoni 2-rasmda keltirilgan.



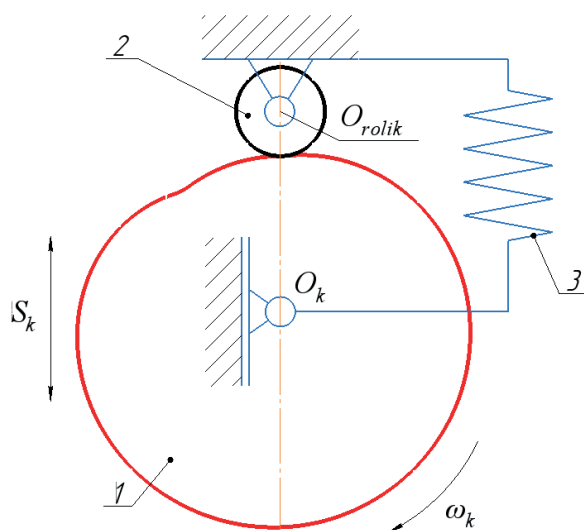
1 – valok; 2 – vintli reborda; 3 – vintli ariqcha;

4 – maydalovchi po'lat zoldir; 5 – bo'yincha; 6 – xomashyo; 7 – truba.

2-rasm. Vintli kalibrli ikki valokli prokatlash stanida vintli davriy prokatlash texnologik jarayoni

RT117 markali tokarlik vint qirqish dastgohida ariqchalarining markazlari o'zgaruvchan vintli kalibrli olti kirimli zoldir prokatlash valoklarini qirqishda eng asosiy vazifalardan birini bajaruvchi zveno kulachoklar hisoblanadi (Shakhobutdinov, 2024). Qo'yilgan masalani yechish uchun zoldir prokatlash valoklarini kesishda qo'llanadigan kulachoklar RDB frezalash dastgohida tayyorlandi. Buning uchun olti kirimli zoldir prokatlash valoklarini kesishda vintli kalibrning qadamini ta'minlab beruvchi profili nazariy asoslangan kulachoklar ustida hisoblash ishlari bajarildi va RDB dastgohiga mos bo'lishi uchun dastur tuzildi. Tuzilgan dastur asosida kulachoklar tayyorlandi.

Olti kirimli zoldir prokatlash valoklarini qirqishda qo'llanadigan profili nazariy asoslangan kulachoklarni loyihalashda eng yuqori samaradorlikka ega bo'lish uchun hisoblash ishlarini o'ta yuqori aniqlikda bajarish zarur (3-rasm). Bu esa, asosan, kulachokka qo'yilgan talablar bajarilishini ta'minlash, ya'ni aniq va to'g'ri loyihalash bilan bog'liq.



1 – kulachok; 2 – rolik; 3 – prujina.

3-rasm. Kulachokli mexanizmning kinematik sxemasi

3-rasmda zoldir prokatlash valoklarini qirqishda qo'llanadigan kulachokli mexanizmning kinematik sxemasi keltirilgan.

Kulachok va rolikning bir-biriga nisbatan o'zaro tiqilib qolishi ehtimolining oldini olish maqsadida kulachokning bir marta to'liq aylanishi davrida bosim burchagi θ_k ning belgilangan qiymatidan oshmasligi kerak.

Bunda kritik bosim burchagi loyihalash vaqtida o'rnatildi va o'rnatilgan bosim burchagini ta'minlash shartidan kelib chiqqan holda, kulachokning minimal radiusi aniqlandi (Karimov & Shakhobutdinov, 2020):

$$R \frac{S'_k}{\tan \theta_{k0.min}}, \quad (1)$$

bu yerda: θ_k – bosim burchagi;

S_k – kulachok markazining ko'chishi;

S'_k – kulachokning tezlik analogi.

Kulachokning nazariy profilini hosil qilishda kulachok va rolikning joylashish xususiyatlari hamda ishlab chiqarish sharoitida uskunaning imkoniyatlarini inobatga olgan holda, kulachokning minimal radiusi $R_{0.min} = 165 \text{ mm}$ deb qabul qilindi.

Kulachokning minimal radiusi parametrik ko‘rinishdagi ifodasi quyidagicha aniqlandi:

$$\begin{aligned} R_{0x}(\varphi_k) &= R \sin(\varphi_k)_{0.\min} \\ R_{0y}(\varphi_k) &= R \cos(\varphi_k)_{0.\min} \end{aligned} \quad (2)$$

Birinchi kulachokning markaziy profili koordinatalarining parametrik ko‘rinishdagi ifodasi quyidagicha aniqlandi:

$$\begin{aligned} x_1(\varphi_k) &= (R1(\varphi_k)_{0.\min}) \sin(\varphi_k) \\ y_1(\varphi_k) &= (R1(\varphi_k)_{0.\min}) \cos(\varphi_k) \end{aligned} \quad (3)$$

Ikkinchi kulachokning markaziy profili koordinatalarining parametrik ko‘rinishdagi ifodasi quyidagicha aniqlandi:

$$\begin{aligned} x_2(\varphi_k) &= (R2(\varphi_k)_{0.\min}) \sin(\varphi_k) \\ y_2(\varphi_k) &= (R2(\varphi_k)_{0.\min}) \cos(\varphi_k) \end{aligned} \quad (4)$$

Kulachokning burilish burchagi $\varphi_k = 0^\circ, 1^\circ, 2^\circ, \dots, 360^\circ$ qiymatlarni qabul qiladi, deb hisoblagan holda, kulachoklarning nazariy profili radius vektorlarining qiymati quyidagicha aniqlandi:

$$\begin{aligned} R_{11}(\varphi_k) &= \sqrt{(x_1(\varphi_k))^2 + (y_1(\varphi_k))^2} \\ R_{22}(\varphi_k) &= \sqrt{(x_2(\varphi_k))^2 + (y_2(\varphi_k))^2}, \end{aligned} \quad (5)$$

bu yerda: φ_k – kulachokning burilish burchagi.

Rolikning radiusini aniqlashda kulachok nazariy profilining ma’lum bir qismida egrilik radiusi rolik radiusidan kichik bo’lsa, u holda kulachokning nazariy va amaliy profillarining kesishgan qismlari hosil bo’ladi. Shuning uchun profil qismlarining kesishishini tasvirlash uchun rolik radiusi kulachokning minimal egrilik radiusidan kichik bo’lishi kerak. Rolikning radiusini quyidagi munosabatlar orqali aniqlash maqsadga muvofiq:

$$\begin{aligned} R_{rolik} &\leq 0,8 \cdot \rho_{\min} \\ R_{rolik} &= (0,4 \dots 0,5) \cdot R_{0.\min} \end{aligned} \quad (6)$$

bu yerda: $\rho_{\min}$ – kulachok nazariy profilining egrilik radiusi.

Ishlab chiqarish sharoitida kulachok va rolikning joylashishi bo’yicha uskuna imkoniyatlaridan kelib chiqqan holda, rolikning radiusi $R_{rolik} = 30 \text{ mm}$ deb qabul qilindi.

Rolik radiusining qabul qilingan R_{rolik} qiymati bo’yicha kulachoklar amaliy profilining koordinatalari quyidagicha aniqlandi (Karimov et al., 2014):

$$\begin{aligned} x(\varphi_k) &= (R_{0.\min} + S_k) \cos \varphi_k + \frac{R_{rolik} (R_{0.\min} + S_k) \cos \varphi_k + R_{rolik} \cdot \frac{dS_k}{d\varphi_k} \cdot \sin \varphi_k}{\sqrt{(R_{0.\min} + S_k)^2 + \left(\frac{dS_k}{d\varphi_k}\right)^2}} \\ y(\varphi_k) &= (R_{0.\min} + S_k) \sin \varphi_k + \frac{R_{rolik} (R_{0.\min} + S_k) \sin \varphi_k - R_{rolik} \cdot \frac{dS_k}{d\varphi_k} \cdot \cos \varphi_k}{\sqrt{(R_{0.\min} + S_k)^2 + \left(\frac{dS_k}{d\varphi_k}\right)^2}} \end{aligned} \quad (7)$$

Ko'rilayotgan masala uchun zoldir prokatlash valogi vintli kalibrining umumiy uzunligi $\varphi_{um.} \approx 823^\circ$ ga teng.

Kulachokning bir marta to'liq aylanishida zoldir prokatlash valogining ψ marta aylanishini hisobga olgan holda quyidagicha aniqlandi:

$$\psi = \frac{\varphi_{um}}{\pi} = \frac{823^\circ}{360^\circ} = 2,286. \quad (8)$$

Kulachokning burilish burchagi qiymati $0^\circ - 360^\circ$ oraliqda o'zgaradi. Mathcad 15.0 dasturi imkoniyatlaridan kelib chiqqan holda, kulachok profili uning burilish burchagining bir gradus oraliqidagi ketma-ketligi bilan hosil qilindi:

$$\varphi_k = 0^\circ, 1^\circ, 2^\circ, \dots, \frac{822^\circ}{\psi}.$$

O'ng va chap valoklarning shakl hosil qiluvchi qismini qirqish uchun mos keladigan kulachokning burilish burchagi qiymati quyidagicha: $\varphi_{sh.h.q.o'} = 434^\circ$, $\varphi_{sh.h.q.ch} = 312^\circ$.

O'ng va chap valoklarning shaklga ishlov beruvchi qismini qirqish uchun mos keladigan kulachokning burilish burchagi qiymati quyidagicha: $\varphi_{sh.h.q.o'} = 286^\circ$, $\varphi_{sh.h.q.ch} = 408^\circ$.

Prokatlash valogi vintli kalibrlari orasidagi o'zgaruvchan qadam qiymati quyidagicha aniqlandi:

$$\begin{aligned} Z_{o'}(\varphi_i) &= Z\left(\frac{\varphi_{360}}{n}\right) + 2 \cdot C_{o'}(\varphi_i) + B_{o'}(\varphi_i) \\ Z_{ch.}(\varphi_i) &= Z\left(\frac{\varphi_{360}}{n}\right) + 2 \cdot C_{ch.}(\varphi_i) + B_{ch.}(\varphi_i). \end{aligned} \quad (9)$$

Kulachoklar markazining ko'chishi qiymati quyidagicha aniqlandi:

$$\begin{aligned} S_{k1}(\varphi_i) &= Z_{o'}(\varphi_i) - T_{dastgoh}(\varphi_i) \\ S_{k2}(\varphi_i) &= Z_{ch.}(\varphi_i) - T_{dastgoh}(\varphi_i) \end{aligned} \quad (10)$$

Zoldir prokatlash valoklari kalibrovkasini ishlab chiqish bo'yicha aniqlangan parametrlar, ya'ni vintli kalibrlar orasidagi o'zgaruvchan qadam qiymati $Z(\varphi)$, yarim sferalar orasida hosil bo'ladigan silindr qismning o'zgarishi $S(\varphi)$, rebordaning qalinligi $b(\varphi)$, rebordaning balandligi $h(\varphi)$, vintli kalibr yarim sferasi yuzasining o'zgarishi va zoldir umumiy hajmining qiymati o'zgarmasligini ta'minlash parametrlari orqali $S_1(\varphi_k)$ birinchi kulachok va $S_2(\varphi_k)$ ikkinchi kulachok markazining ko'chishini aniqlash uchun matematik modellar hosil qilindi. Bunda parametrlarning qiymatlarini kulachokning burilish burchagiga bog'liq holda, A_m va B_m , ($m = 1 \dots 7$) matritsalar ko'rinishida ifodalash orqali amallar ketma-ketligi bajarildi:

$$A_m = \begin{pmatrix} \left(\frac{A(I)_{j_{2m-1}}}{\psi}\right)^2 & \frac{A(I)_{jm}}{\psi} & 1 \\ \left(\frac{A(I)_{j_{2m}}}{\psi}\right)^2 & \frac{A(I)_{j_{2m}}}{\psi} & 1 \\ \left(\frac{A(I)_{j_{2m+1}}}{\psi}\right)^2 & \frac{A(I)_{j_{2m+1}}}{\psi} & 1 \end{pmatrix}, (m = 1 \dots 6) \quad (11)$$

bu yerda: j_m - ning qiymati zoldir prokatlash valogi kalibrovkasini ishlab chiqish natijalari bo'yicha aniqlanadi va bunda aniqlangan chegaraviy qiymatlar uchun $j_m = j_{m-1} + 6$ ifoda o'rinli.

Zoldir prokatlash valogi kalibrovkasini ishlab chiqishdagi hisoblashlar asosida quyidagilar o'rinli:

$$A_7 = \begin{pmatrix} \left(\frac{739}{\psi}\right)^2 & \frac{739}{\psi} \\ \left(\frac{\varphi_{um}}{\psi}\right)^2 & \frac{\varphi_{um}}{\psi} \end{pmatrix}, E_m = \begin{pmatrix} Z_k(A(I)_{j_{2m-1}}) \\ Z_k(A(I)_{j_{2m}}) \\ Z_k(A(I)_{j_{2m+1}}) \end{pmatrix}, (m = 1...6) \quad (12)$$

bu yerda Z_k – o'zgaruvchan qadam uzunligining qiymati.

E_7 matritsa quyidagicha aniqlandi:

$$E_7 = \begin{pmatrix} Z_k(739) \\ 0 \end{pmatrix}. \quad (13)$$

A_m matritsaga teskari bo'lgan A_m^{-1} matritsa bilan E_m matritsa ko'paytmasi f_m matritsa ko'rinishida belgilandi va uning qiymati quyidagicha aniqlandi:

$$f_m = A_m^{-1} \cdot E_m, (m = 1...7). \quad (14)$$

Birinchi kulachok markazining $S_1(\varphi_k)$ ko'chishi quyidagicha aniqlandi:

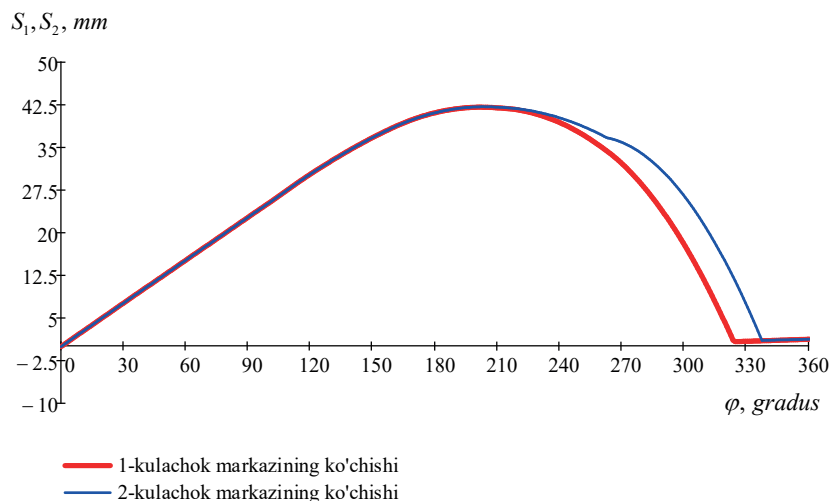
$$S_1(\varphi_k) = \begin{cases} f_{10,0} \cdot \varphi_k^2 + f_{11,0} \cdot \varphi_k + f_{12,0}, \text{ agar } 0 \leq \varphi_k \leq \frac{120}{\psi} \\ f_{20,0} \cdot \varphi_k^2 + f_{21,0} \cdot \varphi_k + f_{22,0}, \text{ agar } \frac{120}{\psi} \leq \varphi_k \leq \frac{240}{\psi} \\ f_{30,0} \cdot \varphi_k^2 + f_{31,0} \cdot \varphi_k + f_{32,0}, \text{ agar } \frac{240}{\psi} \leq \varphi_k \leq \frac{360}{\psi} \\ f_{40,0} \cdot \varphi_k^2 + f_{41,0} \cdot \varphi_k + f_{42,0}, \text{ agar } \frac{360}{\psi} \leq \varphi_k \leq \frac{480}{\psi} \\ f_{50,0} \cdot \varphi_k^2 + f_{51,0} \cdot \varphi_k + f_{52,0}, \text{ agar } \frac{480}{\psi} \leq \varphi_k \leq \frac{600}{\psi} \\ f_{60,0} \cdot \varphi_k^2 + f_{61,0} \cdot \varphi_k + f_{62,0}, \text{ agar } \frac{600}{\psi} \leq \varphi_k \leq \frac{739}{\psi} \\ f_{70,0} \cdot \varphi_k^2 + f_{71,0} \cdot \varphi_k, \text{ agar } \frac{739}{\psi} \leq \varphi_k \leq 360 \end{cases}. \quad (15)$$

Ikkinchi kulachok markazining $S_2(\varphi_k)$ ko'chishi quyidagicha aniqlandi:

$$S_2(\varphi_k) = \begin{cases} f_{110,0} \cdot \varphi_k^2 + f_{111,0} \cdot \varphi_k + f_{112,0}, \text{ agar } 0 \leq \varphi_k \leq \frac{120}{\psi} \\ f_{220,0} \cdot \varphi_k^2 + f_{221,0} \cdot \varphi_k + f_{222,0}, \text{ agar } \frac{120}{\psi} \leq \varphi_k \leq \frac{240}{\psi} \\ f_{330,0} \cdot \varphi_k^2 + f_{331,0} \cdot \varphi_k + f_{332,0}, \text{ agar } \frac{240}{\psi} \leq \varphi_k \leq \frac{360}{\psi} \\ f_{440,0} \cdot \varphi_k^2 + f_{441,0} \cdot \varphi_k + f_{442,0}, \text{ agar } \frac{360}{\psi} \leq \varphi_k \leq \frac{480}{\psi} \\ f_{550,0} \cdot \varphi_k^2 + f_{551,0} \cdot \varphi_k + f_{552,0}, \text{ agar } \frac{480}{\psi} \leq \varphi_k \leq \frac{600}{\psi} \\ f_{660,0} \cdot \varphi_k^2 + f_{661,0} \cdot \varphi_k + f_{662,0}, \text{ agar } \frac{600}{\psi} \leq \varphi_k \leq \frac{770}{\psi} \\ f_{770,0} \cdot \varphi_k^2 + f_{771,0} \cdot \varphi_k, \text{ agar } \frac{770}{\psi} \leq \varphi_k \leq 360 \end{cases}. \quad (16)$$

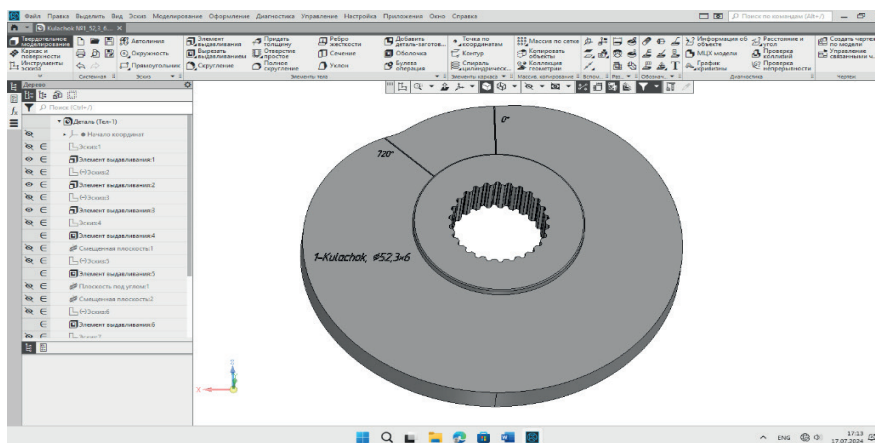
bu yerda: $f_1, f_2, f_3, f_4, f_5, f_6, f_7, f_{11}, f_{22}, f_{33}, f_{44}, f_{55}, f_{66}, f_{77}$ – parametrlarning qiymatlari zoldir prokatlash valogini loyihalashdan olingan parametrlar asosida tuzilgan jadval ko'rinishidagi qiymatlardan olindi va bu jadval Mathcad 15.0 dasturida matritsalar ko'rinishida ifodalandi.

Mathcad 15.0 dasturi yordamida olti kirimli zoldir prokatlash valogini kesishda vintli kalibrning qadamini ta'minlab beruvchi ilgarilanma va aylanma harakat qiluvchi kulachoklar markazining ko'chishi grafigi aniqlandi (4-rasm).

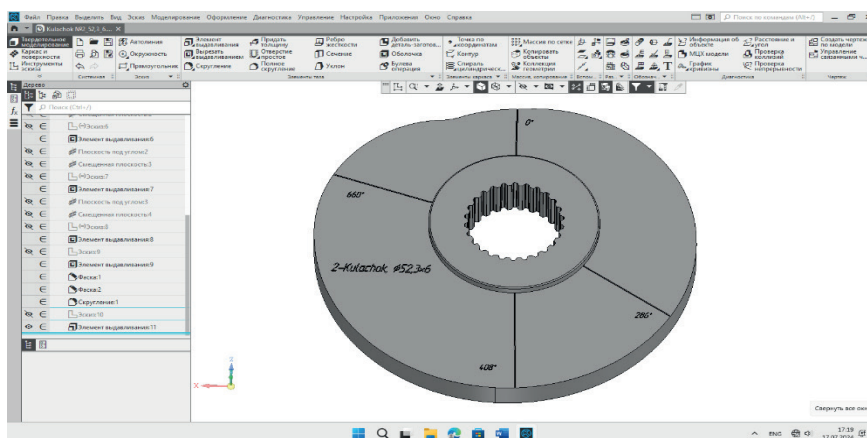


4-rasm. Kulachoklar markazining ko'chishi grafigi

Kompas-3D v21 dasturida 1-kulachok va 2-kulachokning 3D modellari yaratildi (5-, 6-rasmlar). Kulachoklarning 3D modellari step kengaytmali fayl shaklida frezalash RDB dastgohida kulachoklarni tayyorlash uchun berildi.



5-rasm. Olti kirimli zoldir prokatlash valogini kesishda vintli kalibr qadamini ta'minlab beruvchi 1-kulachokning Kompas-3D v21 dasturidagi 3D modeli



6-rasm. Olti kirimli zoldir prokatlash valogini kesishda vintli kalibr qadamini ta'minlab beruvchi 2-kulachokning Kompas-3D v21 dasturidagi 3D modeli

Xulosa

Ushbu tadqiqotda kulachoklarning 3D modellari asosida kulachoklar tayyorlandi va maxsus nusxa ko'chirish moslamasi yordamida o'zgaruvchan qadamga ega vintli kalibrni qirqish amaliyotini bajarish tokarlik vint qirqish dastgohida amalga oshirildi.

Diametri 50 mm bo'lgan zoldirlarni prokatlashda qo'llanadigan zoldir prokatlash valoklarini qirqish uchun KOMPAS dasturi yordamida uch o'lchamli modellari ishlab chiqilgan kulachoklar tayyorlandi va ijobiy natijalar olindi. Olingan natijalarga asoslangan holda, "O'zmetkombinat" AJ tomonidan sinov-tajriba amaliyotlari o'tkazildi va ZPS 80–120 stanida olti kirimli diametri 50 mm bo'lgan zoldirlar ishlab chiqarish amaliyotga joriy qilindi.

Ilmiy izlanishlarni amaliyotga joriy etish natijasi bo'yicha ariqchalarining markazlari siljigan o'zgaruvchan qadamga ega vintli kalibrli olti kirimli valoklar yordamida diametri 50 mm bo'lgan zoldirlarni ZPS 80–120 stanida ishlab chiqarish yo'lga qo'yildi.

Diametri 50 mm bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlarni DSt 7524-2015 bo'yicha issiqalayin prokatlash yo'li orqali ishlab chiqarishni yo'lga qo'yish maqsadida olti kirimli vintli kalibrlardan foydalanib, "O'zmetkombinat" AJ bilan hamkorlikda bir qator ilmiy izlanishlar amalga oshirildi va malaka sinovlari o'tkazildi. O'tkazilgan sinovlar asosida maydalovchi po'lat zoldirlar ishlab chiqarish unumdorligi oshganligi va sarflangan vaqt sezilarli darajada tejalganligi aniqlandi.

Olingan natijalar asosida olti kirimli vintli kalibrlardan foydalangan holda, diametri 50 mm bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlar ishlab chiqarishda metall xomashyoning kimyoviy tarkibi o'rganildi. Natijada ishlab chiqarilgan maydalovchi po'lat zoldirlarning kimyoviy tarkibi DSt 7524-2015 ga mos va uning qattiqligi 3-guruhga tegishli ekanligi aniqlandi. "O'zmetkombinat" AJ tomonidan berilgan malaka sinovlari dalolatnomalari asosida ishlab chiqarilgan mahsulotning texnik darajasi va kimyoviy tarkibiy qismlari tahlil qilindi.

Olingan natijalar tahlili shuni ko'rsatadiki, ZPS 40–80 stanida uch kirimli vintli kalibrlardan foydalangan holda ishlab chiqarilgan diametri 50 mm bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlarga nisbatan ZPS 80–120 stanida olti kirimli vintli kalibrlardan foydalangan holda ishlab chiqarilgan diametri 50 mm bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlarning qattiqligi yuqori va ish unumdorligi ikki barobarga oshganligi ma'lum bo'ldi.

Minnatdorlik

ZPS 80–120 stanida olti kirimli diametri 50 mm bo'lgan maydalovchi po'lat zoldirlar ishlab chiqarishni amaliyotga joriy qilishda yaqindan yordam bergan va qo'llab-quvvatlagan "O'zmetkombinat" AJ mutasaddi rahbarlari hamda mas'ul xodimlariga chuqur minnatdorchilik bildiramiz.

REFERENCES

1. Filippova, M. V., Temlyantsev, M. V., Pretyatko, V. N., & Prudkiy, E. E. (2017). Rolling of Metal Balls. (In Russian). *Steel Transl.*, 435–439.
2. Gorbatyuk, S., Beleyubskiy, B., Karfidov, A., & Snitko, S. (2022). Method for Calculating the Shape of Rolls for Helical Rolling. (In Russian). *Modern Trends in Manufacturing Technologies and Equipment*, 36–42.
3. Granovskiy, S. P. (1980). *New Technologies and Mills for Rolling of Products in Screw Calibers*. (In Russian). Moscow: Metallurgiya.
4. Karimov, R. I., Sadullayev, Sh. A., & Shaxobutdinov, R. E. (2014). Cam and cam-lever mechanisms. *Fundamentals of theory and constructions*. Tashkent: TashSTU.

5. Karimov, R. I., & Shakhobutdinov, R. E. (2020). Development of a cam mechanism taking into account the loading of its links for cutting ball-rolling rolls with screw calibers with an offset center of streams on a screw-cutting machine. *Modern problems of Innovative Development of Science, education and production: Proceedings of the International Scientific and Practical Conference* (pp. 158–161). Andijan: Andijan Machine-Building Institute.
6. Kotyonok, V. I., & Podobedov, S. I. (2000). Creation of effective calibrations of ball rolling rolls and expansion of the range of balls at existing and new mills. *Proceedings of the III Congress of Distributors* (Lipetsk, 1999, October 19–22) (pp. 438–441). (In Russian). Moscow: Chermetinformation JSC.
7. Kotyonok, V. I., & Podobedov, S. I. (2001). Energy-efficient design of rolls for ball-rolling mills. (In Russian). *Metallurgist*, 363–367.
8. Pretyatko, V. N., Klimov, A. S., & Filippova, M. V. (2013). Calibration of rolls of a ball-rolling mill. (In Russian). *News of Higher Educational Institutions, Ferrous Metallurgy*, 16–20.
9. Selikov, A. I., Barbarich, M. V., & Vasilchikov, M. V. (1971). *Special rolling mills*. (In Russian). Moscow: Metallurgy.
10. Shakhobutdinov, R. E. (2024). *Theoretical and applied fundamentals of cam mechanisms used in ball rolling production*. Tashkent: Innovative Development Publ.
11. Shakhobutdinov, R. E., Karimova, A. R., & Nosirov, T. N. (2024). Tasks of mastering the production of import-substituting steel grinding balls products. *Science and Innovative Development*, 36–44.
12. Specifications. (2016). *Grinding steel balls for ball mills*. (In Russian). Moscow: Standartinform.
13. Zbignev, P., Janusz ,T., Jaroslaw, B., & Tomasz, B. (2018). Thermomechanical Analysis of a Helical-Wedge Rolling Process for Producing Balls. *MDPI Journals*, 1–7.

UDC: 677.21.021(045)(575.1)

EDN: <https://elibrary.ru/ncrqpg>

ПАХТА ТОЗАЛАШ ҚУРИЛМАСИНИНГ САМАРАЛИ ИШЛАШИНИ ТАЪМИНЛОВЧИ ОПТИМАЛ ПАРАМЕТРЛАРНИ АНИҚЛАШ

Қирғизов Мадёр Ўқтамали ўғли¹, Рахимов Файзулло Хусанбой ўғли²,
Мурадов Рустам Мурадович³

¹мустақил изланувчи
e-mail: madyor9393@mail.ru

²техника фанлари бўйича
фалсафа доктори (PhD)
e-mail: f.rahimov95@mail.ru

³техника фанлари доктори,
профессор
e-mail: muradovrustam340@gmail.com

¹“University of Business and
Science” нодавлат олий
таълим муассасаси

^{2,3}Наманган тўқимачилик
саноати институти

Аннотация. Ҳар бир технологик машиналарни лойиҳалаш ва ишлаб чиқаришга жорий қилишдан аввал уларнинг рационал параметрларини аниқлаш алоҳида аҳамият касб этади. Чунки лойиҳаланаётган янги машина ўздан олдинги ва кейинги жараёндаги машиналарга мутаносиб бўлиши зарур. Худди шундай ишлаб чиқариш соҳаларидан бири пахтани дастлабки ишлаш бўлиб, ушбу соҳада ҳам бир нечта кетма-кетликда жойлашган технологик машиналардан фойдаланилади. Уларнинг юқори самарадорлик ва унумдорликда ишлаши рационал параметрларга эга бўлган ишчи органларига боғлиқдир. Тадқиқотчилар томонидан соҳага жорий қилинаётган пахта тозалаш машиналарининг самарали ишлашини таъминловчи параметрларни аниқлаш ҳамда белгиланган тартибда тажрибалар ўтказиш долзарб муаммолардан бири ҳисобланади. Мақолада пахта тозалаш корхоналарида пахта хомашёсини йирик ва майда минерал аралашмалардан тозалашда фойдаланиб келинаётган технологик машиналарнинг ишлаши мобайнида ишчи элементларининг қурилма тозалаш самарадорлигига таъсири ўрганилиб, қурилма ишчи элементлари турли хил қийматларда кировчи омил сифатида танлаб олинган. Қурилма ишчи элементларининг оптимал параметрларини аниқлаш мақсадида такрорланмас комбинациялашган усулда ўтказилган тажрибалар натижалари келтирилган. Ушбу параметрларни аниқлашда ТОТ 23 кўринишдаги тўлиқ факторли эксперимент ўтказиш орқали қурилма ишчи органларининг рационал параметрлари аниқланган. Олинган натижалар Фишер F-критериясининг 5 % аҳамиятлилиқ даражасидаги жадвал асосида солиштириб текширилган.

Калит сўзлар: пахта, вакуум клапани, тозалаш машинаси, магнитли барабан, кувур, ҳаво, тезлик, резина парраклар, металл парчаси, ўза қўсаги.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИХ ЭФФЕКТИВНУЮ РАБОТУ ХЛОПКООЧИСТИТЕЛЯ

Киргизов Мадёр Уқтамали угли¹, Рахимов Файзулло Хусанбой угли²,
Мурадов Рустам Мурадович³

¹самостоятельный
соискатель

²доктор философии по
техническим наукам (PhD)

³доктор технических наук,
профессор

¹Негосударственное
высшее образовательное
учреждение University of
Business and Science

^{2,3}Наманганский
институт текстильной
промышленности

Аннотация. Особое значение приобретает определение рациональных параметров каждого технологического оборудования перед его проектированием и внедрением в производство, так как проектируемое новое оборудование должно быть соотнесено с существующим оборудованием. Первичная обработка хлопка – одна из производственных отраслей, где также используются технологические устройства, расположенные в нескольких производственных цепочках. Их высокая эффективность и производительность зависит от рабочих элементов с рациональными параметрами. Одной из актуальных проблем является определение исследователями этих параметров, обеспечивающих эффективную работу хлопкоочистительных машин, внедряемых в отрасль, а также проведение соответствующих экспериментов. В статье изучено влияние рабочих элементов устройства на эффективность очистки хлопкового сырья от крупных и мелких минеральных примесей в ходе эксплуатации технологических машин, применяемых на хлопкоочистительных предприятиях, определены различные параметры рабочих элементов устройства как

нежелательные факторы при очистке. Представлены результаты экспериментов, проведённых методом комбинаторики с целью определения оптимальных параметров рабочих элементов устройства. Значение рациональных параметров рабочих элементов устройства определялось путём проведения полнофакторного эксперимента в виде TOT 23. Полученные результаты сравнивали при помощи F-критерия Фишера при 5 % значимости. **Ключевые слова:** хлопок, вакуумный клапан, очиститель, магнитный барабан, труба, воздух, скорость, куски резины, куски металла, коробочка хлопчатника.

DETERMINATION OF OPTIMAL PARAMETERS ENSURING EFFICIENT OPERATION OF A COTTON GINNER

Kirgizov Madyor Uktamali ugli¹, Rakhimov Fayzullo Khusanboy ugli²,
Muradov Rustam Muradovich³

¹Independent Researcher

²Doctor of Philosophy in
Technical Sciences (PhD)

³Doctor of Technical Sciences,
Professor

¹Non-state higher
educational institution
University of Business and
Science

^{2,3}Namangan Institute of
Textile Industry

**Kelib tushgan/Получено/
Received: 23.09.2024**

**Qabul qilangan/Принято/
Accepted: 09.10.2024**

**Nashr etilgan/
Опубликовано/Published:
31.10.2024**

Abstract. Determining of rational parameters of each technological machine before introducing it into a design and manufacture is considered of particular importance. Because a new machine being designed must be proportional to the ones in the process before and after it. One of these areas of manufacture is a primary processing of cotton, which also uses technological machines arranged in several series. Their high efficiency and productivity depend on working parts having rational parameters. One of the relevant tasks of the research is to determine the parameters that will ensure effective operation of cotton gins as well as to conduct experiments in accordance with established procedures. The article reviews influence of working parts on the efficiency of cleaning the device during operation of technological machines used in cleaning of cotton raw materials from large and mineral impurities at cotton ginning enterprises, as well as it examines working elements of the device selected as input factors of different values. In view to determine optimal parameters of the working elements of the device, the results of experiments made using a non-repetitive combined method are being presented. When determining these parameters, the rational data of the working parts of the device were found by conducting a full factorial experiment in the TOT 23 form. The results retrieved were compared by Fisher's F test at a significance level of 5%.

Keywords: cotton, vacuum valve, cleaning machine, magnetic drum, pipe, air, speed, rubber sheets, piece of metal, cotton boll.

Кириш

Бирор технологик жараён ёки объект устида ўтказилаётган тажрибалар давомида таъсир этувчи омилларнинг маълум қийматларида бир неча чиқувчи параметрларни оламиз. Meliboyev (2020) томонидан олиб борилган тадқиқотларга кўра, тадқиқотчи учун доимо таъсир этувчи омиллар билан чиқувчи параметрлар орасидаги боғланиш қонуниятини билиш жуда муҳим. Тажриба натижалари асосида эмпирик формулалар олишнинг бир неча усуллари мавжуд: ўртача, синаш ва энг кичик квадратлар усули.

Мазкур усуллар асосида таъсир этувчи омил x нинг турли $x_1, x_2, x_3, \dots, x_n$ қийматларига тўғри келувчи y нинг қийматларини топишдан иборат. Тажриба натижалари қуйидаги жадвалга киритилади (1-жадвал).

1-жадвал

Тажриба натижалари учун қийматлар жадвали

x	x_1	x_2	x_3	...	x_{n-1}	x_n
y	y_1	y_1	y_3	...	y_{n-1}	y_n

Жадвалдаги (x_1 ва y_1) қийматлар жуфтлиги боғлиқлигига графикдаги ўтувчи нуқталар ўрни деб қараб, улар қоғозга туширилади. Ушбу усул ёрдамида ҳар қандай янги ишлаб чиқиладиган технологик машина самарадорлигига таъсир қилувчи омилларни аниқлаш мумкин.

Пахта тозалаш корхоналарида ғарам майдонларига жойлаштирилган пахта хомашёсини ишлаб чиқариш жараёнига узатишда кенг фойдаланиладиган пневмотранспорт тизимининг асосий элементларидан бири тоштутгич қурилмаси саналади. Унинг асосий вазифаси пахта таркибидаги турли майда ва йирик ўлчамдаги оғир ва бегона аралашма (тош, қум, кесак, металл парчаси, очилмаган ғўза қўсаги ва бошқа)ларни пахта таркибидан ажратиб олишдир. Ушбу жараёнда тоштутгич қурилмасига қўйиладиган асосий талаб пахта хомашёсининг дастлабки табиий хусусиятларини сақлаб қолган ҳолда, унинг таркибидан оғир ва бегона аралашмаларни тутиб қолиш, шунингдек, чиқиндилар таркибида пахта бўлакчалари тушиб қолишининг олдини олиш ҳисобланади (Rakhimov, 2023; Rakhimov et al., 2023).

Қўллаб келинаётган тоштутгич қурилмаларида пахта таркибидан оғир ва бегона аралашмалар, айниқса, металл парчаларини тутиб қолиш самарадорлигининг пастлиги ҳамда ажралиб чиқаётган оғир аралашмалар таркибида пахтанинг кўп миқдорда тушиб қолиш ҳолатлари кузатилиши тоштутгич қурилмасининг асосий камчилиги саналади (Meliboyev, 2020; Rajarova et al., 2019; Muradov et al., 2020; Kosimov et al., 2020a). Мавжуд тоштутгич қурилмалари тозалаш самарадорлиги пастлигининг асосий камчиликларидан бири таркибида оғир ва бегона аралашмалари бўлган пахта хомашёсининг ишчи камерасига титилмасдан кириши ва ишчи камерада алоҳида металл парчаларини тутиб қолиш технологияси ишлаб чиқилмаганлигидир.

Шунингдек, тоштутгичнинг чўнтак қисмига пахта бўлакчаларининг кўп миқдорда тушиб қолиши сабаблари ва уни баратараф қилиш усуллари ҳам аниқланмаган. Бу ушбу жараённинг долзарб муаммоларидан бири саналади. Шу боис янги такомиллашган тоштутгич қурилмасида ўзгартириш имконияти мавжуд бўлган параметрларни таҳлил қилиб, экспериментал тадқиқотлар ўтказиш орқали қурилманинг тозалаш самарадорлигини ошириш ва оғир аралашмалар таркибига пахтанинг қўшилиб кетишини камайтирадиган параметрларни топиш зарур (Rakhimov, 2023; Rakhimov et al., 2023; Abdulkarimov et al., 2021a).

Материал ва методлар

Ушбу параметрларни аниқлашда TOT 2³ кўринишдаги тўлиқ факторли эксперимент ўтказиш орқали бу оптимал параметрларни аниқлашга ҳаракат қиламиз.

Тоштутгич қурилмасининг кириш қувури қаршисидаги деворга резина парракли магнитли барабан парраклари сони – дона (x_2) танлаб олинган. Резина парракли магнитли барабанга пахта оқимини етказиб беришдаги ҳавонинг тезлиги – м/с (x_1) ҳамда тоштутгичнинг чўнтак қисмига ўрнатилган оғир аралашмаларни узлуксиз ташқарига чиқариб берувчи вакуум-клапан диаметри – мм (x_3) танлаб олинди. Танланган параметрлар асосида қўйилган мақсадни амалга ошириш учун бу параметрларнинг рационал қийматларини аниқлаш лозим (Mutalov et al., 2021; Abdulkarimov et al., 2021b; Aliyev et al., 2022; Kosimov et al., 2022b).

Кирувчи параметрлар сифатида уларнинг қуйи (–1) ва юқори (+1) қийматларини аниқлаймиз.

Ҳаво тезлиги (x_1)нинг (–1) кичик қиймати 22 м/с га тенг. Бу қийматда кирувчи ҳаво оқими пахтани юқорига олиб чиқиб кетиш учун етарли эмаслиги тажрибаларда аниқланган. Ҳаво тезлиги (x_1)нинг юқори (+1) қиймати 28 м/с бўлиб, бу қийматдаги тезликда пахтанинг тоштутгич деворлари билан ортиқча зарбаланиш ҳолатлари,

айниқса, ажралаётган оғир аралашмаларни ҳам тортиб чиқиб кетиш жараёнлари кузатилади (Kosimov et al., 2022c).

Кириш қузури қаршисига ўрнатилган резина парракли магнитли барабан парраклари сони (x_2)нинг энг кам миқдори (–1) 4 дона қабул қилинди ва бу энг минимал миқдордир. Бунда пахтанинг титилиш миқдори камайиб, тола самарадорлигининг тушиб кетиши кузатилади. Агар ушбу қийматни максимал (+1) 8 дона деб олсак, парраклар орасига пахта таркибидаги металл парчаларининг тезда тўлиб қолиш муаммолари келиб чиқиши ўтказилган тажрибаларда аниқланди. Шунга кўра, парраклар сони 6 дона деб танлаб олинди.

Вакуум-клапан диаметри (x_3)нинг максимал қиймати (+1) 500 мм деб қабул қилинди (2-жадвал).

2-жадвал

Кирувчи параметрлар қийматлари

№	Номи, ўлчов номи	Белгиланиши	Қиймат			
			–1	0	+1	Δx
1	Ҳавонинг тезлиги, м/с	x_1	22	25	28	3
2	Магнитли барабаннинг парраклар сони, дона	x_2	4	6	8	2
3	Вакуум-клапаннинг диаметри, мм	x_3	300	400	500	100

Чиқувчи параметрлар сифатида y_1 – тозалаш самарадорлиги. Бунда тоштутгичда пахта хомашёси таркибидан оғир ва бегона аралашмаларни ажратиш олишдаги тозалаш самарадорлиги ҳамда y_2 – ифлосликлар таркибидаги пахта бўлакчаси миқдори олинди (Kosimov et al., 2022d). Керакли аниқликни таъминлаш учун тажрибалар 8 мартадан ўтказилиб, уларнинг ўртача қийматлари жадвалга киритилди (3-жадвал).

3-жадвал

Тажрибалар натижаларини умумлаштириш жадвали

№	Омиллар				Ўзаро боғланган омиллар				y_1 нинг қиймати (қурил-манинг тозалаш самарадорлиги, кг)	Қато-рий дис-персия	y_2 нинг қиймати (ифлос-ликлар таркибидаги пахта бўлакчаси миқдори, г)	Қато-рий дис-персия
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y_1	S_1	y_2	S_2
1	1	–1	–1	–1	1	1	1	–1	12,3	1,02	645	93,00
2	1	1	–1	–1	–1	–1	1	1	10,5	0,38	656	91,00
3	1	–1	1	–1	–1	1	–1	1	9,7	0,57	471	28,00
4	1	1	1	–1	1	–1	–1	–1	12,4	0,30	674	31,00
5	1	–1	–1	1	1	–1	–1	1	12,1	0,43	624	201,00
6	1	1	–1	1	–1	1	–1	–1	12,9	0,06	684	76,00
7	1	–1	1	1	–1	–1	1	–1	12,6	0,20	642	52,00
8	1	1	1	1	1	1	1	1	11,8	0,25	655	37,00

Ўтказилган тажрибалар орқали олинган натижалар, яъни танлаб олинган 3 та кирувчи омиллар қийматини ўзгартириш натижасида қурилманинг тозалаш самарадорлиги ва ифлосликлар таркибидаги пахта бўлакчалари миқдори аниқланди. Аниқланган қийматлар жадвал кўринишида ифодаланиб, уларнинг энг юқори ижобий қийматга эга бўлганлари танлаб олинди.

Тадқиқот натижалари

Тажриба натижалари бўйича ҳар бир синов учун оптималлаш параметрларининг ўртача арифметик қийматини аниқлаймиз.

Дастлаб y_1 – қурилманинг тозалаш самарадорлиги учун ўртача арифметик қиймат:

$$\bar{y}_j = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n y_{ju} = \frac{94,3}{8} = 11,78. \quad (1)$$

y_2 – ифлосликлар таркибидаги пахта бўлакчаси миқдори учун ўртача арифметик қиймат:

$$\bar{y}_j = \frac{1}{n} \sum_{u=1}^n y_{ju} = \frac{5051}{8} = 631,37. \quad (2)$$

Дисперсиянинг бир жинслилигини Кохрен мезони ёрдамида аниқлаймиз:

$$G_p = \frac{S_{\max}^2 \{y\}}{\sum S_n^2 \{y\}} \quad (3)$$

5 % аҳамиятлилик даражаси ($N = 8, n - 1 = 3 - 1 = 2$) Gt мезонининг қиймати 0,5157 га тенг. $G_r < G_t$ бўлгани учун дисперсиялар бир жинсли бўлади.

Тажриба тикланишини аниқлаш учун Кохрен мезони ҳисобий қийматини жадвал билан таққослаймиз (Kosimov et al., 2022d; Kosimov et al., 2022e; Kamoliy et al., 2022).

Бизнинг ҳолда TOT 2³ ва $P = 0,95$ учун 0,95 – ишончлилик эҳтимоли.

$G_{\text{жад}}$ – Кохрен мезонининг жадвал қиймати;

$G_{\text{жад}} = (f_1 \text{ ва } f_2) \quad P = 0,95$ бўлганда.

Бу ерда ($f_1 = N = 8; f_2 = m - 1 = 3 - 1 = 2$) = 0,5157 (N – эркинлик даражаси сони).

Агар $G_x < G_{\text{жад}}$ бўлса, тажриба тикланади ва регрессия коэффицентларини ҳисоблашга ўтиш мумкин.

$G_x = 0,20; G_{\text{жад}} = 0,5157$

Бизнинг натижаларимизда $G_x < G_{\text{жад}}$ тенгсизлик қаноатлантирилди: $0,25 < 0,5157$. Демак, биз регрессия коэффицентларини ҳисоблашга ўтишимиз мумкин (Gadoev et al., 2022).

$$Y_R = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{23} x_2 x_3 + b_{123} x_1 x_2 x_3 \quad (4)$$

Тенгламадаги коэффицентларни ҳисоблаймиз:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum Y \quad (5)$$

$$b_0 = \frac{1}{8} (12,3 + 10,5 + 9,7 + 12,4 + 12,1 + 12,9 + 12,6 + 11,8) = \frac{94,3}{8} = 11,79$$

$$b_i = \frac{1}{N} \sum X_j Y \quad (6)$$

Бу ерда: i – синов тартиби;

j – омиллар тартиби.

Бизнинг масаламиз учун:

$$b_1 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_{1i} \bar{y} = \frac{1}{8} (-12,3 + 10,5 - 9,7 + 12,4 - 12,1 + 12,9 - 12,6 + 11,8) = \frac{0,9}{8} = 0,11$$

$$b_2 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_{2i} \bar{y} = \frac{1}{8} (-12,3 - 10,5 + 9,7 + 12,4 - 12,1 - 12,9 + 12,6 + 11,8) = \frac{-1,3}{8} = -0,16$$

$$b_3 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^n x_{3i} \bar{y} = \frac{1}{8} (-12,3 - 10,5 - 9,7 - 12,4 + 12,1 + 12,9 + 12,6 + 11,8) = \frac{4,5}{8} = 0,56$$

$$b_{il} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{ij} x_{lj} \bar{y}_j, \quad (7)$$

i – синов тартиби;

j – омиллар тартиби.

$$b_{12} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{1j} x_{2j} \bar{y} = \frac{1}{8} (12,3 - 10,5 - 9,7 + 12,4 + 12,1 - 12,9 - 12,6 + 11,8) = \frac{2,9}{8} = 0,36$$

$$b_{13} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{1j} x_{3j} \bar{y} = \frac{1}{8} (12,3 - 10,5 + 9,7 - 12,4 - 12,1 + 12,9 - 12,6 + 11,8) = \frac{-0,9}{8} = -0,11$$

$$b_{23} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{2j} x_{3j} \bar{y} = \frac{1}{8} (12,3 + 10,5 - 9,7 - 12,4 - 12,1 - 12,9 + 12,6 + 11,8) = \frac{0,1}{8} = 0,01$$

$$b_{123} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N x_{1j} x_{2j} x_{3j} \bar{y} = \frac{1}{8} (-12,3 + 10,5 + 9,7 - 12,4 + 12,1 - 12,9 - 12,6 + 11,8) = \frac{-6,1}{8} = -0,76$$

Регрессия коэффициентларининг аҳамиятга моликлиги Стьюдент мезонининг ҳисобий мезони t_R ёрдамида аниқланади:

$$t_R\{b_i\} = \frac{|b_i|}{s\{b_i\}} \quad (8)$$

$$s^2\{b_i\} = \frac{1}{nN} s_y^2 \quad (9)$$

Бу ерда $S^2\{Y\}$ – қаторий дисперсияси. У қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$s^2\{\bar{Y}\} = \frac{1}{m} s^2\{Y\} \quad (10)$$

Бу ерда m – синовлар такрорийлиги сони.

$S^2\{\bar{Y}\}$ – тикланиш дисперсияси. У қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$S_m^2\{\bar{Y}\} = \frac{1}{N} s^2\{Y\} \quad (11)$$

Бу ерда N – синовлар сони;

$S^2\{Y\}$ – қаторий дисперсиялар йиғиндиси.

$$S_m^2(\bar{Y}) = \frac{1}{8} \cdot 3,21 = 0,401; S^2(Y) = \frac{1}{8} \cdot 0,401 = 0,05$$

$$S^2(b_i) = \frac{0,05}{8} = 0,006 \quad S(b_i) = \sqrt{0,006} = 0,08$$

Ҳисобланган коэффицентлар учун Стъудент мезонининг ҳисобий қийматларини аниқлаймиз.

$$t_R\{b_i\} = \frac{|b_i|}{S\{b_i\}} \quad (12)$$

$$t_R\{b_0\} = \frac{|11,78|}{0,08} = 147,25; t_R\{b_1\} = \frac{|0,11|}{0,08} = 1,38; \quad t_R\{b_2\} = \frac{|0,16|}{0,08} = 2; \quad t_R\{b_3\} = \frac{|0,56|}{0,08} = 7;$$

$$t_R\{b_{12}\} = \frac{|0,3|}{0,08} = 4,5; t_R\{b_{13}\} = \frac{|0,11|}{0,08} = 1,4; t_R\{b_{23}\} = \frac{|0,01|}{0,08} = 0,13; t_R\{b_{123}\} = \frac{|0,76|}{0,08} = 9,5;$$

Стъудент мезонининг ҳисобий қиймати кўрсатилган критик қиймати билан таққосланади.

$$f = (m - 1) \cdot N = (3 - 1) \times 8 = 16$$

$$m = 3; \quad N = 8$$

$$t_{жад}[P = 0,95; f = 16] = 2,12$$

Тадқиқот натижалари таҳлили

Агар регрессия коэффицентлари $t_R > t_{жад}$ бўлса, аҳамиятга молик бўлади. Демак, бизнинг мисолимизда $b_0, b_1, b_2, b_3, b_{12}$ коэффицентлар аҳамиятга молик ва регрессия тенгламаси аҳамиятга молик бўлмаган коэффицентларни ташқарига чиқариб ташлаганда, қуйидаги кўринишга келади (Kosimov et al., 2022f; Rakhimov et al., 2022; Salomova et al., 2019; Jamolov et al., 2023; Mukhametshina et al., 2020):

$$Y_R = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 \quad (13)$$

Олинган тенгламани адекватликка текширамиз. Текшириш Фишер мезони ёрдамида амалга оширилади. Фишер мезонининг ҳисобий қиймати қуйидагича:

$$F_R = \frac{S_{ад}^2\{Y\}}{S^2\{Y\}}; N - M > 0 \quad (14)$$

Бу ерда аҳамиятга молик регрессия коэффицентлари сони.

N – синов умумий мисолда;

M – такрорий синовлар сони;

$S_{ад}^2\{Y\}$ – адекватлик дисперсияси;

$S^2\{Y\}$ – қаторий дисперсияси.

$$S_{ад}^2\{Y\} = \frac{m}{N-M} \sum (Y_i - Y_{Ri})^2 \quad (15)$$

$$S^2\{Y\} = \frac{3}{8-5} \cdot 0,0005 = 0,0005 ;$$

$$N = 8; M = 5; m = 3$$

(15) тенгламага асосан, Фишер мезонининг ҳисобий қийматини аниқлаймиз:

$$F_p = \frac{s_{ад}^2}{s_y^2} = \frac{0,0005}{0,05} = 0,01$$

Фишернинг F-критерияси 5 % аҳамиятлилик даражасидаги жадвал қиймати ҳамда $f_1 = N - (k - 1) = 8 - (3 + 1) = 4$ ва махраж $f_2 = (n - 1)$ учун эркинлик даражалари рақамлари (Gadoev et al., 2022; Kosimov et al., 2022f; Rakhimov et al., 2022). $N = (3 - 1) \times 8 = 16$ мезоннинг жадвал қиймати $F_{жад} = 3,0$.

$F_{жад} < F_t (0,01 < 3)$; демак, жараён стационар ва модель адекват.

$$y_R = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3$$

$$y_R = 11,79 + 0,11x_1 - 0,16x_2 + 0,56x_3 + 0,36x_1x_2 - 0,11x_1x_3 + 0,01x_2x_3$$

4-жадвал

Фишер мезони ёрдамида модельни текшириш учун ҳисоблаш жадвали

№	y_i	y_{Ri}	$(y_i - y_{Ri})$	$(y_i - y_{Ri})^2$
1	12,3	12,29	0,0125	0,000156
2	10,5	10,49	0,0125	0,000156
3	9,7	9,713	-0,012	0,000156
4	12,4	12,41	-0,013	0,000156
5	12,1	12,11	-0,013	0,000156
6	12,9	12,91	-0,012	0,000156
7	12,6	12,59	0,0125	0,000156
8	11,8	11,79	0,0125	0,000156

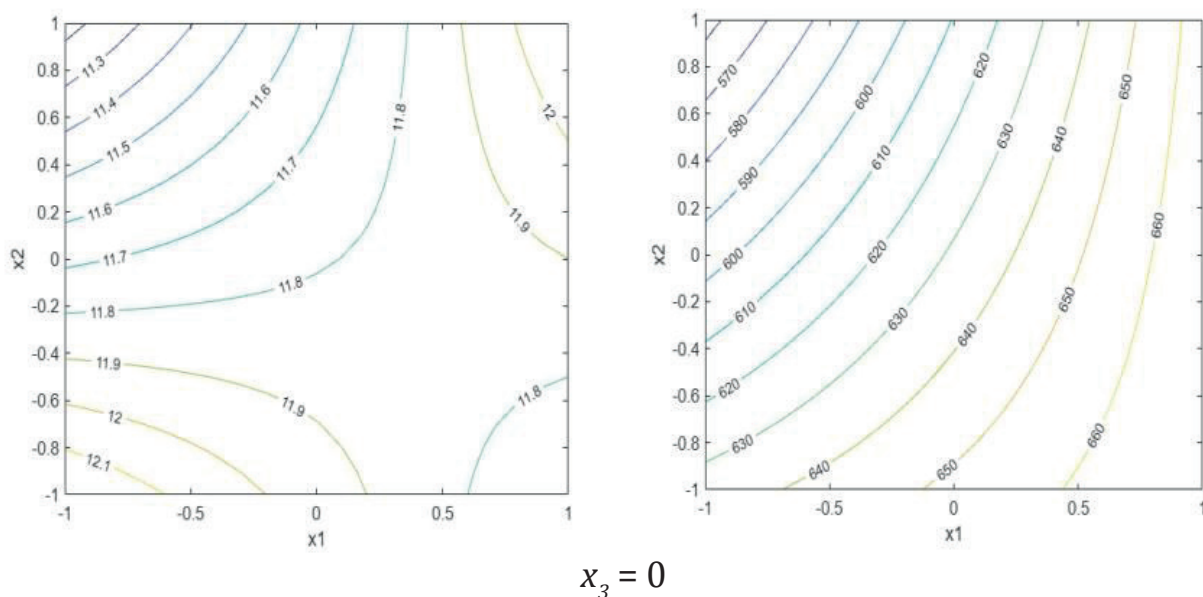
Демак, натижалар бўйича биринчи чиқувчи омил учун келтирилган регрессия математик модели қуйидаги кўринишда бўлади:

$$y_R = 11,79 + 0,11x_1 - 0,16x_2 + 0,56x_3 + 0,36x_1x_2 - 0,11x_1x_3 + 0,01x_2x_3 \quad (16)$$

Худди шу тартибда иккинчи чиқувчи омил Y_2 учун ҳам регрессион тенглама тузилди: ифлосликлар таркибидаги пахта бўлакчаси миқдори – Y_2 .

$$y_R = 631,38 + 35,88x_1 - 20,88x_2 + 18,13x_1x_2 - 17,63x_1x_3 + 18,13x_2x_3 - 29,88x_1x_2x_3$$

Ҳар икки регрессион тенгламалар учун графиклар олинди (расм).



Расм. Математик модель ёрдамида тоштутгич тозалаш самарадорлиги ифлосликлар таркибидаги пахта бўлакчаси миқдорининг кирувчи омиллар қийматига боғлиқлиги таҳлили (изолиниялар оғиш чизмалари)

Олинган натижалар шуни кўрсатдики, кирувчи омиллардан бири бўлган пахта хомашёсини ташувчи ҳаво тезлигини 22, 25 ва 28 м/с қийматларда танлаб олиб, тажрибалар ўтказганимизда, 25 м/с га тенг бўлганда, кутилган самарадорликка эга бўлишимиз мумкин. Агар ташувчи ҳаво тезлигини бу кўрсаткичдан камайтирсак, чиқиндилар таркибидаги пахта бўлакчалари миқдори ошиб кетишига, агар ҳаво тезлигини оширсак, тозалаш самарадорлигининг пасайишига олиб келар экан.

Хулоса

Графиклардан хулоса қилишимиз мумкинки, математик моделлаштириш қисмида тоштутгич қурилмасининг тозалаш самарадорлигига таъсир қилувчи омиллар ва уларнинг оптимал ўлчамларини аниқлашда кирувчи омиллар сифатида x_1 – ҳавонинг тезлиги, м/с; x_2 – магнитли барабаннинг паррақлар сони, дона; x_3 – вакуум-клапан диаметри, мм танлаб олинди. Бунда тоштутгичнинг энг юқори тозалаш самарадорлигига ҳавонинг тезлиги 25 м/с, магнитли барабаннинг паррақлари сони 6 дона ва вакуум-клапаннинг диаметри 400 мм га тенг бўлганда эришилганлигини кўришимиз мумкин.

REFERENCES

1. Abdurkarimov, T., Kasimov, H., & Rakhimov F. (2021a). Determining the efficiency of cleaning by experimenting in a device that separates heavy impurities from cotton. (In Uzbek). *Science and Technology Development*, (6), 229–235. Bukhara Institute of Engineering and Technology.
2. Abdurkarimov, T., Shamshiddinov, I., Rakhimov, F., & Muradov, R. (2021b). Increasing the efficiency of stone catcher device by installing a cutter in the working chamber. (In Russian). *Vanguard of Youth Science*, 186–192.

3. Aliyev, O., Botirov, A., Kosimov, X., & Rakhimov, F. (2022). Ways to increase the work efficiency of working bodies machined with a shaped cutter. *Proceedings of the International conference on Humanities, Education and Sciences*, 247–250. Los-Angeles, Californiya, USA.
4. Gadoev, N., Muradov, R., Kosimov, Kh., & Rakhimov, F. (2022). Study of raw cotton movement in the working chamber of a stone trap. (In Russian). *Proceedings of the International Conference on Research in Humanities, Applied Sciences and Education Hosted* (pp. 352–355). Berlin, Germany.
5. Jamolov, A., Muradov, R., Kozokov, S., & Abdugarimov, T. (2023). Theoretical analysis of the process of cleaning cotton from small contaminants on a drum with an inclined splitter. *AIP Conference Proceedings* (vol. 2789 (1)). AIP Publ.
6. Kamoliy, I., Muradov, R., & Rakhimov, F. (2022). The role of the vacuum valve in the technological machinery of cotton ginning enterprises. (In Uzbek). *Economic, innovative-technological problems and international experience of increasing the efficiency of product production based on deep processing of raw materials in cotton textile clusters: Proceedings of the International Conference* (pp. 188–192). Namangan: Namangan Engineering and Technological Institute.
7. Kosimov, H., Muradov, R., & Rakhimov, F. (2022b). New technology of removing heavy impurities separated from cotton from the working chamber of the dryer. (In Uzbek). *Modern researches, innovations, current problems and development trends of technology and technology: Proceedings of the International scientific and technical conference* (vol. 8-9, pp. 729–730). Jizzakh.
8. Kosimov, H., Saidmakhamadov, N., & Rakhimov, F. (2022c). Improvement of the incinerator device for separating heavy impurities from the cotton composition. (In Uzbek). *The role and importance of digital life and social sciences in raising a mature generation: current problems and prospects: Proceedings of the Scientific and Practical Conference* (pp. 225–228). Andijan.
9. Kosimov, Kh., Karimov, A., Muradov, R., & Rakhimov, F. (2020a). Ways to increase the efficiency of the refrigerator. (In Uzbek). *Scientific and Technical Journal*, (1), 205–212. Namangan Engineering and Technological Institute.
10. Kosimov, Kh., Muradov, R., & Rakhimov, F. (2022e). Improving the process of cleaning cotton raw materials from heavy impurities. (In Uzbek). Ensuring modern integration of competitive personnel training in higher education institutions: problems and solutions: *Proceedings of the Republican Scientific and Technical Conference* (pp. 411–413). Tashkent: Tashkent State Technical University named after Islam Karimov.
11. Kosimov, X., Muradov, R., & Rakhimov, F. (2022d). Ways to reduce cotton particles mixed with waste in the dryer. (In Uzbek). *Problems in textile and light industry in the context of science and production integration and ways to overcome them: Proceedings of the International scientific-practical conference* (vol. 1, pp. 180–182). Namangan: Namangan Engineering and Technological Institute.
12. Kosimov, X., Muradov, R., & Rakhimov, F. (2022f). Devices for separating heavy impurities from cotton content and their shortcomings. (In Uzbek). *Scientific basis of application of innovative technologies in modern engineering: experience and prospects: Proceedings of the International Scientific-Practical Conference* (pp. 244–246). Namangan: Namangan Engineering and Technological Institute.
13. Meliboyev, U. (2020). *To'qimachilik sanoati texnologik jarayonlarini modellashtirish asoslari [Basics of modeling technological processes of the textile industry]*. (In Uzbek). Namangan.
14. Mukhametshina, E. T., Jamolov, A., & Muradov, R. M. (2020). Study on possibilities of scarring ways to reduce in the cotton cleaning process. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 614 (1). IOP Publ.
15. Muradov, R., Karimov, A., Kosimov, Kh., & Rakhimov, F. (2020a). Ways to reduce the falling of a piece of cotton into a pocket in a dryer. (In Uzbek). *Mechanical Problems*, 4, 67–70.
16. Muradov, R., Kasymov, H., Karimov, A., & Rakhimov, F. (2020b). Theoretical Study of the Movement of New Impurities and Heavy Impurities. *The American Journal of Engineering and Technology*, 2(7), 18–27.
17. Mutalov, M., Abdugarimov, T., Sarimsakov, O., & Rakhimov, F. (2021). *Modeling the movement of cotton in a pneumatic transport pipeline*. (In Uzbek). *DGU*, 18102.
18. Rajapova, N., Salomova, M., Muradov, R., & Rakhimov, F. (2019). Create a Device that can Remove Heavy Components from the Chassis Chamber. *International Journal Advanced Research Science, Engineering and Technology*, 6(7), 10041–10047.

19. Rakhimov, F. H. (2023). *Improvement of the ginning device in order to preserve the natural properties of cotton* [PhD thesis]. (In Uzbek). Namangan.
20. Rakhimov, F., Akhmedov, M., Kosimov, Kh., & Muradov, R. (2022). Analysis of technological processes that cause fiber loss during initial processing of cotton. (In Uzbek). *Innovative solutions of technical, engineering and technological problems of production: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference* (pp. 799–801). Jizzakh: Jizzakh Polytechnic Institute.
21. Rakhimov, F., Kosimov, X., Muradov, R., & Gadayev, N. (2023). Increase the efficiency of the stamping device by installing a router in the working chamber. *AIP Conference Proceedings* (vol. 2789 (1)). AIP Publ.
22. Salomova, M., Kasimov, Kh., & Rakhimov, F. (2019). Improvement of pneumatic transport device elements (In Uzbek). *Mechanical Problems*, (1), 101–105.
23. Salomova, M., Oripov, N., Sarimsakov, O., & Rakhimov, F. (2020). Pneumatic transport orchestra of cotton wool and energy resource management technology. (In Uzbek). *Scientific and Technical Journal*, (2), 138–144.

UDC: 662.997.004.14:638.27(045)(575.1)

EDN: <https://elibrary.ru/ndocqf>

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНОГО И ВЛАЖНОСТНОГО РЕЖИМА ВНУТРИ СОЛНЕЧНОГО УСТРОЙСТВА ДЛЯ ЗАМАРИВАНИЯ КОКОНОВ ТУТОВОГО ШЕЛКОПРЯДА

Умаров Сардор Фотихович

кандидат технических
наук, заведующий
лабораторией «Первичная
обработка, стандартизация
и сертификация коконов»
ORCID: 0000-0002-1826-5619
e-mail: sardor.umarov1976@
gmail.com

Научно-исследовательский
институт шелководства

Аннотация. В данной работе отмечается актуальность использования солнечной энергии, в частности для замаривания коконов тутового шелкопряда. Приведены результаты экспериментов по исследованию температурного и влажностного режима внутри солнечного устройства парникового типа. Изменения температуры и влажности внутри солнечного устройства в процессе замаривания коконов измеряли по общеизвестной методике с использованием приборов, апробированных на практике. Разработана и предложена математическая формула для вычисления количества испарившейся из коконов влаги в процессе их замаривания в солнечном устройстве, приведены результаты вычисления. Как следует из полученных результатов, в связи с незначительным количеством расходуемой тепловой энергии при испарении влаги из коконов в процессе их тепловой обработки её влиянием на общий тепловой баланс устройства можно пренебречь. Приведены показатели изменения влажности коконов, замороженных в солнечном устройстве и коконосушильном агрегате, которые применяются в производстве для обработки коконов. Благодаря исследованию выявлено, что, несмотря на незначительные потери влажности коконов, замороженных в солнечном устройстве, время достижения влажности коконов до воздушно-сухого состояния одинаково с коконами, замороженными горячим воздухом на коконосушильном агрегате. По истечении этого времени коконы можно затаривать в мешки для длительного хранения до момента размотки на шелкомотальных фабриках.

Ключевые слова: живой кокон, тутовый шелкопряд, солнечное устройство, коконосушильный агрегат, влажность кокона, замаривание кокона, воздушно-сухой кокон, относительная влажность воздуха, испарение влаги из коконов, теневая коконосушилка.

TUT IPAK QURTI PILLASI G'UMBAGINI JONSIZLANTIRUVCHI QUYOSH QURILMASI ICHIDAGI HARORAT VA NAMLIK REJIMLARINING TAJRIBAVIY TADQIQOTLARI

Umarov Sardor Fotixovich

texnika fanlari nomzodi,
“Pillaga dastlabki ishlov
berish, standartlashtirish
va sertifikatlashtirish”
laboratoriyasi mudiri

Ipakchilik ilmiy-tadqiqot
instituti

Annotatsiya. Ushbu maqolada tut ipak qurti pillasi g'umbagini jonsizlantirish jarayonida quyosh energiyasidan foydalanish masalasi ko'rib chiqilgan. Maqolada issiqxona turidagi quyosh qurilmasi ichidagi harorat va namlik rejimlarini tadqiq etish bo'yicha tajriba natijalari keltirilgan. Pilla g'umbagini jonsizlantirish jarayonida quyosh qurilmasi ichidagi harorat va namlik o'zgarishi aprobatlangan asboblarda yordamida, umumiy uslubga asoslanib amalga oshirildi. Tajriba natijalari asosida quyosh qurilmasi ichida pilla g'umbagini jonsizlantirish jarayonida ulardan bug'lanib chiqqan namlik miqdorini hisoblovchi matematik formula ishlab chiqildi va taklif etildi. Shuningdek, hisoblash natijalari taqdim qilindi. Hisob-kitob natijalaridan ko'rinib turibdiki, quyosh qurilmasida issiqlik ishlovi berish jarayonida pilla namligining bug'lanib chiqishiga juda oz miqdorda issiqlik energiyasi sarflanishi sababli uning qurilma umumiy issiqlik balansiga ta'sirini inobatga olmaslik ham mumkin. Bu holat pilla g'umbagini jonsizlantirish jarayoni samaradorligini yanada

oshirish imkonini beradi. Maqolada quyosh qurilmasi va ishlab chiqarishda pilla g'umbagini jonsizlantirishda foydalanilayotgan pilla quritish agregatida ishlov berilgan pilla namligining o'zgarishi natijalari bayon qilindi. Natijalardan ko'rish mumkinki, quyosh qurilmasida g'umbagi jonsizlantirilgan pillalar namlikni oz miqdorda yo'qotishiga qaramasdan, ularning soyali pilla quritgichlarda havo namligidagi quruq pilla holatiga kelguniga qadar qurish davomiyligi pilla quritish agregatida ishlov berilgan pillalarning qurish davomiyligi bilan bir xil. Vaqt o'tishi bilan pillalarni pillani qayta ishlash fabrikalarida chuvashga qadar uzoq muddatga saqlash uchun qoplarga joylash mumkin.

Kalit so'zlar: tirik pilla, tut ipak qurti, quyosh qurilmasi, pilla quritish agregati, pilla namligi, pilla g'umbagini jonsizlantirish, havo namligidagi quruq pilla, havoning nisbiy namligi, pilladan namlikning bug'lanishi, soyali pilla quritgich.

EXPERIMENTAL STUDIES OF TEMPERATURE AND HUMIDITY CONDITIONS INSIDE THE SOLAR DEVICE FOR MULBERRY SILKWORM COCOONS PICKLING

Umarov Sardor Fotikhovich

Candidate of Technical Sciences, Head of the Laboratory "Primary processing, standartization and certification of cocoons"

Research Institute of Silk Breeding

Kelib tushgan/ Получено/
Received: 23.09.2024

Қабул қилинган/Принято/
Accepted: 11.10.2024

Нашр этилган/
Опубликовано/Published:
31.10.2024

Abstract. This work reveals relevance of using solar energy, in particular, for exterminating silkworm cocoons. Findings from experiments made to study the temperature- and humidity conditions inside a greenhouse-type solar device have been presented. Changes in temperature and humidity inside the solar device during extermination of silkworm cocoons were measured using known methods and verified tools. The retrieved findings enabled developing a mathematical formula and calculating the amount of moisture evaporated from cocoons during the process of extermination of silkworm cocoons in the solar device, and the results of the calculation are being presented, too. The findings showed that the effect of insignificant amount of thermal energy consumed for evaporation of moisture from the cocoons during their heat treatment, on the overall thermal balance of the device can be neglected. Changes in humidity of cocoons with pupas exterminated in the solar device and in a cocoon drying unit used in manufacture for processing of cocoons, are being presented. The results showed that despite little loss of moisture in cocoons pupas of which were exterminated in the solar device, the time to reach the humidity of cocoons to an air-dry state is the same as for cocoons pupas of which were exterminated with hot air in a cocoon drying unit. Further the cocoons can be packed into bags for long-term storage until unwinding at silk-reeling factories.

Keywords: living cocoon, silkworm, solar device, cocoon drying unit, cocoon humidity, killing pupa of silkworm cocoon, air-dry cocoon, relative air humidity, evaporation of moisture from cocoons, shadow cocoon dryer.

Введение

Одним из направлений снижения расхода топливно-энергетических ресурсов для замаривания коконов тутового шелкопряда в условиях нашей республики является использование энергии солнечного излучения (Umarov & Umarov, 2012).

В связи с этим масштабное использование солнечной энергии в различных отраслях народного хозяйства, в частности в шелководстве, связано с ускоренной разработкой приемлемых способов её преобразования в другие виды энергии (Avezov & Umarov, 2005). Суммарное годовое значение лучистой энергии Солнца, падающей на 1 м² горизонтальной поверхности Земли, в Узбекистане составляет в среднем 1,35 Гкал, что эквивалентно тепловой энергии, получаемой при сжигании условного топлива в количестве 0,2 т (Umarov, 2007). Следует отметить, что при валовом потенциале 95 млрд т условного топлива технический потенциал солнечной энергии составляет 0,33 млрд т условного топлива, что в пять раз больше, чем сегодняшний потребляемый

уровень суммарных первичных энергоресурсов в республике (Umarov, 2004a; Zaripov & Umarov, 2005).

Согласно литературным данным, наибольшая интенсивность солнечной радиации на территории Узбекистана приходится на май, июнь, июль и август. Несолнечные дни в эти месяцы, например в Ташкенте, практически отсутствуют. Число ясных дней соответственно по месяцам равно 10, 15, 22 и 25 дней, а число ясных дней с незначительной облачностью – 22, 24, 29 и 25 (Umarov, 2004b).

Совпадение с этим сезона коконозаготовок май – июнь даёт большую возможность использовать солнечную энергию для первичной обработки коконов.

Над созданием гелиоустановок для первичной обработки коконов тутового шелкопряда работали многие учёные. В частности, в работе Ж. Мурадова и Р. Байджанова предложена гелиосушилка для коконов с полной рециркуляцией нагретого воздуха по контуру «солнечный воздушный коллектор – конвекционная сушильная камера» (Umarov, 2005).

Циркуляция горячего воздуха через воздушный коллектор общей площадью 22 м², ориентированный на юг с наклоном 35–40° к горизонту, и конвективную сушильную камеру объёмом 1,6 x 30 x 2,25 м³, куда загружается сырьё, обеспечивается центробежным вентилятором с мощностью электродвигателя 270 Вт. Для сокращения времени сушки коконов в установке периодически меняется направление движения воздуха. При циркуляции горячий воздух, проходя через джерки с коконами, отбирая влагу, частично выходит наружу, а основная его часть, проходя через воздушный коллектор, вновь поступает в сушильную камеру, и этот цикл периодически повторяется. Производительность сушилки при этом составляет 1,14÷1,42 кг/ч с 1 м² площади сушилки.

В работе В. Бурлакова и Ж. Мурадова предложена гелиосушилка, представляющая собой деревянный короб, верхняя и передняя часть которого состоит из двуслойного стекла, общей площадью 160 м², обращённый на юг [Yuldashev et al., 2002]. На расстоянии 10–15 см от внутреннего слоя стекла, вдоль него, установлен гофрированный алюминиевый лист чёрного цвета для увеличения площади и интенсивности поглощения тепла. Для сообщения с морильной камерой в алюминиевых листах просверлены отверстия. Коконь сушатся в камере, где обеспечивается принудительная циркуляция воздуха. Производительность сушилки при этом составляет 0,78 кг/ч с 1 м² площади сушилки.

В работе Umarov et al. (2000) предложена гелиосушилка для сушки коконов. Установка состоит из камеры с дверью. Подлежащие сушке умиротворенные коконы раскладывают на сетчатых поддонах. Дверь загрузки сушильной установки плотно закрывается. Падающие сквозь двухслойное прозрачное стекло лучи солнца проникают через слой чёрного металла к сушильной камере, при этом в камере установлены стеллажи. В нижней части установки размещён парафин, аккумулирующий тепло, скорость воздушного потока составляет 0,2 м/с. Куколки шелкопряда высушиваются с 22 до 70 % влажности за 720 мин. при соответствующей скорости потока воздуха в солнечной сушилке 0,2 м/с. Сравним: на открытом солнце необходимо 1460 мин. сушки до конечного содержания влаги 12 %. Гелиосушилка может использоваться для сушки до 28–30 кг коконов тутового шелкопряда.

Из-за низкой производительности и длительной обработки вышеприведённые гелиосушилки не нашли практического применения в промышленности.

В работах Umarov (2023a) и Umarov (2023b) применено солнечное устройство парникового типа, специально предназначенное для замаривания коконов тутового

шелкопряда. В данном устройстве, в отличие от вышеупомянутых гелиоустановок, высушивание замороженных коконов осуществляется в теневых коконосушилках, специально предназначенных для сушки замороженных коконов.

В процессе замаривания коконов шелкопряда в солнечных устройствах парникового типа незначительная часть влаги из коконов переходит в воздушную среду, о чём свидетельствует повышение относительной влажности последней. Поэтому определение количества испарившейся из коконов влаги в целях составления общего теплового баланса солнечного устройства для замаривания коконов тутового шелкопряда является важной задачей.

Материалы и методы

В сезон коконозаготовки провели натурные эксперименты с целью исследования температурно-влажностного режима внутри солнечного устройства, загруженного живыми коконами, с продолжительностью замаривания 90 мин. и интервалом в измерении, равном 15 мин.

Измеряли температуру воздуха окружающей среды и внутри солнечного устройства (на поверхности наружного и внутреннего приёмника излучения и внутреннего дна камеры, в нижнем, среднем и верхнем слое воздушной среды при рабочем положении солнечного устройства), относительную влажность воздуха окружающей среды и внутри солнечного устройства, а также интенсивность потока суммарной солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность приёмника излучения солнечного устройства.

Температуру и относительную влажность окружающей среды измеряли аспирационным психрометром Ассмана. Психрометр состоит из пары одинаковых параллельно расположенных метеорологических ртутных термометров, один из которых используется в качестве «влажного», а другой – «сухого» термометра. Термометры психрометра защищены от воздействия солнечных лучей специальным защитным и светоотражающим приспособлением. Поэтому при измерении они могут устанавливаться открыто, без дополнительной защиты. При измерении относительной влажности воздуха резервуар правого термометра, обёрнутого батистовой тканью, предварительно смачивается при помощи специальной пипетки дистиллированной водой, и оба термометра обдуваются вентилятором с постоянной скоростью, который расположен вместе с заводным ключом в аспирационной головке психрометра. Влажность определяется по показаниям обоих (влажного и сухого) термометров с помощью психрометрической таблицы. Температура окружающей среды определяется по показаниям сухого термометра.

Температуру внутри устройства измеряли термоэлектрическими измерителями температуры – термопарами хромель-копель (ТХК). Термопара хромель-копель представляет собой термочувствительный элемент (датчик), применяемый в измерительных и преобразовательных устройствах для измерения температур. Состоит термопара из проволоки двух разнородных электропроводящих высокотемпературных металлических сплавов – хромеля и копеля. За счёт разницы температур между соединениями разнородных сплавов возникает разность потенциалов и рождается термоэлектродвижущая сила (ТЭДС). ТХК имеет наибольшую ТЭДС ($E(100^{\circ}\text{C}, 0^{\circ}\text{C}) = 6,88 \text{ мВ}$) по сравнению с другими термоэлектрическими измерителями температуры, но сравнительно невысокий верхний предел длительного использования ($500\text{--}600^{\circ}\text{C}$) в воздушной среде (Umarov & Yuldoshev, 2000; Afanasev et al., 1988).

ТЭДС термопар измеряли универсальным цифровым вольтметром В7-21 с точностью до 0,01 в мВ. Для поочерёдного измерения ТЭДС термопар использовался

ручной переключатель. Схема соединения термопары к переключателю и измерительному прибору показана на рисунке 1.

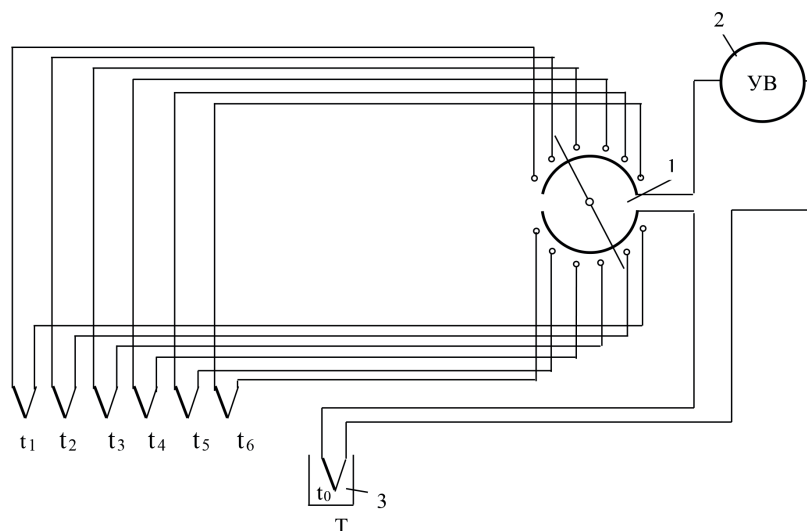


Рис. 1. Схема соединения термопар к переключателю и измерительным приборам

На рисунке 1 видно, что независимо от количества присоединённых к переключателю (1) термопар есть только один холодный спай, помещённый в сосуд для холодной спайки (3). Термопары изготавливали с длинными концами, поэтому они непосредственно соединены к переключателю и универсальному цифровому вольтметру (2). Для того чтобы не образовался контур с новым спаем, проволоки выше спая изолировались друг от друга изоляционным материалом (кембригом).

Интенсивность потока суммарной солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность (приёмник излучения) солнечного устройства измеряли термоэлектрическим пиранометром Янишевского. Приёмник пиранометра представляет собой пластину с поверхностью, разделённой на чёрные и белые клетки, расположенные в шахматном порядке. Белые клетки окрашены магнезией – холодные спаи термобатареи, а чёрные – сажей – горячие. Термобатарея защищена от осадков и ветра стеклянным полусферическим колпаком. Поверх колпака надевается металлическая крышка, служащая для определения места нуля гальванометра и предохранения стеклянного колпака от повреждения.

При воздействии прямой солнечной и рассеянной радиации на приёмник между белыми и черными спаями термобатареи возникает разность температур, а следовательно, появляется ТЭДС, приближенно пропорциональная измеряемому потоку радиации.

ТЭДС падающего на приёмник пиранометра потока радиации измеряли стрелочным гальванометром М207-М1. Для измерения интенсивности суммарной солнечной радиации при направленном положении головки пиранометра в сторону солнца её закрывали металлической крышкой. При каждом закрытии и открытии крышки выждали время, равное инерции гальванометра 40 сек., что указано в поверочном свидетельстве. По истечении времени определили положение нуля стрелки гальванометра и, открыв крышку, производили измерения. Полученные значения исправляли при помощи шкаловых поправок, взятых из поверочного свидетельства гальванометра, и от исправленных значений вычитали значение положения нуля. Полученные значения по гальванометру умножали на переводный

множитель пары: пиранометр – гальванометр. В результате получили значения в Вт/м².

Кроме того, с целью определения влажности (влажность коконов в %, как и любого материала, определяется по отношению к абсолютно сухой их массе) живых и замороженных в солнечном устройстве и конвейерной коконосушилке СК-150К коконов с каждого варианта отобрали по пять образцов живых коконов, весом 200 г, в марлевых мешочках, которые подвергли замариванию. Четыре образца замороженных коконов каждого варианта доставили в технологическую лабораторию Ташкентского института текстильной и лёгкой промышленности для сушки в кондиционном аппарате АК-2 до абсолютно сухого состояния.

Результаты исследования

Результаты экспериментов, проведённых в утренние часы (с 9:25 до 10:55), полуденные часы (с 12:00 до 13:30) и послеполуденные часы (с 14:15 до 15:45) с целью определения температурного и влажностного режима внутри солнечного устройства, приведены на рисунке 2.

Как следует из рисунка 2, в утренние часы при температуре воздуха окружающей среды (t_0) 24,4–25,4 °С и практически постоянном значении интенсивности потока суммарной солнечной радиации, падающей на горизонтальную поверхность устройства (q_{nad}), в 895,7 Вт/м², температура воздуха внутри устройства ($t_{вн}$) в течение 90 минут поднимается от 64 до 72 °С. Относительная влажность воздуха окружающей среды изменилась с 52,5 до 44,2 %, а внутри устройства – с 29 до 95 %.

Причиной снижения $t_{вн}$ между 9:25 и 9:40 с 64 до 59 °С является загрузка в предварительно подогретое до 60 °С устройство сырья (живых коконов) с более низкой температурой, приблизительно равной температуре воздуха окружающей среды (24,4 °С). В результате расхода части накопленной к моменту загрузки энергии солнечного излучения на разогрев сырья температура воздуха внутри коллектора снизилась. После баланса температуры воздуха внутри устройства и коконов температура воздуха внутри устройства начала увеличиваться.

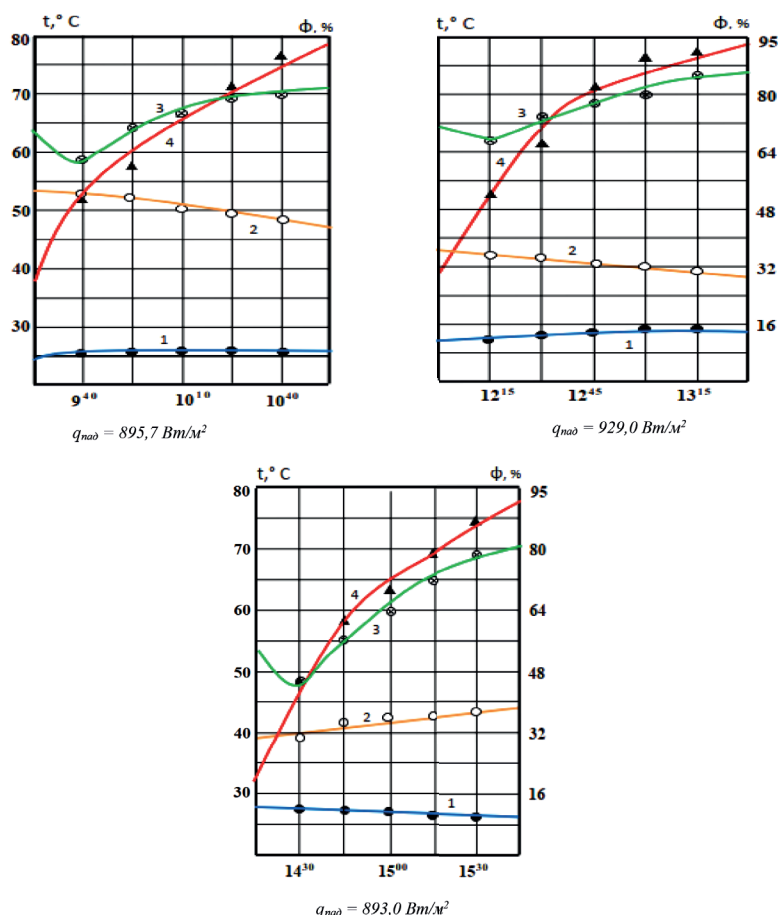
Благодаря повышению q_{nad} с 895,7 (утром) до 929 Вт/м² (к полудню), то есть на 7,6 %, а t_0 с 25,2 °С (утром) до 28,4 °С (к полудню) величина t_0 оказалась на 3 °С выше, чем в утренние часы.

При понижении q_{nad} с 929 (полдень) до 893 Вт/м² (после полудня), то есть на 4 % и при почти одинаковых значениях t_0 (28,4÷26,8) величина $t_{вн}$ оказалась на 5,5 °С ниже, чем в полуденные часы.

Как видно из результатов проведённых экспериментов, с увеличением температуры воздуха окружающей среды и интенсивности потока суммарной солнечной радиации температура воздуха внутри устройства увеличивается. С понижением температуры воздуха окружающей среды и интенсивности потока суммарной солнечной радиации температура воздуха внутри устройства уменьшается.

Опыты показали, что относительная влажность воздуха внутри устройства в начале загрузки коконов была почти одинаковой с относительной влажностью воздуха окружающей среды. В процессе замаривания коконов относительная влажность воздуха внутри солнечного устройства повысилась и в конце замаривания достигла 92–93 %, а температура внутри устройства в порах слоя коконов – 73–75 °С.

Далее определили количество испарившейся из коконов влаги в целях учёта доли тепловой энергии, расходуемой на испарение в общем тепловом балансе солнечного устройства для замаривания коконов тутового шелкопряда.



1 – температура воздуха окружающей среды; 2 – относительная влажность воздуха окружающей среды; 3 – температура воздуха внутри устройства; 4 – относительная влажность воздуха внутри устройства.

Рис. 2. Результаты экспериментов, проведённых в утренние, полуденные и послеполуденные часы

Применяя уравнение состояния для идеальных газов (Kirillin et al., 1983) к влажному воздуху внутри герметичной камеры объёмом V , содержащей M_{Π} кг водяных паров, имеем:

$$P_{\Pi} V = M_{\Pi} R_{\Pi} T \quad (1)$$

Запишем выражение с учётом его абсолютной влажности:

$$\chi_{\Pi} = \frac{M_{\Pi}}{V} = \frac{P_{\Pi}}{R_{\Pi} T}, \quad (2)$$

где P_{Π} – парциальное давление водяных паров во влажном воздухе внутри герметичной камеры;

T – абсолютная температура влажного воздуха внутри герметичной камеры;

$R_{\Pi} = \frac{\mu_{\Pi}}{B}$ – газовая постоянная для водяных паров;

$\mu_n - 18,016 \frac{\text{кг}}{\text{кмоль}}$ – молекулярная масса водяных паров;

$B = 8314,41 \frac{\text{Дж}}{\text{кмоль} \cdot \text{К}}$ – универсальная газовая постоянная.

С учётом значений B и μ_{Π} выражение (2) может быть переписано как (Baltabayev & Parpiyev, 1980):

$$\chi_{\Pi} = 2,167 \cdot 10^{-3} \frac{P_{\Pi}}{T}, \quad \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}. \quad (3)$$

Значение P_{Π} входящее в (3), в диапазоне изменения T от 273,15 до 373,15 К определяется из:

$$P_{\Pi} = \phi \cdot 4,579 \cdot 10^{\frac{7,45t}{235+t}}, \quad (4)$$

где ϕ – относительная влажность воздуха внутри герметичной камеры.

Подставляя (4) в (3) и с учётом, что 1 мм рт. ст. = 133,322 Па, имеем:

$$\chi_{\Pi} = 1,323\phi \frac{10^{\frac{7,45t}{235+t}}}{T}, \quad \frac{\text{кг}}{\text{м}^3}. \quad (5)$$

Пользуясь (5), можем записать выражение для изменения абсолютной влажности воздуха внутри герметичной камеры в течение промежутка времени $\tau_{i+1} - \tau_i$, при котором значения ϕ и T меняются от ϕ_i и T_i до ϕ_{i+1} и T_{i+1} соответственно, то есть:

$$\chi_{\Pi_{i+1}} - \chi_{\Pi_i} = 1,323 \cdot \phi_{i+1} \frac{10^{\frac{7,45t_{i+1}}{235+t_{i+1}}}}{T_{i+1}} - \phi_i \frac{10^{\frac{7,45t_i}{235+t_i}}}{T_i}. \quad (6)$$

Скорость испарения влаги при этом определяется из:

$$\dot{M}_{\Pi} = \frac{\chi_{\Pi_{i+1}} - \chi_{\Pi_i}}{\tau_{i+1} - \tau_i} V_K, \quad \text{кг/с}, \quad (7)$$

а общее количество испарённой из коконов влаги в процессе одного цикла замаривания при этом определяется как:

$$M = V_K (\chi_{\Pi_{i+1}} - \chi_{\Pi_i}), \quad \text{кг} \quad (8)$$

где $\chi_{\Pi_{нач}}$ и $\chi_{\Pi_{кон}}$ – абсолютная влажность воздуха внутри герметичной камеры соответственно в начале и конце процесса замаривания.

Значение V_K в (7) и (8) складывается из объёмов воздуха в порах слоя коконов (V_1) и воздуха в пространстве между поверхностным слоем коконов и внутренним остеклением (V_2), то есть:

$$V_K = V_1 + V_2. \quad (9)$$

Значение V_1 при этом определяется из отношения (Aerov et al., 1979):

$$\xi = \frac{V_1}{V_{сл}}, \quad (10)$$

где ξ – коэффициент порозности слоя коконов;

$V_{сл}$ – объём слоя коконов в герметичной камере.

Согласно расчётам по методике (Aerov et al., 1979), при длине коконов от 16 до 46 мм и ширине от 12 до 24 мм (Rubinov, 1981; Yuldashev & Umarov, 2001; Yuldashev et al., 2003; Yuldashev & Umarov, 2002a; Yuldashev & Umarov, 2002b) значение ξ в среднем составляет 0,4.

Результаты количества испарившейся из коконов влаги в процессе их замаривания в солнечном устройстве приведены в таблице 1.

Таблица 1

**Результаты количества испарившейся из коконов влаги в процессе
их замаривания в солнечном устройстве**

Начало процесса замаривания	Окончание процесса за- маривания	$t_{нач} \text{ } ^\circ\text{C}$	$\varphi_{нач}$	$\chi_{Пнач} \text{ кг/м}^3$	$t_{кон} \text{ } ^\circ\text{C}$	$\varphi_{кон}$	$\chi_{кон} \text{ кг/м}^3$	$M, \text{ г}$
9:05	10:35	55,0	0,36	0,0429	70,0	0,87	0,1713	16,54
13:00	14:30	52,4	0,17	0,0503	70,6	0,71	0,2049	19,91
15:15	16:45	56,1	0,26	0,0513	67,2	0,95	0,1803	16,60
9:35	11:05	64,0	0,44	0,0675	72,0	0,95	0,2035	17,51
12:25	13:55	52,8	0,35	0,0730	72,9	0,87	0,2361	21,00
14:40	16:10	55,4	0,35	0,0779	64,4	0,95	0,1877	14,13
9:45	11:15	61,0	0,37	0,0509	73,0	0,92	0,2061	19,98
12:15	13:45	52,7	0,31	0,0681	72,7	0,89	0,2615	24,90
14:10	15:40	55,6	0,17	0,0364	69,3	0,92	0,2126	22,68
9:10	10:40	62,0	0,28	0,0393	72,0	0,90	0,1938	19,89
12:20	13:50	53,7	0,24	0,0642	72,6	0,87	0,2447	23,24
10:15	11:45	57,3	0,25	0,0343	72,8	0,92	0,1893	19,96
12:45	14:15	61,0	0,39	0,0952	71,0	0,91	0,2511	20,06
9:45	11:15	53,3	0,36	0,0632	69,4	0,95	0,2203	20,21
12:35	14:05	54,0	0,37	0,0761	71,9	0,95	0,2381	20,86
14:50	16:20	54,5	0,32	0,0492	60,9	0,93	0,1729	15,92
9:25	10:55	64,0	0,29	0,0447	72,0	0,95	0,2035	20,44
12:00	13:30	65,0	0,30	0,0483	75,0	0,95	0,2203	22,14
13:45	15:15	53,7	0,21	0,0487	69,1	0,91	0,2281	23,09
11:30	13:00	47,0	0,24	0,0455	66,8	0,95	0,2246	23,06
13:15	14:45	51,1	0,307	0,0582	68,6	0,95	0,2612	26,12
9:40	11:10	63,5	0,298	0,0450	74,0	0,95	0,2203	22,56
11:45	13:15	57,3	0,305	0,0653	72,3	0,91	0,2371	22,10
14:00	15:30	43,1	0,22	0,0552	69,4	0,89	0,2457	24,52
9:05	10:35	63,5	0,285	0,0430	72,5	0,882	0,1926	19,26
12:10	13:40	50,5	0,245	0,0590	70,4	0,91	0,2463	24,11

Как следует из результатов, при загрузке живых коконов массой 15 кг в герметичную камеру общая потеря массы составляет в среднем 20,8 г, то есть 0,15 % от общей массы коконов. Расход тепловой энергии на испарение указанного количества влаги в среднем составляет 48,7 кДж.

Результаты изменения влажности коконов до и после обработки коконов приведены в таблице 2.

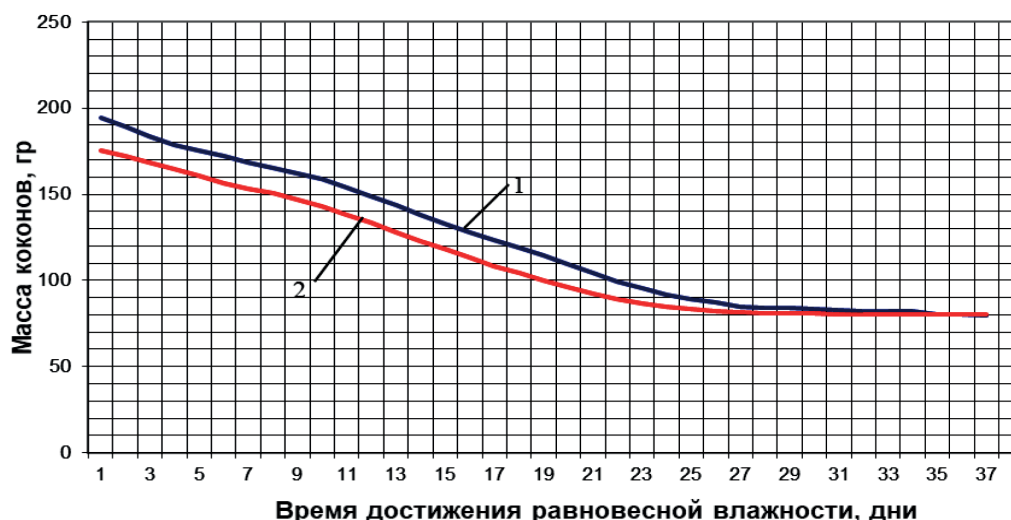
Как видно из полученных результатов (табл. 2), влажность живых коконов, принятых от шелководов в один день, в обоих вариантах почти одинаковая (178,0 и 176,9 %), которые соответствуют влажности для живых коконов (Rubinov, 1981). В результате замаривания коконов в солнечном устройстве их влажность изменилась в среднем на 9,0 % от первоначальной и составила 169,1 %. При замаривании коконов на СК-150К влажность коконов изменилась в среднем на 33,6 % от первоначальной влажности и составила 144,3 %. Разница в изменении влажности коконов при различных способах замаривания объясняется тем, что в процессе замаривания коконов в СК-150К горячий сушащий воздух, непрерывно поступающий в камеру сушилки конвекцией, частично уносит влагу наружу. Замаривание коконов в солнечном устройстве происходит в герметичной камере, где поступление и выход воздуха исключены. Поэтому потеря влажности коконов в СК-150К относительно большая, чем в солнечном устройстве.

Таблица 2

Изменение влажности коконов в процессе замаривания их в солнечном устройстве и коконосушильном агрегате СК-150К

Вариант	Масса образца коконов для замаривания, г	Влажность образца коконов до замаривания, %	Влажность образца коконов после замаривания, %	Потеря влажности коконов в процессе замаривания, %
Солнечное устройство	200	172,1	162,5	9,6
	200	178,9	169,8	9,1
	200	183,1	174,9	8,2
$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	200	178,0 $\pm$ 3,2	169,1 $\pm$ 3,6	9,0 $\pm$ 0,4
Коконосушильный агрегат СК-150К	200	172,5	140,3	32,2
	200	174,1	142,7	31,4
	200	184,0	146,9	37,1
$\bar{x} \pm m_{\bar{x}}$	200	176,9 $\pm$ 3,6	144,3 $\pm$ 2,0	33,6 $\pm$ 1,7

Другую часть образцов коконов каждого варианта оставили в условиях окружающей среды для определения времени достижения влажности коконов до воздушно-сухого состояния в тене-вых коконосушилках. На рисунке 3 приведено время достижения влажности коконов до воздушно-сухого состояния. Как видно из рисунка, коконы, замороженные в солнечном устройстве и коконосушильном агрегате СК-150К, достигают равновесной влажности в течение одинакового промежутка времени, то есть в течение 28–30 дней. Это показывает, что, несмотря на незначительные потери влажности коконов в процессе замаривания в солнечном устройстве, время достижения равновесной влажности коконов одинаково по сравнению с коконами, замороженными горячим воздухом в коконосушильном агрегате СК-150К.



1 – солнечное устройство; 2 – коконосушильный агрегат СК-150К.

Рис. 3. Продолжительность достижения влажности коконов до воздушно-сухого состояния

Анализ результатов исследования

Анализ результатов проведённого исследования в области использования солнечной энергии для первичной обработки коконов показывает, что в разработанных и созданных упомянутыми в статье авторами гелиоустановках процессы замаривания и высушивания коконов осуществляются в одной установке. За счёт этого продолжительность обработки коконов увеличивается, её длительность составляет 8–12 ч. Кроме того, в их исследованиях не изучено изменение влажностного режима внутри установки в процессе обработки коконов.

Для составления теплового баланса солнечного устройства для замаривания коконов требовалось определить количество испарившейся из коконов влаги в процессе замаривания коконов и тепловой энергии, расходуемой для испарения этой влаги.

Отметим, что количество испарившейся влаги может быть определено традиционным весовым способом или по изменению абсолютной влажности воздушной среды внутри герметичной камеры солнечного устройства.

Весовой способ определения количества испарившейся из коконов влаги базируется на изменении массы коконов за счёт потерь в процессе замаривания. Практическая реализация данного способа требует обеспечения высокой точности измерений (до нескольких г) при общей массе устройства 70 кг. Для обеспечения такой точности требуется проведение измерений с помощью аналитических весов. Однако в наших исследованиях взвешивание устройства с такой большой массой при помощи аналитических весов или их размещение внутри теплового устройства для измерения изменения массы коконов в герметичной камере практически не представляется возможным. Поэтому мы определили количество испаренной из коконов влаги по данным измерений температуры и относительной влажности воздуха внутри герметичной камеры.

Анализ результатов экспериментов показывает, что в процессе замаривания живых коконов относительная влажность воздуха внутри солнечного устройства с момента загрузки живых коконов постепенно поднимается и достигает 92–95 %. Это происходит за счёт испарения влаги из куколок живых коконов. Это объясняется тем, что в зрелом коконе на долю куколки приходится около 76–86 %, а шелковой оболочки – 14–24 % его массы, масса личиночной шкурки – менее 0,5 % массы кокона (Rubinov et al., 1986).

Разработанная математическая формула позволяет определить количество испарившейся из коконов влаги в процессе замаривания коконов в солнечных устройствах парникового типа по данным измерений начальной и конечной температуры и относительной влажности воздуха внутри устройства.

Выводы

1. Из проведённых экспериментов установлено, что в процессе замаривания коконов с момента загрузки в солнечное устройство относительная влажность воздуха с повышением температуры внутри устройства постепенно поднимается и в итоге достигает 92–95 %. Это свидетельствует об испарении влаги из куколок коконов и передачи её в воздушное пространство герметичной рабочей камеры устройства.

2. Для составления теплового баланса солнечного теплового устройства для замаривания коконов разработана математическая формула расчёта количества испарившейся из коконов влаги в процессе их замаривания в солнечном устройстве в зависимости от начальной и конечной температуры и относительной влажности воздуха внутри солнечного устройства. Как следует из расчётов, при загрузке живых коконов массой 15 кг в герметичную камеру общая потеря массы коконов за счёт испарившейся из них влаги составляет в среднем 20,8 г, то есть 0,15 % от общей массы коконов.

3. Эксперименты показали, что при одинаковой влажности живых коконов до замаривания влажность коконов после замаривания в солнечном устройстве оказалась на 25 % меньше влажности коконов, заморенных горячим воздухом в коконосушильном агрегате СК-150К. Но продолжительность достижения влажности коконов до воздушно-сухого состояния у коконов, заморенных в солнечном устройстве, одинакова по сравнению продолжительностью замаривания горячим воздухом.

4. Высокая влажность и относительная невысокая температура внутри устройства (73–75 °C) позволяет в течение одинакового времени (90 мин.) по сравнению с коконосушильным агрегатом полностью замаривать коконы и сохранить оболочку коконов от воздействия высокой температуры в процессе замаривания, отрицательно влияющей на нативные свойства оболочки коконов – в результате коконы плохо разматываются. В существующем коконосушильном агрегате по принятому режиму при замаривании коконы подвергаются высокой температуре свыше 100 °C. Поэтому применение солнечного способа замаривания коконов позволяет сохранить нативные свойства оболочки коконов и сэкономить энергоресурсы, расходуемые при обработке коконов горячим воздухом в существующих коконосушильных агрегатах.

REFERENCES

1. Aerov, M. E., Todes, O. M., & Narynskiy D.A. (1979). *Apparaty so statsionarnym zernistym slozem. Gidravlicheskiye i teplovyye osnovy raboty* [Devices with a stationary granular layer. Hydraulic and thermal fundamentals of work]. (In Russian). Lvov: Himiya Publ.
2. Afanasev, V. N., Afonin, A. A., & Isayev, S. I. (1988). *Laboratornyj praktikum po termodinamike i teploperedache* [Laboratory workshop on thermodynamics and heat transfer]. (In Russian). Moscow: Vysshaya shkola Publ.
3. Avezov, R. R., & Umarov, S. F. (2005). Sledyascheye solnechnoye ustroystvo dlya zamarivaniya shelkovichnykh kokonov [Solar tracking device for killing pupa of mulberry cocoons]. (In Russian). *Proceedings of the IV Republican Conference on Physical Electronics* (p. 175). Tashkent.
4. Baltabayev, S. D., & Parpiyev A. P. (1980). *Sushka hlopka syrta* [Drying raw cotton]. (In Russian). Tashkent: Ukituvchi Publ.
5. Kirillin, V. A., Sychyov, V. V., & Sheyndlin A. E. (1983). *Tekhnicheskaya termodinamika* [Technical thermodynamics]. (In Russian). Moscow: Energoatomizdat Publ..

6. Rubinov, E. B. (1981). *Tekhnologiya shyolka [Silk technology]*. (In Russian). Moscow: Legkaya i pischevaya promyshlennost Publ.
7. Rubinov, E. B., Mukhamedov, M. M., Osipova, L. Kh., & Burnashev, I. Z. (1986). *Shelkosyr'yo i kokonomotaniye [Silk raw materials and cocoon reeling]*. (In Russian). (2nd., revised and expanded ed.). Moscow: Legprombitizdat Publ.
8. Umarov, F. F., & Umarov, S. F. (2012). Solnechnyy teplovoy kollektor [Solar thermal collector]. (In Russian). *Technologies of the XXI century*, (2), 10–11.
9. Umarov, S. F. (2004a). Issledovaniye izmeneniya vlazhnosti kokonov v protsesse zamarivaniya ikh v solnechnom ustroystve [Study of changes in the humidity of cocoons during the process of killing pupa of cocoons in a solar device]. (In Russian). *Texnika yulduzlari – Tech Stars*, (2), 85–89.
10. Umarov, S. F. (2004b). Opredeleniya rezhima zamarivaniya kokonov na solnechnom ustroystve [Determination of the mode of killing pupa of cocoons on a solar device]. *Bulletin of Tashkent State Technical University*, (2), 233–237.
11. Umarov, S. F. (2005). Sposob zamarivaniya zhivuyulh kokonov energiyey solnechnogo izlucheniya [Method of killing of pupa in the living cocoons with solar radiation energy]. (In Russian). *Textile Problems*, (2), 27–29.
12. Umarov, S. F. (2007). *Razrabotka i ispol'zovaniye solnechnogo teplovogo kollektora dlya zamarivaniya shelkovichnykh kokonov [Development and use of a solar thermal collector for killing pupa of mulberry cocoons]*. (In Russian). [Abstract of PhD thesis, p. 26]. Tashkent.
13. Umarov, S. F. (2023a). Quyosh energiyasi yordamida pilla g'umbagini zhonsizlantiruvchi qurilmaning takomillashtirilgan tazhriba namunasini tehnik ko'rsatkichlarini aniqlash [Determination of technical parameters of a modernized prototype of a solar device for killing cocoons]. (In Uzbek). *O'zbekiston qishloq va suv ho'zhaligi – Agriculture and Water Management Uzbekistan*, 55–57.
14. Umarov, S. F. (2023b). Matematicheskaya model' tempa izmeneniya temperatury vnutri solnechnoy teplovoy ustanovki dlya zamarivaniya kokonov tutovogo shelkopryada [Mathematical model of the rate of temperature change inside a solar thermal device for killing silkworm cocoons]. (In Russian). *Science and Innovative Development*, (6), 47–55.
15. Umarov, S., & Yuldoshev, Sh. (2000). Quyosh qurilmasi yordamida pilla g'umbagini zhonsizlantirish zharayonlarini o'rganish [Studying the processes of killing silkworm cocoons using a solar device]. (In Uzbek). *Silk*, (2), 16–19.
16. Umarov, S., Yuldashev, Sh., Oripov, S., & Zhabborov, H. (2000). Pillaga dastlabki ishlov berishda quyosh nuridan fojdanish istiqbollari [Prospects for the use of solar radiation during primary cocoon processing]. (In Uzbek). *Silk*, (1), 10–12.
17. Yuldashev, Sh. & Umarov, S. (2002a). Model' raschyota massy vlagi, isparyonnoy iz kokonov shelkopryada pri zamarivanii ikh v solnechnykh ustanovkakh [Model for calculating the mass of moisture evaporated from silkworm cocoons when they are marinated in solar units]. (In Russian). *Bulletin of Tashkent State Technical University*, (1), 55–58.
18. Yuldashev, Sh., & Umarov, S. (2001). Calculating moisture loss in silkworm cocoons upon death in hotbed solar units. *Geliotekhnika*, (4), 19–21.
19. Yuldashev, Sh., & Umarov, S. (2002b). Raschyot poteri vlagi shelkovichnykh kokonov v processe zamarivaniya v solnechnykh ustanovkakh [Calculation of moisture loss of mulberry cocoons during pickling in solar units]. (In Russian). *Youth in the Development of Science and Technology: Proceedings of the Scientific and Practical Conference of Gifted Students* (vol. 2, p. 29). Tashkent.
20. Yuldashev, Sh., Umarov, F., & Umarov, S. (2003). Model' raschyota poteri vlagi shelkovichnykh kokonov v protsesse zamarivaniya v solnechnykh ustanovkakh [Model for calculating moisture loss of silkworm cocoons during pickling in solar units]. (In Russian). *Development of Technical Sciences in a Market Economy: Proceedings of the Republican Scientific and Practical Conference* (vol. 2, pp. 42–43). Tashkent.
21. Yuldashev, Sh., Umarov, S., & Aripova, A. (2002). Ustroystvo dlya zamarivaniya kokonov shelkopryada i sushki fruktov solnechnymi luchami [Device for killing of pupa in the silkworm cocoons and drying fruits by solar rays]. (In Russian). *Bulletin of Tashkent State Technical University*, (4), 57.
22. Zaripov, N. O., & Umarov, S. F. (2005). Ispol'zovaniye energii solnechnogo izlucheniya v protsesse zamarivaniya shelkovichnykh kokonov [Using the energy of solar radiation in the process of killing pupa of mulberry cocoons]. (In Russian). *Youth in the Development of Science and Technology: Proceedings of the V Scientific and Practical Conference of Gifted Students* (pp. 93–94). Tashkent.

UDC: 621.38(045)(575.1)

EDN: <https://elibrary.ru/alsnos>

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ДАЛЬНОСТЬ ДЕЙСТВИЯ СИСТЕМЫ RFID-ТЕХНОЛОГИЙ

Хамзаев Дилшод Иномджонович

самостоятельный
соискатель, кафедра
«Электроника и
приборостроение»
ORCID: 0009-0003-3815-5606
e-mail: loed666@gmail.com

Ферганский
политехнический институт

Аннотация. Данное исследование посвящено анализу явлений электромагнитного излучения в контексте работы RFID-систем, основанных на взаимодействии двух колебательных контуров – ридера и метки. В процессе исследования была выявлена существенная зависимость дальности действия RFID-систем от внешних факторов, таких как температура и влажность. Для достижения цели исследования разработана теоретическая модель, использующая дифференциальные уравнения в частных производных с множественными переменными и степенями. Модель акцентирует внимание на затухающих электромагнитных периодических колебаниях в нулевом состоянии, что дало возможность вывести две математические формулы, описывающие влияние окружающей среды на эффективность работы RFID-технологий. Полученные результаты способствуют пониманию и оптимизации работы RFID-систем в различных условиях, а также открывают новые направления для дальнейших исследований в области беспроводной связи. **Ключевые слова:** влажность, температура, природное воздействие, оператор Лапласа, формула Томпсона, дифференциальное уравнение в частных производных колебаний тонкой струны.

RFID ТЕХНОЛОГИЯСИ ТИЗИМИ ИШЛАШ МАСОФАСИГА МУҲИТНИНГ НАМЛИК ВА ҲАРОРАТ ТАЪСИРИНИ ЎРГАНИШ

Хамзаев Дилшод Иномджонович

мустақил изланувчи,
“Электроника ва
асбобсозлик” кафедраси

Фарғона политехника
институту

Аннотация. Ушбу тадқиқот RFID тизимларининг ишлаши контекстида электромагнит нурланиш ҳодисаларининг ўқувчи қурилма ва теги (ёрлиқ) нинг ўзаро таъсирига асосланган таҳлилга бағишланган. Тадқиқот давомида RFID тизимлари диапазонининг ҳарорат ва намлик каби ташқи омилларга сезиларли боғлиқлиги аниқланди. Мақсадга эришиш учун бир нечта ўзгарувчилар ва даражаларга эга бўлган қисман дифференциал тенгламалар ёрдамида назарий модель ишлаб чиқилди. Математик модель ноль ҳолатдаги электромагнит даврий тебранишларни сусайтиришга қаратилган бўлиб, бу RFID технологиялари самарадорлигига атроф-муҳитга таъсирини тавсифловчи иккита математик формула олиш имконини берди. Олинган натижалар RFID тизимларининг турли шароитларда ишлашини тушуниш ва оптималлаштиришга ёрдам беради, шунингдек, симсиз алоқа соҳасида кейинги тадқиқотлар учун янги йўналишлар очади. **Калит сўзлар:** намлик, ҳарорат, табиий таъсир, Лаплас оператори, Томпсон формуласи, ингичка тор тебранишларининг дифференциал тенгламаси.

STUDY OF THE INFLUENCE OF HUMIDITY AND AMBIENT TEMPERATURE ON THE RANGE OF THE RFID TECHNOLOGY SYSTEM

Khamzaev Dilshod Inomdjonovich

Abstract. The study focuses on the analysis of the phenomena of electromagnetic radiation in the context of RFID-systems based on interaction of the two oscillating

Independent Researcher,
Department of "Electronics
and Instrumentation
Engineering"

Fergana Polytechnic Institute

**Kelib tushgan/Получено/
Received: 24.09.2024**

**Qabul qiligan/Принято/
Accepted: 07.10.2024**

**Nashr etilgan/
Опубликовано/Published:
31.10.2024**

circuits: reader and tag. The study process revealed a significant dependence of the range of RFID-systems on such external factors as temperature and humidity. To achieve this goal, a theoretical model has been developed by means of partial differential equations with multiple variables and degrees. The model emphasizes damped electromagnetic periodic oscillations in the zero state, which enabled us to derive two mathematical formulas describing the influence of the environment on performance of RFID-technology. Retrieved findings contribute to understanding and optimizing the performance of RFID-systems in different environments, and open new directions for further research into wireless communication.

Keywords: humidity, temperature, natural influence, Laplace operator, Thompson's formula, partial differential equation of thin string oscillations.

Введение

Система RFID находит широкое применение в различных отраслях промышленности для учёта и перемещения товаров. Важным аспектом является правильная маркировка каждой единицы продукции с помощью системы идентификации RFID (Abdurakhmonov et al., 2023; Medvidović & Sels, 2023; Zhou et al., 2023; Kanitschar et al., 2023; Tselentis & Baumeler, 2023; Kestler et al., 2023; Tarabunga et al., 2023). Данная технология маркировки основана на принципе передачи данных, осуществляемой через колебательный контур ридера – устройства, предназначенного для передачи и считывания электромагнитного сигнала с определённой переменной амплитудой. Направленное электромагнитное излучение фиксируется RFID-меткой или RFID-тегом, которая принимает излучение через свой колебательный контур, считывает данные из встроенного чипа и отправляет сигнал обратно. Это взаимодействие позволяет обеспечить эффективный учёт и управление ресурсами в различных промышленных процессах.

Система RFID функционирует в различных режимах, включая возможность использования дополнительных источников энергии либо работу без них. Тем не менее при передаче данных важнейшим аспектом является характеристика самой волны: её энергия уменьшается при прохождении через определённые среды, что накладывает ограничения на дальность действия RFID-систем. В процессе передачи информации электромагнитный сигнал затухает по мере удаления от ридера. На этапе возврата сигнал преобразуется, обладая переменной амплитудой, в то время как частота остаётся постоянной. При этом компенсируется изменение амплитуды на протяжении всей волны (Renault et al., 2023; Tarabunga et al., 2023; Chen et al., 2023; Strom et al., 2024; Tsampasian et al., 2024; Hampson et al., 2023; Floccari et al., 2012; Orlandi et al., 2012; Calame & Mulé, 2024; Greffier et al., 2024; Xiao et al., 2024).

Этот эффект позволяет в рамках исследования, направленного на определение дальности действия RFID-технологии, пренебрегать информацией, содержащейся в электромагнитных волнах (Pérez-Manjarrez et al., 2023). На основании данного анализа, в последующем будет проводиться исследование электромагнитной волны с заданными характеристиками, не принимая во внимание информацию объемом несколько килобайт, которую она может содержать (McErlane, 2023; Greffier et al., 2024; Xiao et al., 2024; Grange et al., 2024). В этой сфере несколькими учёными было произведено множество исследований и испытаний. Одним из них можно отметить работу российского учёного А.Л. Попова в сфере разработки конструкции микрополосковых антенн. Попов исследовал распространение радиочастот и усовершенствовал антенны RFID-метки в среде (Поров, 2012). Но не учитывалась влияние этой среды

на RFID-метки. Основная цель исследовательской работы заключалась в разработке новых планарных антенн, исследовании и оптимизации характеристик известных конструкций планарных антенн с целью их эксплуатации в RFID системах УВЧ диапазона, а также разработке аналитических моделей для расчёта исследуемых структур. Ещё один учёный Томского государственного университета (Россия) А.С. Карауш исследовал помехоустойчивость и работоспособность RFID-оборудования и RFID-метки. Проводились испытания на проходимость радиочастотного сигнала через различные препятствия и среды, такие как повышенная влажность, ткань, металлические изделия, бумага различной толщины, деревянные конструкции и глина. А.С. Багдасарян в своём исследовании выявил основные факторы влияния среды на работоспособность, проходимость радиочастот RFID-технологии и предложил для оптимального функционирования данной технологии несколько вариантов антенн UHF-диапазона. Кроме того, исходя из перечисленных параметров, определялся масштаб применения RFID-технологии в производственной сфере, а значит, необходимость функционирования систем в самых различных погодных и природных условиях, включая различные температурные показатели, уровень влажности воздуха и другие факторы. Учёт каждой этой переменных является критически важным, так как влияние факторов окружающей среды может воздействовать и положительно, и негативно на распространение радиочастотной идентификации, поэтому изучение влияния фактора температуры и влажности на распространение и работоспособность радиочастотного сигнала очень важно, что подтверждает актуальность исследования.

Материалы и методы

В рамках системы RFID применяется технология приёма и передачи радиоволн в диапазоне УВЧ (860–960 МГц). Очень важно выяснить влияние влажности и температуры на данную технологию.

В свою очередь при помощи математического моделирования необходимо построить и выявить влияние факторов на проходимость радиочастотного сигнала в среде. Это позволит определить оптимальное расстояние для считывания радиочастотной идентификации, что в свою очередь поможет автоматизировать технологические процессы в промышленности, где используется радиочастотная RFID-технология. Так, автоматизация технологических процессов с использованием вычислений математических моделей может повысить производительность, улучшить качество продукции, сэкономить время работы рабочего персонала, снизить влияние человеческого фактора на производство, минимизировать ошибки в производстве.

Электромагнитная волна выступает в качестве носителя информации между источником и приёмником. В текущем исследовании ключевое значение имеет именно электромагнитная волна, как ранее было упомянуто. Анализ волны может быть осуществлён с помощью метода описания физических процессов через дифференциальные уравнения n -го порядка с m -числом переменных. Необходимо сформулировать соответствующее дифференциальное уравнение для рассматриваемой системы. Заметим, что уравнение любой волны в той или иной форме является решением специального волнового уравнения. К таким уравнениям относятся плоские и сферические волны.

Учитывая проекции электрического или магнитного поля, можно также рассмотреть электромагнитные поля. В результате получим вывод волнового дифференциального уравнения на основе модели простейшей плоской волны (1):

$$E = E_m e^{-at} \cos(\omega t - kr + \alpha). \quad (1)$$

Результаты исследования

Уравнение, которое описывает текущее явление, может быть получено через вычисление дискретного лапласиана функции (1). Оно включает в себя вторые производные по координатам (2–4) и времени (5):

$$\frac{\partial^2 E}{\partial x^2} = -k_x^2 E_m e^{-at} \cos(wt - kr + \alpha) = -k_x^2 E \quad (2)$$

$$\frac{\partial^2 E}{\partial y^2} = -k_y^2 E_m e^{-at} \cos(wt - kr + \alpha) = -k_y^2 E \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 E}{\partial z^2} = -k_z^2 E_m e^{-at} \cos(wt - kr + \alpha) = -k_z^2 E \quad (4)$$

$$\frac{\partial^2 E}{\partial t^2} = -w^2 E_m e^{-at} \cos(wt - kr + \alpha) = -w^2 E. \quad (5)$$

Из полученных результатов видно, что лапласиан функции энергии, или сумма вторых производных, по координатам равен произведению волнового числа на саму функцию. Учитывая выражение для волнового числа и циклической частоты, можно установить соотношение между лапласианом функции и произведением функции на квадрат циклической частоты (5). Это позволяет определить новую скорость электромагнитной волны, которая зависит от среды: для вакуума она составляет 299792458 м/с, а для воздуха с коэффициентом 1,003 – 298895770 м/с. Таким образом, можно вывести волновое дифференциальное уравнение второго порядка вида (6):

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 E}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 E}{\partial z^2} = \Delta E = -(k_x^2 + k_y^2 + k_z^2)E = -k^2 E => \\ \Rightarrow \left(\begin{array}{l} k = \frac{2\pi}{\lambda} = \frac{2\pi f}{c}, \\ w = 2\pi f, \\ \frac{k^2}{w^2} = \frac{1}{v^2} => v = \frac{w}{k} = c \end{array} \right) \Rightarrow \Delta E = \frac{1}{v^2} \frac{\partial^2 E}{\partial t^2}. \end{aligned} \quad (6)$$

Полученное выражение отражает зависимость величины энергии от расстояния. В функции энергии присутствует также временной параметр, который влияет на дальность действия электромагнитной волны. Это означает, что уровень её энергии снижается до минимального значения, необходимого для активации RFID-тега (7):

$$r = ct(E). \quad (7)$$

Вследствие этого можно утверждать, что существует определённая функция расстояния (8), которая зависит от влажности окружающей среды, температуры и времени, необходимого для прохождения электромагнитной волны до RFID-тега. Эта функция благодаря своей зависимости от энергии подчиняется уравнению (6), которое необходимо вывести и проанализировать.

Функция (8):

$$r(v, T, t) \quad (7)$$

– была успешно протестирована в ряде экспериментов, в ходе которых была выявлена зависимость r от температуры, влажности и расстояния (табл. 1).

Таблица 1

Полученные экспериментальные значения

Температура, °C	Влажность, %	Расстояние, см
16	90	115
12	36	198
10	54	195
3	58	195

Учитывая данные таблицы 1, можно утверждать о необходимости введения специальных пограничных условий для функции (8), основанных на экспериментально полученных значениях (9–16).

$$r(90, T, t) = 115; \quad (9)$$

$$r(36, T, t) = 198; \quad (10)$$

$$r(54, T, t) = 195; \quad (11)$$

$$r(58, T, t) = 195; \quad (12)$$

$$r(i, 16, t) = 115; \quad (13)$$

$$r(v, 12, t) = 198; \quad (14)$$

$$r(v, 10, t) = 195; \quad (15)$$

$$r(v, 3, t) = 195. \quad (16)$$

В данном случае экспериментально установлены зависимости от температуры и влажности среды. Однако указанная зависимость от времени существует и в начальных условиях. При нулевом значении времени расстояние, очевидно, также обнуляется, что подтверждается значением функции (17):

$$r(v, T, 0) = 0. \quad (17)$$

Для определения времени, затрачиваемого на максимальное расстояние в 2 м, используется соотношение этого значения с максимальной скоростью электромагнитной волны – скоростью света. Получаем значение времени (18), при котором функция расстояния принимает сравнительно максимальное значение функции (19), которое впоследствии станет приближённой величиной:

$$t_{max} = \frac{d_{max}}{c} = \frac{2}{299792458} = 6,67128 * 10^{-9} \text{ с} \quad (18)$$

$$r(v, T, 6,67128 * 10^{-9}) = r_m. \quad (19)$$

Теперь, имея уравнение (6) для функции (8) с пограничными условиями (9–16) и начальными условиями (17, 19), задача будет решаться методом Фурье – разделения переменных. Решение будет искоматься в виде (20), после подстановки которого можно получить вид (21), а затем, после преобразования, прийти к первому частичному значению решения (22):

$$r(v, T, t) = K(v, T)Q(t) \quad (20)$$

$$\Delta K(v, T)Q(t) = \frac{1}{v^2}K(v, T)Q''(t) \quad (21)$$

$$\frac{\Delta K(v, T)}{K(v, T)} = \frac{Q''(t)}{v^2 Q(t)} = -\lambda. \quad (22)$$

Исходя из преобразованного равенства (22), можно вывести два дифференциальных уравнения в частных производных второго порядка, одно из которых зависит от одной переменной, а другое – от двух переменных. Первое частичное значение выбрано отрицательным, что упрощает процесс решения связанных дифференциальных уравнений. Первое уравнение, касающееся функции времени, имеет вид (23). Решение для него представляется в виде (24), и после подстановки этого решения мы получаем характерный вид дифференциального уравнения второго порядка с одной переменной. В этом уравнении также определяется значение коэффициента, который зависит от первого частичного значения (24):

$$Q'' t + \lambda v^2 Q(t) = 0 \quad (23)$$

$$Q(t) = e^k \quad (24)$$

$$k^2 e^k + \lambda v e_k = 0 \Rightarrow k^2 + \lambda v^2 = 0 \Rightarrow k = \pm v\sqrt{\lambda}. \quad (25)$$

Исходя из полученных значений для коэффициента уравнения характерного вида, можно выразить общий вид функции (26). В функцию общего вида можно подставить начальные условия (17, 19). При этом в первом случае мы получаем уравнение (27), а во втором случае, сразу подставив значение из (27), мы определяем выражение для второго коэффициента в общем виде части общей функции от времени (28) в (26).

$$Q(t) = C_1 e^{\sqrt{\lambda}vt} + C_2 e^{-\sqrt{\lambda}vt} \quad (26)$$

$$Q(0) = C_1 + C_2 = 0 \Rightarrow C_1 = -C_2 \quad (27)$$

$$\begin{aligned} Q(6.67128 * 10^{-9}) &= C_1 e^{2\sqrt{\lambda}} + C_2 e^{-2\sqrt{\lambda}} = r_m \Rightarrow \\ &\Rightarrow -C_2 e^{2\sqrt{\lambda}} + C_2 e^{-2\sqrt{\lambda}} = r_m \Rightarrow \\ &\Rightarrow C_2 = \frac{r_m e^{2\sqrt{\lambda}}}{1 - e^{2\sqrt{\lambda}}}. \end{aligned} \quad (28)$$

Исходя из полученного результата (28), можно легко определить значение первого коэффициента уравнения общего вида (29), а также в целом общий вид функции (30). Используя при этом полученные результаты, её можно преобразовать в:

$$C_1 = -\frac{r_m e^{2\sqrt{\lambda}}}{1 - e^{2\sqrt{\lambda}}} \quad (29)$$

$$Q(t) = C_1 e^{\sqrt{\lambda}vt} + C_2 e^{-\sqrt{\lambda}vt} = -\frac{r_m \left(e^{\sqrt{\lambda}(2+vt)} + e^{\sqrt{\lambda}(2-vt)} \right)}{1 - e^{2\sqrt{\lambda}}}. \quad (30)$$

Теперь можно рассмотреть второе дифференциальное уравнение, вытекающее из (22) с лапласианом (31). Учитывая, что в качестве координат берутся величины влажности и температуры, это уравнение может быть решено с использованием метода разделения переменных (методом Фурье), принимая в качестве решения форму (32):

$$\Delta K(v, T) + \lambda K(v, T) = 0 \quad (31)$$

$$K(v, T) = V(v)Z(T). \quad (32)$$

После подстановки вида (32) в уравнение (31) получается новое дифференциальное уравнение, содержащее две функции и две переменные второго порядка в частных производных по координатам влажности и температуры (33). Это уравнение может быть преобразовано до вида (34) с выведением второго частного значения решения, которое также рассматривается как отрицательная величина для более эффективного решения, вытекающего из полученного равенства дифференциальных уравнений:

$$V''(v)Z(T) + V(v)Z''(T) + \lambda V(v)Z(T) = 0 \quad (33)$$

$$\frac{V''(v)}{V(v)} = -\frac{Z''(T)}{Z(T)} - \lambda = -\lambda_1. \quad (34)$$

Первое дифференциальное уравнение второго порядка в частных производных относительно функции влажности записывается как (35). Решение этого уравнения определяется в виде (36). После подстановки получаем характерный вид уравнения (37), где выводим характерный коэффициент. Также при этом рассматривается общий вид функции, зависящей от влажности (38):

$$V''(v) + \lambda_1 V(v) = 0 \quad (35)$$

$$V(v) = e^{k_1 v} \quad (36)$$

$$k_1^2 e^{k_1 v} + \lambda_1 e^{k_1 v} = 0 \Rightarrow k_1^2 + \lambda_1 = 0 \Rightarrow k_1 = \pm \sqrt{\lambda_1} \quad (37)$$

$$V(v) = C_3 e^{\sqrt{\lambda_1} v} + C_4 e^{-\sqrt{\lambda_1} v}. \quad (38)$$

Для функции, зависящей от влажности, установлены пограничные условия (9–12). При частичной подстановке этих условий формируется система уравнений. Важно отметить, что все четыре уравнения могут быть значимы, однако из-за наличия двух неизвестных коэффициентов в общем виде функции влажности (38) и частного решения второго значения, полученного в (34), используются только три уравнения. Решение системы уравнений для коэффициентов происходит путём выведения одного из них через другой. На второй стадии решения получается функция для второго коэффициента через функцию влажности, а на третьем этапе, путём решения системы уравнений, определяется из функции влажности первое значение коэффициента (39):

$$\begin{cases} V(90) = C_3 e^{90\sqrt{\lambda_1}} + C_4 e^{-90\sqrt{\lambda_1}} = 115 \\ V(36) = C_3 e^{36\sqrt{\lambda_1}} + C_4 e^{-36\sqrt{\lambda_1}} = 198 \Rightarrow \\ V(54) = C_3 e^{54\sqrt{\lambda_1}} + C_4 e^{-54\sqrt{\lambda_1}} = 195 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} C_4 = e^{90\sqrt{\lambda_1}} (115 - C_3 e^{90\sqrt{\lambda_1}}) \\ C_3 e^{36\sqrt{\lambda_1}} + e^{54\sqrt{\lambda_1}} (115 - C_3 e^{90\sqrt{\lambda_1}}) = 198 \Rightarrow \\ C_3 e^{54\sqrt{\lambda_1}} + C_4 e^{-54\sqrt{\lambda_1}} = 195 \\ \Rightarrow C_3 = \frac{198 - 115e^{54\sqrt{\lambda_1}}}{e^{36\sqrt{\lambda_1}} - e^{144\sqrt{\lambda_1}}} \end{cases} \quad (39)$$

Полученные формы подставляются в третье уравнение, что приводит к получению выражения уравнения (40):

$$\begin{aligned} C_3 e^{54\sqrt{\lambda_1}} + C_4 e^{-54\sqrt{\lambda_1}} &= 195 \Rightarrow \\ &\Rightarrow \frac{198 - 115e^{54\sqrt{\lambda_1}}}{e^{36\sqrt{\lambda_1}} - e^{144\sqrt{\lambda_1}}} e^{54\sqrt{\lambda_1}} + \\ &+ e^{90\sqrt{\lambda_1}} \left(115 - \frac{198 - 115e^{54\sqrt{\lambda_1}}}{e^{36\sqrt{\lambda_1}} - e^{144\sqrt{\lambda_1}}} e^{90\sqrt{\lambda_1}} \right) e^{-54\sqrt{\lambda_1}} = 195. \end{aligned} \quad (40)$$

Само уравнение состоит из двух условных частей в левой части, каждая из которых может быть упрощена. Первое слагаемое приводится к более приемлемому виду в (41), а второе – в (42):

$$\frac{198 - 115e^{54\sqrt{\lambda_1}}}{e^{36\sqrt{\lambda_1}} - e^{144\sqrt{\lambda_1}}} e^{54\sqrt{\lambda_1}} = \frac{198e^{18\sqrt{\lambda_1}} - 115e^{72\sqrt{\lambda_1}}}{1 - e^{108\sqrt{\lambda_1}}} \quad (41)$$

$$\begin{aligned} e^{90\sqrt{\lambda_1}} \left(115 - \frac{198 - 115e^{54\sqrt{\lambda_1}}}{e^{36\sqrt{\lambda_1}} - e^{144\sqrt{\lambda_1}}} e^{90\sqrt{\lambda_1}} \right) e^{-54\sqrt{\lambda_1}} &= \\ = \left(\frac{115 - 115e^{108\sqrt{\lambda_1}} - 198e^{54\sqrt{\lambda_1}} - 115e^{108\sqrt{\lambda_1}}}{1 - e^{108\sqrt{\lambda_1}}} \right) e^{-36\sqrt{\lambda_1}} &= \\ = \frac{115 - 230e^{108\sqrt{\lambda_1}} - 198e^{54\sqrt{\lambda_1}}}{e^{36\sqrt{\lambda_1}} (1 - e^{108\sqrt{\lambda_1}})} \end{aligned} \quad (42)$$

Полученные значения подставляются в уравнение (40), что приводит к его преобразованию. Кроме того, с помощью метода замены может быть получено результирующее уравнение 144-й степени (43):

$$\begin{aligned} &\frac{198e^{18\sqrt{\lambda_1}} - 115e^{72\sqrt{\lambda_1}}}{1 - e^{108\sqrt{\lambda_1}}} + \frac{115 - 230e^{108\sqrt{\lambda_1}} - 198e^{54\sqrt{\lambda_1}}}{e^{36\sqrt{\lambda_1}} (1 - e^{108\sqrt{\lambda_1}})} = 195 \Rightarrow \\ \Rightarrow &\frac{198e^{54\sqrt{\lambda_1}} - 115e^{108\sqrt{\lambda_1}} + 115 - 230e^{108\sqrt{\lambda_1}} - 198e^{54\sqrt{\lambda_1}}}{e^{36\sqrt{\lambda_1}} (1 - e^{108\sqrt{\lambda_1}})} = 195 \Rightarrow \\ \Rightarrow &-345e^{108\sqrt{\lambda_1}} + 115 - 195e^{36\sqrt{\lambda_1}} - 195e^{144\sqrt{\lambda_1}} = 0 \Rightarrow (e^{\sqrt{\lambda_1}} = x) \Rightarrow \\ \Rightarrow &195x^{144} + 345x^{108} + 195x^{36} - 115 = 0. \end{aligned} \quad (43)$$

Настоящее уравнение можно решить графически. График функции представляет собой удлинённый параболоид, который пересекает ось абсцисс, то есть нулевое значение оси ординат только при двух значениях x (44):

$$x_{1,2} = \pm 0,9761. \quad (44)$$

Поскольку при замене использовалась экспоненциальная функция, отрицательное значение не принимаем. Поэтому указывается положительная величина, из которой выводим значение для второго частичного решения (45), а также первого и второго коэффициента функции влажности (46–47):

$$e^{\sqrt{\lambda_1}} = 0,9761 \Rightarrow \lambda_1 = (\ln 0,9761)^2 = 5,85168 * 10^{-4} \quad (45)$$

$$C_3 = \frac{198 - 115e^{54\sqrt{\lambda_1}}}{e^{36\sqrt{\lambda_1}} - e^{144\sqrt{\lambda_1}}} = \frac{198 - 115e^{54\sqrt{5,85168*10^{-4}}}}{e^{36\sqrt{5,85168*10^{-4}}} - e^{144\sqrt{5,85168*10^{-4}}}} = 7,508802646 \quad (46)$$

$$C_4 = e^{90\sqrt{\lambda_1}} (115 - C_3 e^{90\sqrt{\lambda_1}}) = e^{90\sqrt{5,85168*10^{-4}}} (115 - 7,508802646 e^{90\sqrt{5,85168*10^{-4}}}) = 430,1568771. \quad (47)$$

Далее можем получить полноценную функцию для величины влажности (48):

$$V(v) = 7,508802646 e^{\sqrt{5,85168*10^{-4}}v} + 430,1568771 e^{-\sqrt{5,85168*10^{-4}}v} = 7,508802646 e^{0,024190246v} + 430,1568771 e^{-0,024190246v}. \quad (48)$$

Возвращаясь ко второму дифференциальному уравнению функции температуры второго порядка в частных производных (49), вытекающему из (34), его решение находим аналогично предыдущему решению в преобразованном виде (50), получая характерный вид, но с иным значением для характерного коэффициента (51):

$$-\frac{Z''(T)}{Z(T)} - \lambda = -\lambda_1 \Rightarrow Z''(T) + (\lambda_1 - \lambda)Z(T) = 0 \quad (49)$$

$$Z(T) = e^{k_2} \quad (50)$$

$$k_2^2 e^{k_2} + (\lambda_1 - \lambda) e^{k_2} = 0 \Rightarrow k_2 = \pm \sqrt{\lambda - \lambda_1}. \quad (51)$$

$$Z(T) = C_5 e^{\sqrt{\lambda - \lambda_1}T} + C_6 e^{-\sqrt{\lambda - \lambda_1}T} \quad (52)$$

С помощью подстановки найденных выражений мы получаем общее представление для функции температуры (52). Далее, используя пограничные условия (13–15), которые идеально согласуются с общими значениями, мы формируем систему уравнений, содержащую три переменные. Эти переменные включают первый и второй коэффициенты в общей функции температуры (52), а также первую частичную величину решения, полученную в (22) и интегрированную в данный вид в (34):

$$Z(T) = C_5 e^{\sqrt{\lambda - \lambda_1}T} + C_6 e^{-\sqrt{\lambda - \lambda_1}T} \quad (52)$$

Полученная система уравнений решается аналогичным способом. На первом шаге мы выводим выражение для второго коэффициента в общем уравнении температуры (53):

$$\begin{cases} Z(16) = C_5 e^{16\sqrt{\lambda-\lambda_1}} + C_6 e^{-16\sqrt{\lambda-\lambda_1}} = 115 \\ Z(12) = C_5 e^{12\sqrt{\lambda-\lambda_1}} + C_6 e^{-12\sqrt{\lambda-\lambda_1}} = 198 \Rightarrow \\ Z(10) = C_5 e^{10\sqrt{\lambda-\lambda_1}} + C_6 e^{-10\sqrt{\lambda-\lambda_1}} = 195 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} C_6 = e^{16\sqrt{\lambda-\lambda_1}} (115 - C_5 e^{16\sqrt{\lambda-\lambda_1}}) \\ C_5 e^{12\sqrt{\lambda-\lambda_1}} + e^{16\sqrt{\lambda-\lambda_1}} (115 - C_5 e^{16\sqrt{\lambda-\lambda_1}}) e^{-12\sqrt{\lambda-\lambda_1}} = 198 \\ Z(10) = C_5 e^{10\sqrt{\lambda-\lambda_1}} + C_6 e^{-10\sqrt{\lambda-\lambda_1}} = 195. \end{cases} \quad (53)$$

Затем подстановкой найденного выражения мы можем решить второе уравнение системы, получив уравнение для первого коэффициента функции температуры (54). Это позволит подставить оба значения в третье уравнение, которое, в свою очередь, преобразуется в более сложное уравнение с двумя слагаемыми в левой части (55):

$$\begin{aligned} C_5 e^{12\sqrt{\lambda-\lambda_1}} + e^{16\sqrt{\lambda-\lambda_1}} (115 - C_5 e^{16\sqrt{\lambda-\lambda_1}}) e^{-12\sqrt{\lambda-\lambda_1}} &= 198 \Rightarrow \\ \Rightarrow C_5 &= \frac{198 - 115 e^{4\sqrt{\lambda-\lambda_1}}}{e^{12\sqrt{\lambda-\lambda_1}} - e^{20\sqrt{\lambda-\lambda_1}}} \end{aligned} \quad (54)$$

$$\begin{aligned} C_5 e^{10\sqrt{\lambda-\lambda_1}} + C_6 e^{-10\sqrt{\lambda-\lambda_1}} &= 195 \Rightarrow \\ \Rightarrow \frac{198 - 115 e^{4\sqrt{\lambda-\lambda_1}}}{e^{12\sqrt{\lambda-\lambda_1}} - e^{20\sqrt{\lambda-\lambda_1}}} e^{10\sqrt{\lambda-\lambda_1}} + \\ + e^{16\sqrt{\lambda-\lambda_1}} \left(115 - \frac{198 - 115 e^{4\sqrt{\lambda-\lambda_1}}}{e^{12\sqrt{\lambda-\lambda_1}} - e^{20\sqrt{\lambda-\lambda_1}}} e^{16\sqrt{\lambda-\lambda_1}} \right) e^{-10\sqrt{\lambda-\lambda_1}} &= 195. \end{aligned} \quad (55)$$

Первая часть (55) может быть упрощена до (56), а вторая – до (57). Это даст возможность собрать всё воедино в общем уравнении, которое после преобразований снова сводится к уравнению (58):

$$\frac{198 - 115 e^{4\sqrt{\lambda-\lambda_1}}}{e^{12\sqrt{\lambda-\lambda_1}} - e^{20\sqrt{\lambda-\lambda_1}}} e^{10\sqrt{\lambda-\lambda_1}} = \frac{198 - 115 e^{4\sqrt{\lambda-\lambda_1}}}{e^{2\sqrt{\lambda-\lambda_1}} (1 - e^{8\sqrt{\lambda-\lambda_1}})} \quad (56)$$

$$\begin{aligned} e^{16\sqrt{\lambda-\lambda_1}} \left(115 - \frac{198 - 115 e^{4\sqrt{\lambda-\lambda_1}}}{e^{12\sqrt{\lambda-\lambda_1}} - e^{20\sqrt{\lambda-\lambda_1}}} e^{16\sqrt{\lambda-\lambda_1}} \right) e^{-10\sqrt{\lambda-\lambda_1}} &= \\ = \frac{115 e^{6\sqrt{\lambda-\lambda_1}} - 230 e^{14\sqrt{\lambda-\lambda_1}} - 198 e^{10\sqrt{\lambda-\lambda_1}}}{1 - e^{8\sqrt{\lambda-\lambda_1}}} \end{aligned} \quad (57)$$

$$\begin{aligned} \frac{198 - 115 e^{4\sqrt{\lambda-\lambda_1}}}{e^{2\sqrt{\lambda-\lambda_1}} (1 - e^{8\sqrt{\lambda-\lambda_1}})} + \frac{115 e^{6\sqrt{\lambda-\lambda_1}} - 230 e^{14\sqrt{\lambda-\lambda_1}} - 198 e^{10\sqrt{\lambda-\lambda_1}}}{1 - e^{8\sqrt{\lambda-\lambda_1}}} &= 195 \Rightarrow \\ \Rightarrow 198 - 115 e^{4\sqrt{\lambda-\lambda_1}} + \\ + (115 e^{6\sqrt{\lambda-\lambda_1}} - 230 e^{14\sqrt{\lambda-\lambda_1}} - 198 e^{10\sqrt{\lambda-\lambda_1}}) e^{2\sqrt{\lambda-\lambda_1}} &= \\ = 195 e^{2\sqrt{\lambda-\lambda_1}} (1 - e^{8\sqrt{\lambda-\lambda_1}}) \Rightarrow \\ \Rightarrow 198 - 115 e^{4\sqrt{\lambda-\lambda_1}} + 115 e^{8\sqrt{\lambda-\lambda_1}} - 230 e^{16\sqrt{\lambda-\lambda_1}} - \\ - 198 e^{12\sqrt{\lambda-\lambda_1}} - 195 e^{2\sqrt{\lambda-\lambda_1}} + 195 e^{10\sqrt{\lambda-\lambda_1}} &= 0. \end{aligned} \quad (58)$$

Применим для уравнения (58) метод подстановки, указав (59). В результате получим уравнение 16-й степени с чётными степенями неизвестной величины (60), решение которого можно найти графически в виде двух противоположных значений (61):

$$e^{\sqrt{\lambda-\lambda_1}} = y \quad (59)$$

$$230y^{16} + 198y^{12} - 195y^{10} - 115y^8 + 115y^4 + 195y^2 - 198 = 0 \quad (60)$$

$$y = \pm 0,8819. \quad (61)$$

Полученная величина после подстановки устанавливает первое частичное решение (62), которое, в свою очередь, при последующей подстановке позволяет определить как первое (63), так и второе (64) частичные значения в функции температуры:

$$e^{\sqrt{\lambda-\lambda_1}} = 0,8819 \Rightarrow \lambda = (\ln 0,8819)^2 + 5,85168 * 10^{-4} = 0,01638 \quad (62)$$

$$\begin{aligned} C_5 &= \frac{198 - 115e^{4\sqrt{\lambda-\lambda_1}}}{e^{12\sqrt{\lambda-\lambda_1}} - e^{20\sqrt{\lambda-\lambda_1}}} = \\ &= \frac{198 - 115e^{4\sqrt{0,01638-5,85168*10^{-4}}}}{e^{12\sqrt{0,01638-5,85168*10^{-4}}} - e^{20\sqrt{0,01638-5,85168*10^{-4}}}} = \\ &= -1,006656628 \end{aligned} \quad (63)$$

$$\begin{aligned} C_6 &= e^{16\sqrt{\lambda-\lambda_1}} (115 - C_5 e^{16\sqrt{\lambda-\lambda_1}}) = \\ &= e^{16\sqrt{0,01638-5,85168*10^{-4}}} (115 + 1,006656628 e^{16\sqrt{0,01638-5,85168*10^{-4}}}) = \\ &= 915,1687975. \end{aligned} \quad (64)$$

Можно получить полную функцию зависимости от температуры (65) методом Фурье:

$$Z(T) = -1,006656628e^{0,125677492T} + 915,1687975e^{-0,125677492T}. \quad (61)$$

Так как решение было получено методом разделения переменных и установлено значение для первой частной величины решения (62), оно оказывает влияние на форму функции от времени (30), преобразуя её в состояние (66):

$$\begin{aligned} Q(t) &= -\frac{r_m (e^{\sqrt{\lambda}(2+vt)} + e^{\sqrt{\lambda}(2-vt)})}{1 - e^{2\sqrt{\lambda}}} = \\ &= -\frac{r_m (e^{0,127984374(2+vt)} + e^{0,127984374(2-vt)})}{1 - e^{0,255968748}} = \\ &= -\frac{2r_m 0, e^{255968748} \cosh(0,127984374vt)}{1 - e^{0,255968748}}. \end{aligned} \quad (66)$$

Таким образом была получена общая функция, зависящая от всех необходимых переменных и факторов, объединяющая выражение для расстояния в зависимости от влажности, температуры и времени (67):

$$r(v, T, t) = -(7,508802646e^{0,024190246v} + 430,1568771e^{-0,024190246v}) * \\ * (-1,006656628e^{0,125677492T} + 915,1687975e^{-0,125677492T}) * \\ * \left(\frac{2r_{m0} e^{255968748} \cosh(0,127984374vt)}{1 - e^{0,255968748}} \right). \quad (67)$$

Выражение (67) показывает, как дальность действия RFID-системы зависит от влажности, температуры и времени. При его получении учитывались только потери энергии электромагнитной волны при прохождении через среду. Однако следует отметить, что на процессы приёма и передачи информации между устройствами также влияют внешние факторы, касающиеся конкретных приёмных и передающих устройств. В настоящем исследовании этот аспект не рассмотрен.

Анализ результатов исследования

Для наглядного представления математической модели (67) были построены графические отображения процесса. Таким образом, можно визуализировать проекцию функции (67) относительно зависимости влажности при температуре 15 °C (рис. 1).



Рис. 1. График зависимости расстояния (дальности) от влажности

На графике видно, что дальность действия RFID-системы зависит от влажности в экспоненциальном спадающем виде. Подобным образом была построена зависимость от температуры при уровне влажности 55 % и аналогичных остальных параметрах (рис. 2).

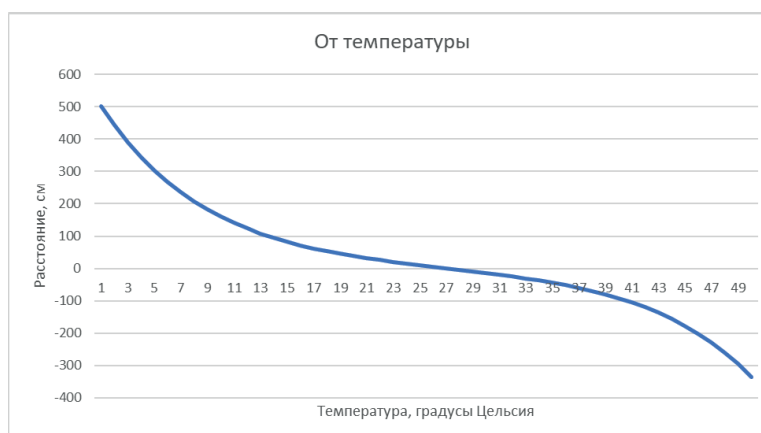


Рис. 2. График зависимости расстояния (дальности) от температуры

График показывает, что при низких температурах (от 0 до 21 °С) дальность действия RFID-системы экспоненциально уменьшается в зависимости от температуры. При средних температурах (от 21 до 35 °С) наблюдается тенденция к линейному падению с критической точкой в 27,102990 °С, после которой зависимость дальности от температуры исчезает. При высоких температурах (от 35 °С и выше) график демонстрирует обратное экспоненциальное поведение, что также указывает на независимость дальности от температуры. В расчётах также учитывается время пуска импульса по маршруту: приёмник – источник – приёмник (67). График иллюстрирует увеличение дальности действия RFID-системы с увеличением времени, что подтверждает достоверность полученного выражения (рис. 3).



Рис. 3. График зависимости расстояния (дальности) от времени, затрачиваемого волной на прохождение расстояния

Можно отобразить в трёхмерное отображение математической модели (67) (рис. 4–5).

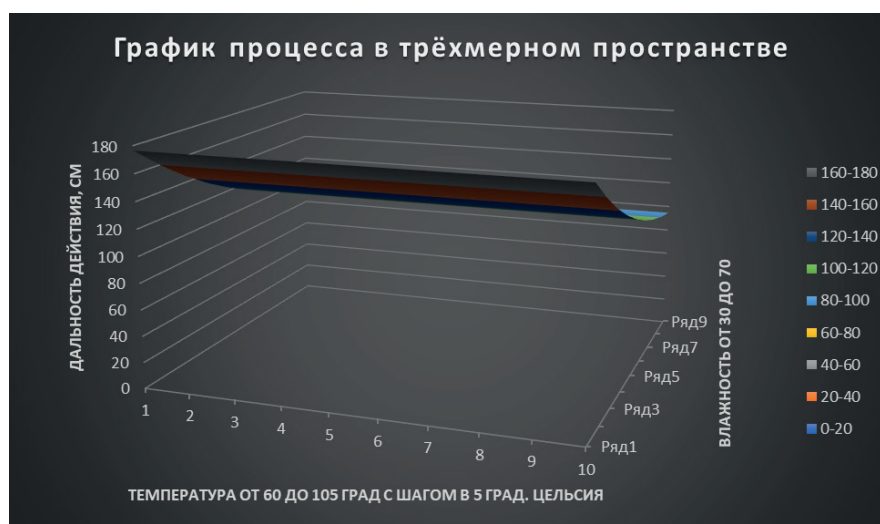


Рис. 4. График процесса в трёхмерном пространстве в диапазоне высоких температур

Согласно графику, при высоких температурах дальность действия не зависит от температуры, в то же время с увеличением влажности наблюдается экспоненциальное снижение дальности.

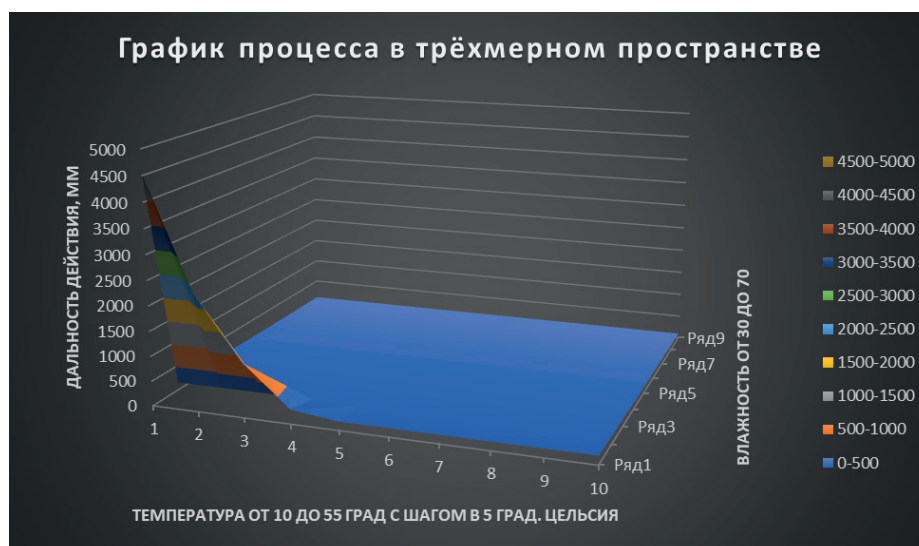


Рис. 5. График процесса в трёхмерном пространстве в диапазоне низких температур

На рисунке 5 можем увидеть трёхмерный график общего процесса при низких температурах, включающий диапазон слепой зоны. Это позволяет выявить основные факторы, влияющие на работоспособность RFID-технологии. Учитывая вышеуказанные аспекты приведённого математического моделирования, можно сделать соответствующие выводы для построения и внедрения RFID-технологии в промышленности.

Выводы

Математическая модель процесса (67) демонстрирует связь дальности действия RFID-системы с влажностью, температурой и временем. Так как эти факторы влияют на проходимость радиочастотной идентификации и считывание сигнала с помощью считывателей. В свою очередь, с помощью этой модели можно сконструировать электронные и механические приборы и устройства для улучшения производительности RFID-технологии в промышленности. При разработке модели была учтена лишь потеря энергии электромагнитной волны, проходящей через среду. Однако известно, что на процессы передачи информации между специализированными устройствами в том числе влияют и внешние факторы. Тем не менее процентное влияние этих факторов на устройства относительно невелико. Поэтому данный аспект в данной работе не учитывается.

Графические представления предложенной модели хорошо коррелируют с экспериментальными данными, что подтверждает её достоверность. Данное исследование отличается от исследования учёного А.Л. Попова собственным подходом к радиочастотной идентификации с точки зрения распространения радиосигнала. Учитывая проходимость радиочастотного сигнала Попов разработал решения для микрополосковых антенн при производстве RFID-меток. В исследовании А.С. Карауша изучена работоспособность радиочастотной идентификации на основе проведённых эмпирических и экспериментальных расчётов. Данные расчёты достоверны, однако не была предложена математическая модель, предназначенная для дальнейшего исследования данной технологии. А.С. Багдасарян в своём исследовании произвёл расчёт на основе деления антенн для UHF-диапазона на несколько видов, при этом основной задачей был расчёт дальности считывания считывателем, кроме того, не изучено влияние основных факторов среды. В данной работе с учётом трёх переменных (влажность, температура и время) определено оптимальное расстояние

считывания радиочастотного сигнала для радиочастотной идентификации RFID-технологии.

REFERENCES

1. Abdurakhmonov, S. M., Sayitov, Sh., & Aliyev, I. X. (2023). Mathematical modeling of soldering iron heating process in automated terminal soldering installations. *E3S Web of Conferences*, 401, 05064. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340105064>
2. Baghdasaryan, S. A., Butenko, V. V. Nechaev, Y. B., Borisov, D. N., Vinokurov, N. N., & Nikolaeva, S. O. (2015). Antennas for UHF RFID tags. *Infocommunication Technologies*, 2.
3. Butenko, B. V., Baghdasaryan, C. A., Kashchenko, G. A., Nikolaev, O. V., & Semenov, R. V. (2010). Radio-frequency identification - a promising direction of development of radio-electronic systems. *Proceedings of the Research Institute of Radiology*, 3, 80–84.
4. Calame, P., & Mulé, S. (2024). Dual-energy CT: Bridging the gap between innovation and clinical practice. *Diagnostic and Interventional Imaging*, 105 (7-8), 247–248. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2024.02.011>
5. Chen, J., Stoudenmire, E. M., & White, S. R. (2023). Quantum Fourier Transform Has Small Entanglement. *PRX Quantum* 4 (4), 040318. <https://doi.org/10.1103/PRXQuantum.4.040318>
6. Floccari, F., Granata, A., Rivera, R., Marrocco, F., Santoboni, A., Malaguti, M., Andrulli, S., & Di Lullo, L. (2012). Echocardiography and right ventricular function in NKF stage III cronic kidney disease: Ultrasound nephrologists' role. *Journal of Ultrasound*, 15 (4), 252–256. <https://doi.org/10.1016/j.jus.2012.09.003>
7. Grange, R., Si-Mohamed, S., Kepenekian, V., Boccalini, S., Glehen, O., & Rousset, P. (2024). Spectral photon-counting CT: Hype or hope for colorectal peritoneal metastases imaging? *Diagnostic and Interventional Imaging*, 105 (3), 118–120. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2024.01.002>
8. Greffier, J., Faby, S., Pastor, M., Frandon, J., Erath, J., Beregi, J. P., & Dabli, D. (2024). Comparison of low-energy virtual monoenergetic images between photon-counting CT and energy-integrating detectors CT: A phantom study. *Diagnostic and Interventional Imaging*, 105 (9), 311–318. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2024.02.009>
9. Gulyaev, Yu. V., & Baghdasaryan, S. A. (2005). Radio-frequency identification using SAW technology. *Science and Technology in Industry*, 1, 54.
10. Hampson, R., Senior, R., Ring, L., Robinson, Sh., Augustine, D. X., Becher, H., Anderson, N., Willis, J., Chandrasekaran, B., Kardos, A., Siva, A., Leeson, P., Rana, B. S., Chahal, N., & Oxborough, D. (2023). Contrast echocardiography: a practical guideline from the British Society of Echocardiography. *Echo Res Pract*, 10 (1), 23. <https://doi.org/10.1186/s44156-023-00034-9>
11. Kanitschar, F., George, I., Lin, J., Upadhyaya T., & Lütkenhaus, N. (2023). Finite-Size Security for Discrete-Modulated Continuous-Variable Quantum Key Distribution Protocols. *PRX Quantum* 4 (4), 040306. <https://doi.org/10.1103/PRXQuantum.4.040306>
12. Kestler, G., Ton, K., Filin, D., Cheung, C., Schneeweiss, P., Hoinkes, T., Volz, J., Safronova, M. S., Rauschenbeutel, A. & Barreiro, J. T. (2023). State-Insensitive Trapping of Alkaline-Earth Atoms in a Nanofiber-Based Optical Dipole Trap. *PRX Quantum* 4 (4), 040308. <https://doi.org/10.1103/PRXQuantum.4.040308>
13. McErlane, J., Shelley, B. & McCall, P. (2023). Feasibility of 2-dimensional speckle tracking echocardiography strain analysis of the right ventricle with trans-thoracic echocardiography in intensive care: a literature review and meta-analysis. *Echo Res Pract*, 10 (1), 11. <https://doi.org/10.1186/s44156-023-00021-0>
14. Medvidović, M., & Sels, D. (2023). Variational Quantum Dynamics of Two-Dimensional Rotor Models. *PRX Quantum* 4 (4), 040302. <https://doi.org/10.1103/PRXQuantum.4.040302>
15. Orlandi, D., Fabbro, E., Ferrero, G., Martini, C., Lacelli, F., Serafini, G., Silvestri, E., & Sconfienza, L. M. (2012). High-resolution ultrasound of the extrinsic carpal ligaments. *Journal of Ultrasound*, 15(4), 267–272. <https://doi.org/10.1016/j.jus.2012.09.004>

16. Pérez-Manjarrez, A., García-Cruz, E., Gopar-Nieto, R., Jiménez-Rodríguez, G. M., Lazcano-Díaz, E., Rojas-Velasco, G. & Manzur-Sandoval, D. (2023). Usefulness of the velocity-time integral of the left ventricular outflow tract variability index to predict fluid responsiveness in patients undergoing cardiac surgery. *Echo Res Pract*, 10 (1), 9. <https://doi.org/10.1186/s44156-023-00022-z>
17. Renault, P., Nokkala, J., Roeland, G., Joly, N. Y., Zambrini, R., Maniscalco, S., Piilo, J., Treps, N., & Parigi, V. (2023). Experimental Optical Simulator of Reconfigurable and Complex Quantum Environment. *PRX Quantum* 4 (4), 040310. <https://doi.org/10.1103/PRXQuantum.4.040310>
18. Strom, J. B., Song, Y., Jiang, W., Lou, Y., Pfeffer, D. N., Massad, O. E., & Russo, P. (2024). Validation of administrative claims to identify ultrasound enhancing agent use. *Echo Res Pract*, 11, 3. <https://doi.org/10.1186/s44156-023-00038-5>
19. Tarabunga, P. S., Tirrito, E., Chanda, T., & Dalmonte, M. (2023). Many-Body Magic Via Pauli-Markov Chains - From Criticality to Gauge Theories. *PRX Quantum* 4 (4), 040317. <https://doi.org/10.1103/PRXQuantum.4.040317>
20. Tsampasian, V., Victor, K., Bhattacharyya, S. et al. (2024). Echocardiographic assessment of aortic regurgitation: a narrative review. *Echo Res Pract*, 11, 1. <https://doi.org/10.1186/s44156-023-00036-7>
21. Tselentis, E.-E., & Baumeler, Ä. (2023). Admissible Causal Structures and Correlations. *PRX Quantum* 4 (4), 040307. <https://doi.org/10.1103/PRXQuantum.4.040307>
22. Xiao, C. H., Liu, P., Zhang, H. H., Yang, F., Chen, X., Huang, F., Liu, J. B., & Tan, X. Z. (2024). Incremental diagnostic value of virtual non-contrast dual-energy CT for the diagnosis of choledocholithiasis over conventional unenhanced CT. *Diagnostic and Interventional Imaging*, 105 (7-8), 292–298. <https://doi.org/10.1016/j.diii.2024.02.004>
23. Zhou, S., Michalakos, S., & Gefen, T. (2023). Optimal Protocols for Quantum Metrology with Noisy Measurements. *PRX Quantum* 4 (4), 040305. <https://doi.org/10.1103/PRXQuantum.4.040305>

UDC: 677.21.021.152(045)(575.1)

EDN: <https://elibrary.ru/xqdgvh>

ПАХТАНИ ТАШИШДА ҲАВОДАН АЖРАТИШ ЖАРАЁНИ ЭКСПЕРИМЕНТЛАРИНИ РЕЖАЛАШТИРИШ ВА ОПТИМАЛЛАШТИРИШ

Салоҳиддинова Махлиё Нурмухаммад қизи¹, Қосимов Ахтам Акрамович²
¹техника фанлари бўйича
фалсафа доктори (PhD),
докторант
ORCID: 0000-0002-6309-1136
e-mail: salohiddinova.m@mail.ru
²техника фанлари бўйича
фалсафа доктори (PhD),
доцент
e-mail: ahtamqosimov@gmail.com
¹Наманган тўқимачилик
саноати институти

²Наманган муҳандислик
технология институти

Аннотация. Мақолада пахта тозалаш корхоналари ҳудудидан асосий бино билан узоқ масофада жойлашган ғарамлардаги пахтани қувурларда ташишда қўлланидиган қўзғалувчан қурилманинг ишлаши натижасидаги камчиликлар ҳамда бу қурилма бўйича илмий тадқиқот ишлари таҳлили келтирилган. Камчиликлар сифатида қурилманинг иш самарадорлиги пастлиги ташиш ҳамда пахтани ҳаводан ажратишда тола ва чигит ҳолатига салбий таъсир кўрсатиши, шунингдек, толанинг йўқолиши кабилар аниқланган. Ушбу камчиликларни камайтириш мақсадида қўзғалувчан қурилма учун такомиллашган сепаратор таклиф этилган. Мазкур конструкция пахта тозалаш корхонасининг ишлаб чиқариш жараёнига ўрнатилган ва ишлаб чиқариш шароитида тадқиқотлар олиб борилган. Янги конструкцияда бажарилган тадқиқотларнинг оптимал параметрларини аниқлаш учун тажрибалар кўп омили экспериментлар сифатида режалаштирилди ва белгиланган стандарт асосида БОТ 24-1 тажрибаси ўтказилди. Тажриба жараёнида олинган қийматлар замонавий компьютер дастурида қайта ишланиб, регрессион тенгламалар олинди. Регрессион тенгламалар коэффициентларининг Стъюдент мезони асосида аҳамиятга моликлиги, Фишер мезони ёрдамида эса олинган тенглама адекватликка текшириб кўрилди.

Калит сўзлар: пахта, чигит, тола, ҳаво, сепаратор, қўзғалувчан қурилма, эксперимент, оптималлаштириш, адекватлик, режалаштириш.

ПЛАНИРОВАНИЕ И ОПТИМИЗАЦИЯ ЭКСПЕРИМЕНТОВ ПО ПРОЦЕССУ ВОЗДУХООТДЕЛЕНИЯ ПРИ ТРАНСПОРТИРОВКЕ ХЛОПКА

Салоҳиддинова Махлиё Нурмухаммад қизи¹, Қосимов Ахтам Акрамович²
¹доктор философии по
техническим наукам (PhD),
докторант

²доктор философии по
техническим наукам (PhD),
доцент

¹Наманганский
институт текстильной
промышленности

²Наманганский инженерно-
технологический институт

Аннотация. В статье представлены недостатки в работе передвижного устройства, применяемого при транспортировке хлопка по трубопроводам с бунтов, расположенных на территории хлопкоочистительных предприятий в удалении от главного здания, а также анализ научно-исследовательских работ по этому устройству. В качестве недостатков были отмечены низкая эффективность работы устройства при транспортировке, а также отрицательное влияние на состояние волокна и семян при воздухоотделении хлопка и потеря волокна. Чтобы уменьшить эти недостатки, для передвижного устройства был предложен усовершенствованный сепаратор. Эта конструкция встроена в производственный процесс хлопкоочистительного предприятия, были проведены исследования производственных условий. Эксперименты в научном исследовании были спланированы как многофакторные для определения оптимальных параметров новой конструкции, и эксперимент БОТ 24-1 был проведён на основе установленного стандарта. Полученные в ходе эксперимента значения обрабатывали в современной компьютерной программе, получили уравнения регрессии. Значимость коэффициентов уравнений регрессии проверяли на основе критерия Стъюдента, а с помощью критерия Фишера полученное уравнение проверялось на адекватность.

Ключевые слова: хлопок, семя, волокно, воздух, сепаратор, перевалка, эксперимент, оптимизация, адекватность, планирование.

PLANNING AND OPTIMIZATION OF EXPERIMENTS ON THE PROCESS OF AIR SEPARATION DURING COTTON TRANSPORTATION

Salokhiddinova Mahliyo Nurmuhammad kizi¹, Kosimov Akhtam Akramovich²

¹Doctor of Philosophy in
Technical Sciences (PhD),
Doctoral Student

²Doctor of Philosophy in
Technical Sciences (PhD),
Associate Professor

¹Namangan Institute of
Textile Industry

²Namangan Institute of
Engineering and Technology

Kelib tushgan/Получено/
Received: 27.09.2024

Qabul qilingan/Принято/
Accepted: 09.10.2024

Nashr etilgan/
Опубликовано/Published:
31.10.2024

Abstract. The article presents drawbacks of a mobile transshipment device used in transportation of cotton in pipes from bales located far from the territory of the cotton ginning enterprises to the main facility, and an analysis of research into this device, its drawbacks and advantages. The drawbacks include low efficiency of the device, negative effects on fiber and seed quality during transportation and separation of cotton from the air, as well as fiber losses. To reduce these shortcomings, a better mobile overload separator is being proposed. This design was developed and installed in the production process of a cotton ginning plant and researched in production conditions. To determine optimal parameters of the new device, the BOT 24-1 research experiment was planned as multifactorial, and made based on the established standard. As a result of processing of the values retrieved from the experiment using a recent software regression equations were obtained. While significance coefficients of the regression equations were verified based on the Student's t-test, the obtained equation was checked for adequacy using the Fisher's t-test.

Keywords: cotton, cotton seeds, fiber, air, separator, moving device, experiment, optimization, adequacy, planning.

Кириш

Жаҳонда тўқимачилик саноатининг асосий хомашёси бўлган пахта толасининг табиий хоссаларини сақлаб қолишга алоҳида аҳамият қаратилмоқда. “Пахта бўйича халқаро консультатив қўмита” (ICAC) берган маълумотларга кўра, сўнгги йилларда жаҳон миқёсида пахта майдонлари 31,979 млн га; ҳосилдорлик ҳар бир гектарга 786,65 кг тўғри келади; 24,581 млн т пахта толаси ишлаб чиқарилди ва унинг истеъмоли 24,661 млн т; экспорт ҳажми 9,572 млн т, импорт ҳажми эса 9,571 млн т. Интенсив тарзда ошиб бораётган аҳоли сони ҳисобига пахта толаси истеъмоли ва унга бўлган талабнинг истиқболда ҳам ортиб бориши долзарб аҳамият касб этмоқда (Secretariat of the ICAC, n.d.).

Республикамизда тола сифатини ошириш, содда конструкциялардан кенг фойдаланиш ва самарадорлигини оширишга ёрдам берадиган янги технологиялар яратиш бўйича тадқиқотлар ўтказиш ҳамда уларни амалда қўллаш бўйича кенг кўламли чора-тадбирлар амалга оширилмоқда. Ўзбекистондаги пахта майдонлари 1 млн га; ҳосилдорлик ҳар бир гектарга 590 кг тўғри келади; 0,59 млн т пахта толаси ишлаб чиқарилди; унинг истеъмоли 0,6 млн т; экспорт ҳажми 0,015 млн т; импорт ҳажми эса 0,004 млн т.

2022–2026-йилларга мўлжалланган Янги Ўзбекистоннинг тараққиёт стратегиясида, жумладан, “Тўқимачилик саноати маҳсулотлари ишлаб чиқариш ҳажмини 2 бараварга кўпайтириш” бўйича вазифалар белгиланган. Ушбу вазифаларни амалга ошириш, хусусан, бу борада тола ва чигитнинг дастлабки сифат кўрсаткичларини сақлаш ҳамда жараёнларнинг энергия сарфини камайтириш масалалари муҳим ҳисобланади.

Пахта тозалаш заводи ҳудудида асосий бино билан узоқ масофада жойлашган ғарамлардаги пахтани қувурларда ташишда таркибида тоштутгич, сепаратор ва циклондан иборат қўзғалувчан қурилмадан фойдаланилади (Muradov & Salokhiddinova, 2021).

Пахта тозалаш корхонасида қўлланиб келаётган қўзғалувчан қурилманинг ишлаши натижасида бир қатор камчиликлар аниқланган. Қолаверса, пахта тозалаш заводларининг технологик жараёнларида пахта ва тола маҳсулотлари сифатини сақлаб қолиш, пневмотранспорт қурилмалари элементларини такомиллаштириш масалалари бўйича кўплаб олим ва тадқиқотчилар томонидан илмий изланишлар олиб борилган. П.Байдюк, Р.Г.Махкамов, Х.А.Зиёев, Б.М.Мардонов, Х.Ахмедходжаев, Х.А.Рахматуллин, Р.Мурадов, Р.Амиров, М.Хожиев, У.Х.Азизходжаев, Р.Файзиев, А.Давидов, С.А.Самандаров, А.Бурханов, А.А.Исмоилов, З.О.Шодиев, Т.О.Шамсутдинов, Н.А.Ортиқов, Р.Азбадалов, О.Ш.Саримсақов, О.Т.Маматқулов, С.Хусанов, Н.Каримов ва бошқа бир қатор олимлар шулар жумласидан (Muradov & Salokhiddinova, 2022a; Salokhiddinova et al., 2019).

Кўплаб тадқиқотлар ўтказилган бўлишига қарамай, ҳозиргача тола ва чигитнинг сифати ҳамда шикастланиш масаласи муаммо бўлиб қолмоқда. Муаллифлар томонидан такомиллашган конструкция таклиф этилди. Тадқиқотнинг мақсади пахта заводларида қўзғалувчан қурилма таркибидаги сепаратор тўрли сиртининг фойдали юзасини ошириш, нometалл материалга алмаштириш, жойлашувини юқорига ўзгартириш ҳамда қурилма элементлари рационал конструкциясини ишлаб чиқиш орқали пахта маҳсулотлари дастлабки сифат кўрсаткичларини сақлаш, эркин толалар+чангнинг атмосферага чиқиб кетишининг олдини олиш ва тозалаш самарадорлигини оширишдан иборат (Mardonov et al., 2016; Salokhiddinova & Muradov, 2022b; Salokhiddinova & Muradov, 2022c; Muradov et al., 1988; Salokhiddinova & Muradov, 2021; Salokhiddinova et al., 2020; Mardonov et al., 2019).

Ишлаб чиқариш биносидан узоқ масофада жойлашган пахта ғарамларининг тўхтовсиз ва бир меъёردа ишлашини таъминлаш учун конструкция оптимал иш режимида ишлаши лозим (Salokhiddinova et al., 2020; Yuldashev et al., 2022; Urinboyeva et al., 2023). Ушбу вазифа қурилманинг оптимал параметрларини аниқлаш орқали ҳал қилинади. Янги қурилманинг иш унумдорлиги ҳаво билан қўшилиб чиқиб кетаётган эркин толани максимал даражада ушлаб қолиш, шикастланишининг олдини олиш ва ҳаводан ажратиш жараёнининг самарасини ошириш орқали таъминланади (Amirov, 1976; Artykov, 1971; Salomova et al., 2023).

Материал ва методлар

Таклиф этилаётган қўзғалувчан қурилманинг оптимал параметрлари ва иш режими атрофлича ўрганилди. Ишлаш жараёнида аниқланган баъзи бир технологик ва конструктив камчиликлар бартараф этилди. Қўзғалувчан қурилманинг оптимал параметрлари аниқланиб, ўрнатилган ишчи органлар ўзгартирилди ва ускунада тажриба синовлари олиб борилди. Таклиф этилаётган қўзғалувчан қурилмага ўрнатилган лентали тўрли юзали сепаратор “Namangan To‘qimachi cluster” МЧЖга қарашли “To‘raqo‘rg‘on paxta tozalash” корхонасида синовдан ўтказилди. Пахтани узоқ масофадан ташишда қўлланадиган қўзғалувчан қурилманинг оптимал параметрларини аниқлаш учун тажрибалар кўп омилли экспериментлар сифатида режалаштирилди ва белгиланган стандарт асосида БОТ 2⁴⁻¹ тажрибаси ўтказилди.

Оптималлаштириш жараёнини амалга ошириш учун кирувчи ва чиқувчи омиллар танлаб олинди.

Кирувчи омиллар сифатида қуйидагилар белгиланди:

- X_1 – тўрли лента айланиш тезлиги, айл/дақ;
- X_2 – кириш қисмидаги йўналтиргич бурчаги, град;
- X_3 – сепараторнинг иш унумдорлиги, тонна/соат;
- X_4 – пахтанинг намлиги, %.

Чиқувчи омиллар сифатида қуйидагилар танлаб олинди:

Y_1 – чигитнинг механик шикастланиш даражаси, %;

Y_2 – толанинг йўқолиш миқдори, кг/соат;

Кирувчи омилларнинг ўзгариш чегаралари 1-жадвалда келтирилган.

1-жадвал

Кирувчи омилларнинг ўзгариш чегаралари

№	Омиллар номи ва белгиланиши	Ўзгартириш сатҳлари			Ўзгартириш оралиқлари
		-1	0	+1	
1	X_1 – тўрли лента айланиш тезлиги, айл/дақ.	50	75	100	25
2	X_2 – кириш қисмидаги йўналтиргич бурчаги, град.	30	35	40	5
3	X_3 – сепараторнинг иш унумдорлиги, тонна/соат	14	17	20	3
4	X_4 – пахтанинг намлиги, %	7	9	11	2

Тажриба ўтказиш жараёни ва тегишли индикаторлар кўрсаткичлари юқори пикселли фотовидеоаппарат ёрдамида ёзиб борилди. Талаб қилинган аниқликни таъминлаш мақсадида ҳар бир тажриба серияси камида 3 мартадан қайтарилди. Ўртача кўрсаткичдан катта фарқ аниқланган айрим тажрибалар қайтадан ўтказилди.

Тажриба ўтказиш жараёнида олинган қийматлар замонавий компьютер дастурида қайта ишланиб, регрессион тенгламалар олинди. Регрессион тенгламалар коэффицентлари Стъюдент мезони асосида аҳамиятга моликлиги, Фишер мезони асосида эса адекватликка текшириб кўрилди (Sevostyanov, 2007).

Ўтказилган тадқиқотлар натижасини қайта ишлашни соддалаштириш мақсадида омилларнинг табиий қийматларини кодлаштирилган қийматларга ўтказамиз.

$$X_i = \frac{X_i - X_{ai}}{I}, \quad (1)$$

бу ерда: X_i – омилнинг кодлаштирилган қиймати;

X_{ai} – омилнинг табиий қиймати;

I – вариация оралиғи.

Кодлаштириш натижалари 2-жадвалда келтирилган.

2-жадвал

Омилларни кодлаштириш натижалари

№	Вариациялаштирилган омиллар	Пастки даражани кодлаштириш	Юқори даражани кодлаштириш
1	X_1 – тўрли лента айланиш тезлиги, айл/дақ.	$x_1 = \frac{50 - 75}{25} = -1$	$x_1 = \frac{100 - 75}{25} = 1$
2	X_2 – кириш қисмидаги йўналтиргич бурчаги, град.	$x_1 = \frac{30 - 35}{5} = -1$	$x_1 = \frac{40 - 35}{5} = 1$
3	X_3 – сепараторнинг иш унумдорлиги, тонна/соат	$x_1 = \frac{14 - 17}{3} = -1$	$x_1 = \frac{20 - 17}{3} = 1$
4	X_4 – пахтанинг намлиги, %	$x_1 = \frac{7 - 9}{2} = -1$	$x_1 = \frac{11 - 9}{2} = 1$

Шулардан келиб чиқиб, тажрибалар белгилаб қўйилган тартибга кўра, кирувчи омилларнинг максимал (+1) ва минимал (–1) қийматларида ўтказилди.

Таърифланган кирувчи омилларни ўзгартириш қийматлари асосида тузилган ишчи матрицаси ёрдамида тажриба ўтказилди. Барча тажрибаларнинг қийматлари ва уларнинг дисперсиялари қуйидаги жадвалда келтирилди.

3-жадвал

БОТ 2⁴⁻¹ тажрибанинг ишчи матрицаси

№	Режалаштириш матрицаси					Чиқувчи омиллар		Қаторий дисперсия	
	X_0	X_1	X_2	X_3	X_4	Y_1	Y_2	$S^2\{Y_1\}$	$S^2\{Y_2\}$
1	+	-	-	-	-	1,9	0,5	0,04	0,0025
2	+	+	-	-	+	1,58	0,47	0,0576	0,0049
3	+	-	+	-	+	2,59	0,8	0,09	0,0400
4	+	+	+	-	-	2,31	0,75	0,0841	0,0169
5	+	-	-	+	+	2,17	0,52	0,25	0,0036
6	+	+	-	+	-	2,93	0,84	0,2209	0,0225
7	+	-	+	+	-	2,71	0,61	0,1089	0,0036
8	+	+	+	+	+	3,81	0,95	0,1521	0,0100

Синовларни ўтказиб бўлгач, режалаштириш матрицаси тузилади ва тажриба натижаларига ишлов берилади.

Y_1 – чигитнинг шикастланиш даражаси бўйича ҳисоблашлар.

Тадқиқот натижалари берилган режалаштириш матрицаси юқоридаги жадвалда келтирилган.

Тажриба натижаларига оид такрорийликдан иборат ҳар бир синов учун оптималлаштириш параметрларининг ўртача арифметик қиймати қуйидаги формула ёрдамида ҳисобланади:

$$\bar{Y} = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{m} . \quad (1)$$

Устун бўйича қаторий дисперсияларнинг қиймати қуйидагича ҳисобланади:

$$S^2\{Y\} = \frac{\sum (Y_i - \bar{Y})^2}{m-1} , \quad (2)$$

бу ерда m – такрорийликлар сони.

Дисперсиянинг бир жинслилиги Кохрен мезони ёрдамида аниқланади:

$$G_x = \frac{S^2\{Y\}_{max}}{\sum S^2\{Y\}} , \quad (3)$$

бу ерда: G_x – Кохрен мезонининг ҳисобий қиймати;

$S^2\{Y\}_{max}$ – i -чи синовнинг максимал дисперсияси;

$\sum S^2\{Y\}$ – ҳамма қаторий дисперсиялар йиғиндиси.

$$G_x = \frac{S^2\{Y\}_{max}}{\sum S^2\{Y\}} = \frac{0,25}{1,0036} = 0,25$$

Тажриба тикланишини аниқлаш учун Кохрен мезони ҳисобий қийматини жадвал билан таққослаймиз.

Бизнинг тажрибаларимиз БОТ 2⁴⁻¹ ва $P = 0,95$ учун:

$$G_{жад} (f_1 \text{ ва } f_2) P = 0,95 \text{ бўлганда,}$$

$$(f_1 = N = 8; f_1 = m - 1 = 3 - 1 = 2) = 0,5157$$

$$G_x = 0,25 < G_{жад} = 0,5157$$

Агар $G_x\{Y\}G_{жад}$ бўлса, тажриба тикланади ва регрессия коэффицентларини ҳисоблашга ўтиш мумкин.

$$Y_R = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 + b_{12} x_1 x_2 + b_{13} x_1 x_3 + b_{14} x_1 x_4 + b_{23} x_2 x_3 + b_{24} x_2 x_4 + b_{34} x_3 x_4 + b_{123} x_1 x_2 x_3 + b_{124} x_1 x_2 x_4 + b_{234} x_2 x_3 x_4 + b_{1234} x_1 x_2 x_3 x_4. \quad (4)$$

Тенгламадаги коэффицентлар ҳисобланади:

$$b_0 = \frac{1}{N} \sum \bar{Y}_i, \quad (5)$$

бу ерда: i – синов тартиби;

j – омиллар тартиби.

$$b_i = \frac{1}{N} \sum x_i \bar{Y} \quad (6)$$

$$b_{ij} = \frac{1}{N} \sum x_i x_j \bar{Y}. \quad (7)$$

Бизнинг мисолимиз учун:

$$b_0 = \frac{1}{8} * (1,9 + 1,58 + 2,59 + 2,31 + 2,17 + 2,93 + 2,71 + 3,81) = 2,5$$

$$b_1 = \frac{1}{8} (-1,9 + 1,58 - 2,59 + 2,31 - 2,17 + 2,93 - 2,71 + 3,81) = 0,16$$

$$b_2 = \frac{1}{8} (-1,9 - 1,58 + 2,59 + 2,31 - 2,17 - 2,93 + 2,71 + 3,81) = 0,36$$

$$b_3 = \frac{1}{8} (-1,9 - 1,58 - 2,59 - 2,31 + 2,17 + 2,93 + 2,71 + 3,81) = 0,41$$

$$b_4 = \frac{1}{8} (-1,9 + 1,58 + 2,59 - 2,31 + 2,17 - 2,93 - 2,71 + 3,81) = 0,04$$

$$b_{12} = \frac{1}{8} (1,9 - 1,58 - 2,59 + 2,31 + 2,17 - 2,93 - 2,71 + 3,81) = 0,05$$

$$b_{13} = \frac{1}{8} (1,9 - 1,58 + 2,59 - 2,31 - 2,17 + 2,93 - 2,71 + 3,81) = 0,31$$

$$b_{14} = \frac{1}{8} (1,9 + 1,58 - 2,59 - 2,31 - 2,17 - 2,93 + 2,71 + 3,81) = 0$$

$$b_{23} = \frac{1}{8} (1,9 + 1,58 - 2,59 - 2,31 - 2,17 - 2,93 + 2,71 + 3,81) = 0$$

$$b_{24} = \frac{1}{8} (1,9 - 1,58 + 2,59 - 2,31 - 2,17 + 2,93 - 2,71 + 3,81) = 0,31$$

$$b_{123} = \frac{1}{8}(-1,9 + 1,58 + 2,59 - 2,31 + 2,17 - 2,93 - 2,71 + 3,81) = 0,04$$

$$b_{124} = \frac{1}{8}(-1,9 - 1,58 - 2,59 - 2,31 + 2,17 + 2,93 + 2,71 + 3,81) = 0,41$$

$$b_{234} = \frac{1}{8}(-1,9 + 1,58 - 2,59 + 2,31 - 2,17 + 2,93 - 2,71 + 3,81) = 0,16$$

$$b_{1234} = \frac{1}{8}(1,9 + 1,58 + 2,59 + 2,31 + 2,17 + 2,93 + 2,71 + 3,81) = 2,5$$

Регрессия коэффицентларининг аҳамиятга моликлиги Стъудент мезонининг ҳисобий мезони t_R ёрдамида аниқланади.

$$t_R\{b_i\} = \frac{|b_i|}{s\{b_i\}} \quad (8)$$

$$S\{b_i\} = \frac{S^2\{Y\}}{N} \quad (9)$$

Бу ерда $S^2\{Y\}$ – қаторий дисперсия. У қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$S^2\{Y\} = \frac{1}{m} S^2\{\bar{Y}\}, \quad (10)$$

бу ерда: m – синовлар такрорийлиги сони.

$S^2\{\bar{Y}\}$ -тикланиш дисперсияси. У қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$S_m^2\{Y\} = \frac{1}{N} S^2\{Y\}, \quad (11)$$

бу ерда: N – синовлар сони;

$S^2\{Y\}$ – қаторий дисперсиялар йиғиндис.

$$S^2\{b_0\} = \frac{1}{8} 1,0036 = 0,12545$$

$$S^2\{b_0\} = \frac{1}{8} 1,0036 = 0,12545$$

$$S^2\{b_i\} = \frac{1}{8} 0,12545 = 0,01568125$$

$$S^2\{b_{ij}\} = \frac{1}{8} 0,01568125 = 0,001960156$$

$$S^2\{b_{ii}\} = \sqrt{0,001960156} = 0,04427365$$

$$S\{b_0\} = 0,3542; \quad S\{b_i\} = 0,1252248;$$

$$S\{b_{ij}\} = 0,04427365; \quad S\{b_{ii}\} = 0,210413$$

Ҳисобланган коэффицентлар учун Стъудент мезонининг ҳисобий қийматларини аниқлаймиз.

$$\begin{aligned}
 t_R\{b_0\} &= \frac{|2,5|}{0,12545} = 19,93 & t_R\{b_{12}\} &= \frac{|0,05|}{0,001960156} = 24,23 \\
 t_R\{b_1\} &= \frac{|0,16|}{0,01568125} = 10,04 & t_R\{b_{13}\} &= \frac{|0,31|}{0,001960156} = 156,88 \\
 t_R\{b_2\} &= \frac{|0,36|}{0,01568125} = 22,64 & t_R\{b_{14}\} &= \frac{|0|}{0,001960156} = 0 \\
 t_R\{b_3\} &= \frac{|0,41|}{0,01568125} = 25,83 & t_R\{b_{23}\} &= \frac{|0|}{0,001960156} = 0 \\
 t_R\{b_4\} &= \frac{|0,04|}{0,01568125} = 2,39 & t_R\{b_{24}\} &= \frac{|0,31|}{0,001960156} = 156,88 \\
 & & t_R\{b_{34}\} &= \frac{|0,05|}{0,001960156} = 24,23 \\
 t_R\{b_{123}\} &= \frac{|0,04|}{0,04427365} = 0,85 \\
 t_R\{b_{124}\} &= \frac{|0,41|}{0,04427365} = 9,15 \\
 t_R\{b_{234}\} &= \frac{|0,16|}{0,04427365} = 3,56 \\
 t_R\{b_{1234}\} &= \frac{|2,5|}{0,04427365} = 19,93
 \end{aligned}$$

Тадқиқот натижалари

Стъудент мезонининг ҳисобий қиймати Meliboev (2020) нинг “Тўқимачилик саноати технологик жараёнларини моделлаштириш асослари” номли ўқув қўлланмасининг 3-иловасидан олинган ушбу мезоннинг жадвал қиймати билан таққосланади:

$$\begin{aligned}
 f_2(m-1)N &= (3-1)12 = 24; \text{ бу ерда: } m=3, N=12 \\
 t_{жсд} [P=0,95; f_2=24] &= 2,12.
 \end{aligned}$$

Агар регрессия коэффицентлари $t_R > t_{жсд}$ бўлса, аҳамиятга молик бўлади.

Шундай қилиб, бизнинг мисолимизда Y_1 – чигитнинг шикастланиш даражаси учун тузилган тенгламамиздаги $b_0, b_1, b_2, b_3, b_4, b_{12}, b_{13}, b_{24}, b_{34}, b_{124}, b_{234}, b_{1234}$ коэффицентлар аҳамиятга молик деб топилди ва регрессия тенгламаси аҳамиятга молик бўлмаган $b_{14}=0, b_{23}=0, b_{123}=0,85$ коэффицентлар $t_{жсд}=2,12$ дан кичик бўлганлиги сабабли чиқариб ташланганда, қуйидагича кўриниш олди:

$$\begin{aligned}
 Y_1 &= 2,5 + 0,16x_1 + 0,36x_2 + 0,41x_3 + 0,04x_4 + 0,05x_1x_2 + 0,31x_1x_3 + 0,31x_2x_4 + 0,05x_3x_4 + \\
 &\quad + 0,41x_1x_2x_4 + 0,16x_2x_3x_4 + 2,5x_1x_2x_3x_4
 \end{aligned}$$

Шуни ёдда тутиш керакки, агар регрессия коэффицентлари аҳамиятга молик бўлса, андоза адекват бўлмайди.

Агар фақатгина битта коэффицент аҳамиятга молик бўлмаган тақдирда ҳам андозани текшириш мумкин.

Тенгламани адекватликка текшириш Фишер мезони ёрдамида қуйидаги тартибда амалга оширилади. Фишер мезонининг ҳисобий қиймати қуйидаги формула ёрдамида аниқланади:

$$F_R = \frac{S_{ад}^2\{Y\}}{S^2\{Y\}} \quad N - M > 0 \quad (12)$$

Бу ерда: $S_{ад}^2\{Y\}$ – адекватлик дисперсияси;

$S^2\{Y\}$ – қаторий дисперсияси;
 $S^2\{Y\} = 0,066$

$$S_{\text{над}}^2\{Y\} = \frac{\sum_{i=1}^{N-N_{\text{ц}}+1} (Y_{Ri} - \bar{Y}_i)^2}{N - N_{\text{к.эп}} - (N_{\text{ц}} - 1)^2} \quad (13)$$

Оптималлаштирилаётган омилнинг ҳисобий қиймати Y_{Ri} тенгламага 3-жадвалнинг 2- ва 3-устунлардан x_i (+1 ва -1)нинг кодлаштирилган қийматлари қўйиб аниқланади. Қийматлар устун бўйича эмас, қатор бўйича олинади.

$$Y_{R1} = 2,5 - 0,16 - 0,36 - 0,41 - 0,04 + 0,05 + 0,31 + 0,31 + 0,05 - 0,41 - 0,16 + 2,5 = 4,18$$

$$Y_{R2} = 2,5 + 0,16 - 0,36 - 0,41 + 0,04 - 0,05 - 0,31 - 0,31 - 0,05 - 0,41 + 0,16 + 2,5 = 3,48$$

$$Y_{R3} = 2,5 - 0,16 + 0,36 - 0,41 + 0,04 - 0,05 + 0,31 + 0,31 - 0,05 - 0,41 - 0,16 + 2,5 = 4,78$$

$$Y_{R4} = 2,5 + 0,16 + 0,36 - 0,41 - 0,04 + 0,05 - 0,31 - 0,31 + 0,05 - 0,41 + 0,16 + 2,5 = 4,30$$

$$Y_{R5} = 2,5 - 0,16 - 0,36 + 0,41 + 0,04 + 0,05 - 0,31 - 0,31 + 0,05 + 0,41 - 0,16 + 2,5 = 4,66$$

$$Y_{R6} = 2,5 + 0,16 - 0,36 + 0,41 - 0,04 - 0,05 + 0,31 + 0,31 - 0,05 + 0,41 + 0,16 + 2,5 = 6,25$$

$$Y_{R7} = 2,5 - 0,16 + 0,36 + 0,41 - 0,04 - 0,05 - 0,31 - 0,31 - 0,05 + 0,41 - 0,16 + 2,5 = 5,10$$

$$Y_{R8} = 2,5 + 0,16 + 0,36 + 0,41 + 0,04 + 0,05 + 0,31 + 0,31 + 0,05 + 0,41 + 0,16 + 2,5 = 7,23$$

Ҳисоб натижалари 4-жадвалга киритилади.

4-жадвал

Оптималланаётган Y_i омилнинг ҳисобий қийматлари

№	Y_i	Y_{Ri}	$(Y_{Ri} - Y_i)$	$(Y_{Ri} - Y_i)^2$
1	1,90	4,18	2,28	5,20
2	1,58	3,48	1,90	3,61
3	2,59	4,78	2,19	4,80
4	2,31	4,30	1,99	3,96
5	2,17	4,66	2,49	6,20
6	2,93	6,25	3,32	11,02
7	2,71	5,10	2,39	5,71
8	3,81	7,23	3,42	11,7

Адекватлик дисперсиясини (13) формула ёрдамида аниқлаймиз.

$$S_{\text{ад}}^2\{Y\} = \frac{50,98}{3} = 16,99$$

Фишер мезонининг ҳисобий қийматини аниқлаймиз.

$$F_R = \frac{16,93}{1,0036} = 16,93$$

Ушбу мезоннинг жадвал қиймати Meliboev (2020)нинг “Тўқимачилик саноати технологик жараёнларини моделлаштириш асослари” номли ўқув қўлланмасининг 4-иловасидан олинади ва бизнинг мисолимиз учун қуйидагига тенг бўлади:

$$F_{жс} [P_{ishonch} = 0,95; f\{S_{nad}^2\{Y\}\} = 15 - 12 - (3 - 1)^2 = 1; S_m^2\{Y\} = 3 - 1 = 2] = 18,51$$

Агар $F_R < F_{жад}$ бўлса, андоза адекват ҳисобланади. Тадқиқ этилаётган ҳолда:

$$F_R = 16,93 < 18,51 = F_{жад}.$$

Демак, олинган регрессион математик модель тадқиқ этилаётган жараённи етарли аниқликда ифодалайди ва адекват ҳисобланади.

Y_2 – толанинг йўқолиш миқдори бўйича ҳисоблашлар

Ўтказилган тажрибалар натижаларидан келиб чиқиб, толанинг йўқолиш миқдори бўйича киритилган режалаштириш матрицаси юқоридаги жадвалда келтирилган. Тенглама Y_1 ни ҳисоблаш кетма-кетлиги каби ҳисобланади ва регрессия тенгламаси аҳамиятга молик бўлмаган b_{12} , b_{34} , b_{123} коэффицентлари чиқариб ташланганда, қуйидаги кўринишда бўлади:

$$Y_2 = 068 + 0,07x_1 + 0,1x_2 + 0,05x_3 + 0,01x_4 + 0,09x_1x_3 - 0,048x_1x_4 - 0,048x_2x_3 + 0,09x_2x_4 + \\ + 0,05x_1x_2x_4 + 0,07x_2x_3x_4 + 0,68x_1x_2x_3x_4$$

Ҳосил бўлган тенглама Фишер мезони ёрдамида адекватликка текширилди ва ҳисоб натижалари 5-жадвалга киритилди.

5-жадвал

Оптималланаётган Y_2 омилнинг ҳисобий қийматлари

№	Y_i	Y_{Ri}	$(Y_{Ri} - Y_i)$	$(Y_{Ri} - Y_i)^2$
1	0,5	1,1	0,6	0,36
2	0,47	1,03	0,56	0,3136
3	0,8	1,5	0,7	0,49
4	0,75	1,41	0,66	0,4356
5	0,52	1,13	0,61	0,3721
6	0,84	1,78	0,94	0,8836
7	0,61	1,13	0,52	0,2704
8	0,95	1,8	0,85	0,7225

Адекватлик дисперсияси қуйидагича ҳисобланади:

$$S_{ад}^2\{Y\} = \frac{3,8478}{3} = 1,282583$$

Фишер мезонининг ҳисобий қийматини аниқлаш қуйидагича:

$$F_R = \frac{1,252583}{0,104} = 12,33253$$

Ушбу мезоннинг қиймати Meliboev (2020)нинг 4-иловасидаги жадвалдан олинади ва ушбу мисол учун қуйидагича ҳисобланади:

$$F_{жс} [P_{ishonch} = 0,95; f\{S_{nad}^2\{Y\} = 15 - 12 - (3 - 1)^2 = 1; \\ S_m^2\{Y\} = 3 - 1 = 2\} = 18,51$$

Агар $F_R < F_{жад}$ бўлса, андоза адекват ҳисобланади. Тадқиқ этилаётган ҳолда:

$$F_R = 12,33 < 18,51 = F_{жад}$$

тенгдир. Демак, олинган регрессион математик модель етарли аниқликда ифодаланади ва адекват ҳисобланади.

Тадқиқот натижалари таҳлили

Тажрибани ўтказиш мақсадида чиқувчи параметр сифатида танлаб олинган чигитнинг шикастланиш даражасини аниқлаш учун тузилган тенглама уч ўлчамли бўлганлиги туфайли уни таҳлил қилишда кирувчи омиллардан биттасини ўртача ҳолат сифатида қабул қилган $X_1 = 0$ қийматдаги икки омил бўйича ўзгариш соҳасининг икки ўлчамли графигини қурамиз.

Биринчи омил – тўрли лента айланиш тезлиги ($X_1 = 75$ айл/дақ), иккинчи омил – кириш қисмидаги йўналтиргич бурчаги ($X_2 = 35^\circ$), учинчи омил – сепараторнинг иш унумдорлиги ўртача ($X_3 = 17$ тонна/соат), тўртинчи омил – пахтанинг намлиги ўртача ($X_4 = 9\%$) бўлгандаги ҳолатларини олиб, математик моделларимиз қуйидагича кўринишда бўлади.

7-расмда таҳлил натижалари бўйича кирувчи омилларнинг қабул қилинган минимал (–1) қиймати максимал (1) қийматигача ўзгариб борганда ва омилларнинг ($X_1 = 0$, $X_1 = 75$ айл/дақ; $X_2 = 0$, $X_2 = 35^\circ$; $X_3 = 0$, $X_3 = 17$ тонна/соат; $X_4 = 0$, $X_4 = 9\%$) ўртача қийматидан фойдаланиб (Y_{RI}), чигитнинг шикастланиш даражаси қийматлари тасвирланган.

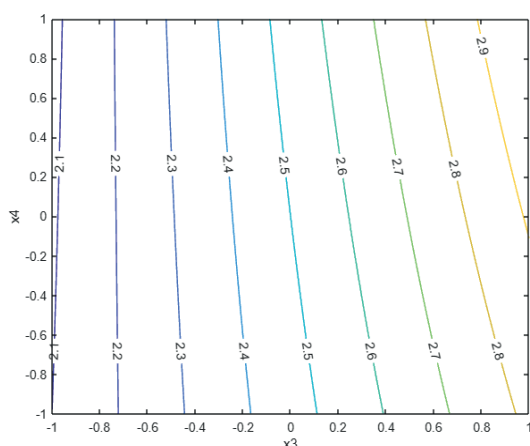
$$Y_1 = 2,5 + 0,16x_1 + 0,36x_2 + 0,41x_3 + 0,04x_4 + 0,05x_1x_2 + 0,31x_1x_3 + 0,31x_2x_4 + 0,05x_3x_4 + \\ + 0,41x_1x_2x_4 + 0,16x_2x_3x_4 + 2,5x_1x_2x_3x_4$$

7а-расмда чигитнинг шикастланишига сепараторнинг иш унумдорлиги ва пахта намлигининг таъсири акс этган бўлиб, энг юқори ва энг паст кўрсаткичлари киритилган ва график қурилган. Оптимал параметр сифатида сепаратор иш унумдорлиги 14 т/соат ҳамда пахта намлиги 7–9% бўлганда яхши бўлишини кўрсатмоқда;

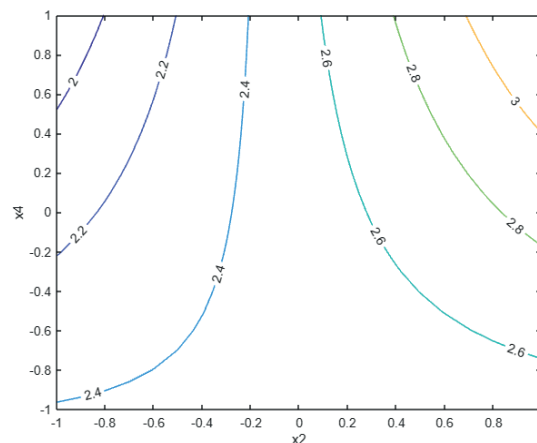
7б-расмда чигит шикастланишига сепараторнинг кириш қисмидаги йўналтиргич бурчаги 30° ва 40° ҳамда пахтанинг намлиги 7 ва 11% бўлгандаги таъсири акс этган. Оптимал параметр сифатида кириш қисмидаги йўналтиргич қиялиги 30° , пахта намлиги эса 9–10% бўлганда, яхши бўлишини кўрсатмоқда;

7в-расмда чигит шикастланишига сепараторнинг кириш қисмидаги йўналтиргич бурчаги ва сепаратор ускунасининг иш унумдорлиги акс этган. Энг юқори йўналтиргич бурчаги 40° , сепаратор иш унумдорлиги 20 т/соат ва энг паст кўрсаткичлари 30° , 14 тонна/соат бўлгандаги ҳолати келтирилган. Оптимал параметр сифатида кириш қисмидаги йўналтиргич градуси 30° дан ошгани сари сепаратор иш унумдорлиги ошиб боришини ифодамоқда;

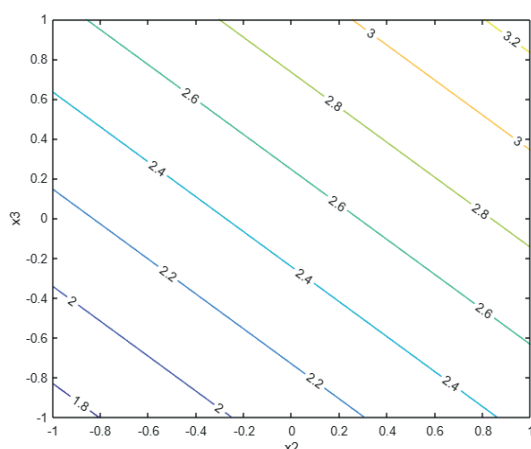
7г-расмда сепараторнинг тўрли лента айланишлар сони ва пахтанинг намлигини чигитнинг шикастланишига таъсири келтирилган. Графикдан кўринадики, оптимал параметр сифатида пахта намлиги 9% тўрли юзани айланишлар сони 50 айл/дақ бўлганда яхшиланмоқда;



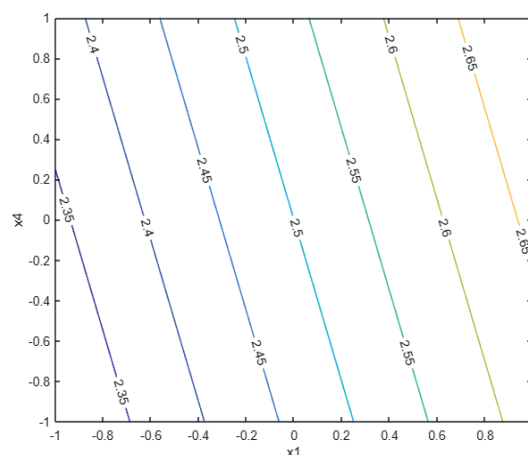
a) $X_1=0, X_2=0$



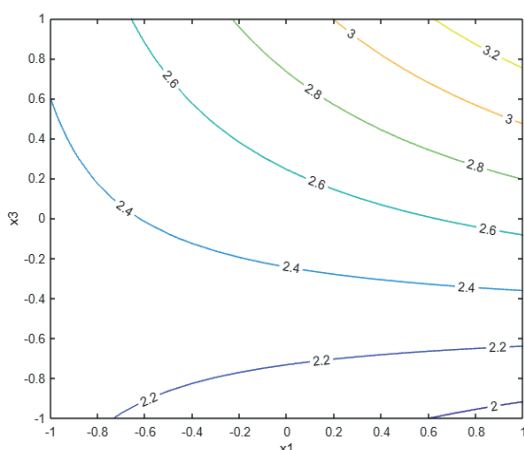
б) $X_1=0, X_3=0$



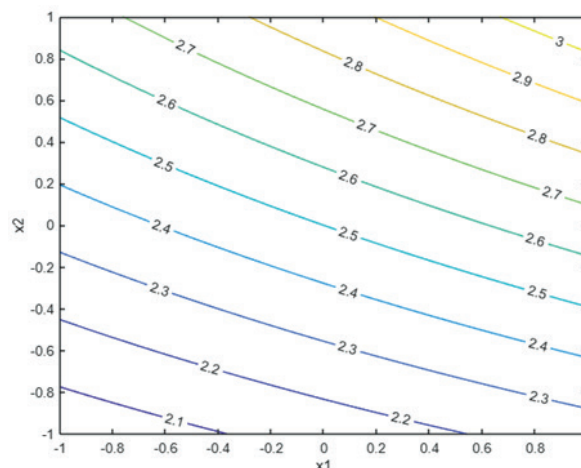
в) $X_1=0, X_4=0$



г) $X_2=0, X_3=0$



д) $X_2=0, X_4=0$



е) $X_3=0, X_4=0$

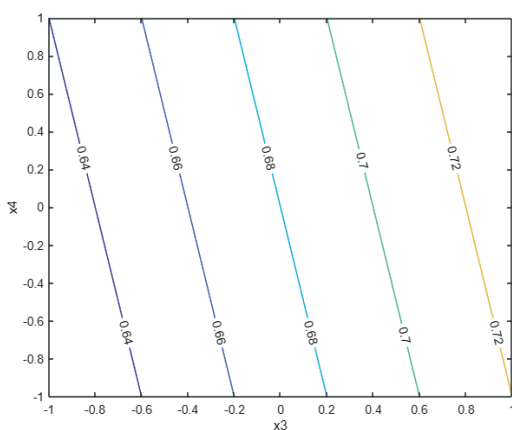
7-расм. Математик модель бўйича $X_4=0$; $X_3=0$; $X_2=0$; $X_1=0$ бўлганда, чигитнинг шикастланиш даражаси кўрсаткичи қийматлари

7д-расмда чигитнинг шикастланишига турли лента айланишлар сони ва сепараторнинг иш унумдорлиги таъсири кўриб чиқилган. Бунда энг юқори ва энг паст кўрсаткичлар киритилган ҳолатда график олинган. Оптимал параметр сифатида турли

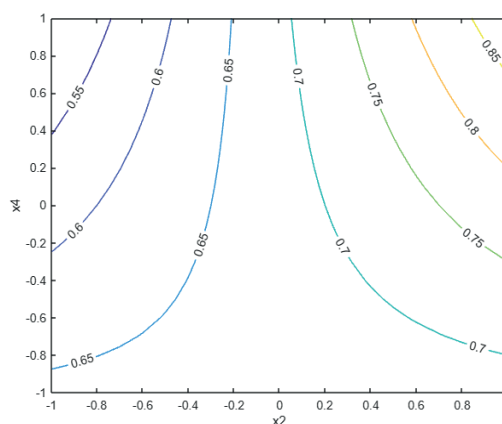
юзанинг айланишлар сони 100 айл/дақ., сепараторнинг иш унумдорлиги эса 14 тонна/соат бўлганда яхши бўлиши кузатилди;

7е-расмда чигитнинг шикастланишига тўрли юзанинг айланишлар сони 60 айл/дақ, кириш қисмидаги градус 30^0 бўлганда, оптимал қийматга эга эканлигини кўрсатмоқда.

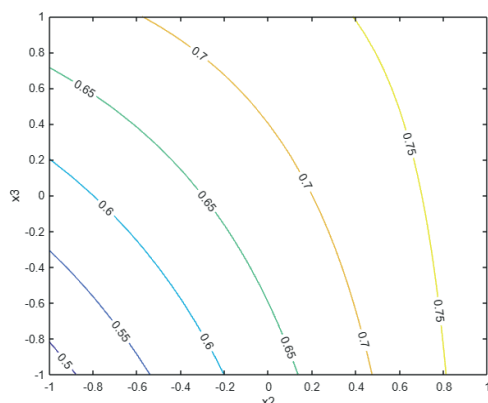
Биринчи, иккинчи, учинчи ва тўртинчи омиллارни дискретловчи ўртача ($X_1 = 75$ айл/дақ; $X_2 = 35^0$; $X_3 = 17$ т/соат; $X_4 = 9\%$) қийматлар олиниб, толанинг йўқолиш миқдори бўйича математик моделларимиз қуйидагича кўринишга эга бўлди (8-расм).



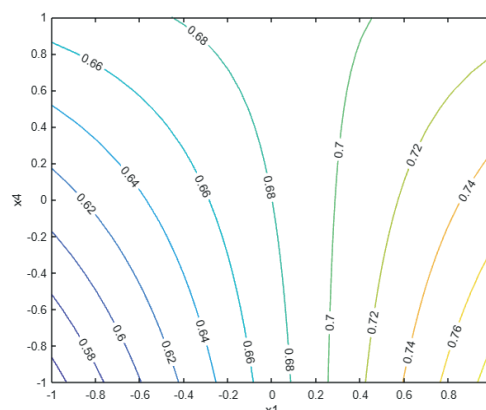
а) $X_1 = 0, X_2 = 0$



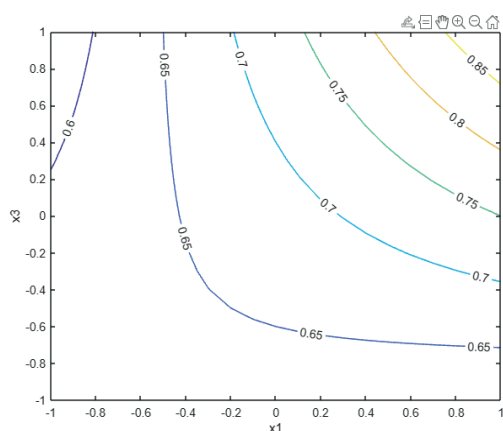
б) $X_1 = 0, X_3 = 0$



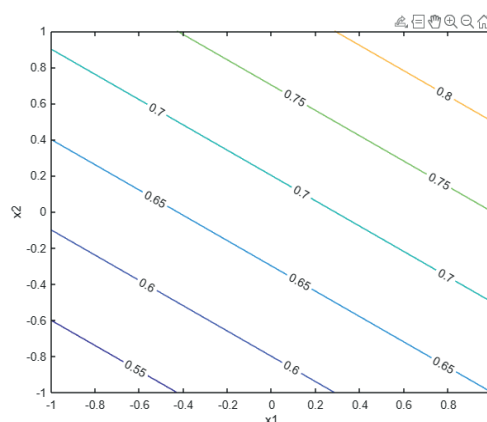
в) $X_1 = 0, X_4 = 0$



г) $X_2 = 0, X_3 = 0$



д) $X_2 = 0, X_4 = 0$



е) $X_3 = 0, X_4 = 0$

8-расм. Математик модель бўйича $X_4 = 0$; $X_3 = 0$; $X_2 = 0$; $X_1 = 0$ бўлганда, толанинг йўқолиш миқдорининг қийматлари

8а-расмда толанинг йўқолиш миқдори сепараторнинг иш унумдорлиги ва пахта намлигига таъсири акс этган бўлиб, энг юқори ва энг паст кўрсаткичлари киритилган ва график қурилган. Оптимал параметр сифатида сепаратор иш унумдорлиги 20 т/соат ҳамда пахта намлиги 7 % бўлганда яхши бўлишини кўрсатмоқда;

8б-расмда толанинг йўқолиш миқдори сепараторнинг кириш қисмидаги йўналтиргич бурчаги 30° ва 40° ҳамда пахтанинг намлиги 7 ва 11 % бўлгандаги таъсири акс этган. Оптимал параметр сифатида кириш қисмидаги йўналтиргич қиялиги 30° ва 40° , пахта намлиги 11 % бўлганда, аҳамиятли бўлишини кўрсатмоқда;

8в-расмда толанинг йўқолиш миқдори сепараторнинг кириш қисмидаги йўналтиргич бурчаги ва сепаратор ускунаси иш унумдорлигига таъсири акс этган. Энг юқори йўналтиргич бурчаги 40° , сепаратор иш унумдорлиги 20 т/соат ва энг паст кўрсаткичлари 30° , 14 т/соат бўлгандаги ҳолати келтирилган. Оптимал параметр сифатида кириш қисмидаги йўналтиргич градуси 30° дан ошгани сари сепаратор иш унумдорлиги ошиб боришини ифодаламақда;

8г-расмда толанинг йўқолиш миқдори сепараторнинг тўрли лента айланишлар сони ва пахта намлигининг чигит шикастланишига таъсири келтирилган. Графикдан кўринадики, намликнинг тўрли юза айланишлар сонига таъсири йўқ;

8д-расмда толанинг йўқолиш миқдори тўрли лента айланишлар сони ва сепаратор иш унумдорлигига таъсири кўриб чиқилган. Бунда энг юқори ва энг паст кўрсаткичлар киритилган ҳолатда график олинган ва оптимал параметр сифатида тўрли юзанинг айланишлар сони 50 айл/дақ., сепараторнинг иш унумдорлиги эса 20 т/соат бўлганда яхши бўлиши кузатилди;

8е-расмда толанинг йўқолиш миқдори тўрли юзанинг айланишлар сони 60 айл/дақ., кириш қисмидаги градус 35° бўлганда, оптимал қийматга эга эканлигини кўрсатмоқда.

Хулоса

Таклиф этилаётган қўзғалувчан қурилманинг оптимал параметрлари ва иш режими атрофлича ўрганилди. Ишлаш жараёнида аниқланган баъзи бир технологик ва конструктив камчиликлар бартараф этилди. Қўзғалувчан қурилманинг оптимал параметрлари аниқланиб, ўрнатилган ишчи органлар ўзгартирилди ва ускунада тажриба синовлари олиб борилди. Таклиф этилаётган қўзғалувчан қурилмага ўрнатилган лентали тўрли юзали сепаратор “Namangan To‘qimachi cluster” МЧЖга қарашли “To‘raqo‘rg‘on paxta tozalash” корхонасида синовдан ўтказилди.

Пахтани узоқ масофадан қувурларда ташишда қўлланадиган қўзғалувчан қурилманинг оптимал параметрларини аниқлаш учун тажрибалар кўп омили экспериментлар сифатида режалаштирилди ва қурилманинг оптимал параметрлари аниқланди:

- тўрли лентанинг айланиш тезлиги $X_1 = 75$ айл/дақ.;
- кириш қисмидаги йўналтиргич бурчаги $X_2 = 35^{\circ}$;
- сепараторнинг иш унумдорлиги $X_3 = 17$ т/соат;
- пахтанинг намлиги $X_4 = 9$ %.

REFERENCES

1. Amirov, R. (1976). Research of influence of mechanisation means of pneumatic conveying installations on fibre quality [PhD thesis]. (In Russian). Tashkent.
2. Artykov, N. (1971). Peculiarities of work of pneumatic conveying system for raw cotton with

pneumatic conveying. *Report of the Academy of Sciences of the UzSSR*, (7).

3. Mardonov, B. M., Usmanov, X. S., & Salokhiddinova, M. (2019). Theoretical analysis of the process of isolating impurities from the raw cotton stream as a result of vibration of the inclined plane. *Textile Journal of Uzbekistan*, 1 (1), Article 3. <https://uzjournals.edu.uz/titli/vol1/iss1/3>

4. Mardonov, B., Mamatkulov, O., & Salokhiddinova, M. (2016). Studying the movement of cotton on the mesh surface in the working chamber of the separator. (In Uzbek). Corporate cooperation of science, education and production in increasing the creative and intellectual potential of young people: problems and solutions: Proceedings of the Republican scientific-practical conference (pp. 123–127). FarSU.

5. Meliboev, U. Kh. (2020). Basics of modeling technological processes of the textile industry. Namangan: Adabiyot Uchukunlari Publ.

6. Muradov R., & Salokhiddinova, M. (2022a). Improvement of cotton separator construction [Monograph]. LAP Lambert Academic Publ.

7. Muradov, R., & Salokhiddinova, M. (2021). Improvement of the design of the cotton separator [Monograph]. (In Uzbek). Namangan: Istedod Ziya Press Publ.

8. Muradov, R., Habibullaev, L., & Mamarasulov, H. (1988). Influence of raw cotton pneumatic conveying mode on the efficiency of heavy impurities catchers. (In Russian). *Cotton Industry*, 6, 16–17.

9. Salokhiddinova, M. & Muradov, R. (2022c). Research to Reduce Seed and Fiber Strain in Cotton Separator. *AIP Conference Proceedings*, 2650, 030018. <https://doi.org/10.1063/5.0105476>

10. Salokhiddinova, M. N. q., Khalikov, Sh. Sh., Khakimova, M. Y. q., & Muradov, R. M. (2020). Ways to Reduce the Impact of Cotton in the Separator Worker Chamber. *International Journal of Psychosocial Rehabilitation*, 24 (04), 6494–6501. <http://dx.doi.org/10.37200/IJPR/V24I4/PR2020458>

11. Salokhiddinova, M. N. q., Muradov, R. M., Mamatqulov, O. T., & Khalikov, Sh. Sh. (2020). Theoretical Research of the Process of Separating Impurities from Cotton Flow on the Vibrating Inclined Mesh Surface. *International Journal of Advanced Science and Technology*, 29 (7), 10858–10869. <http://sersc.org/journals/index.php/IJAST/article/view/27500>

12. Salokhiddinova, M., & Muradov, R. (2021). Research to reduce seed and fiber strain in cotton separator. *Industrial Technologies and Engineering: Proceedings of the VIII International Annual Conference (ICITE-2021) - AIP Conf. Proc.* 2650, 030018-1–030018-8. <https://doi.org/10.1063/5.0105476>

13. Salokhiddinova, M., & Muradov, R. (2022b). Methods for Increasing the Efficiency of Cleaning the Transfer Device. *Engineering*, 14, 54–61. <https://doi.org/10.4236/eng.2022.141005>

14. Salokhiddinova, M., Muradov, R., & Mardonov, B. (2019). Study of movement of cotton on the inclined mesh surface of separator equipment. (In Uzbek). *Scientific and technical journal of Fergana Polytechnic Institute*, (1), 33–39. Fergana.

15. Salomova, M., Salokhiddinova, M., Muradov, R., & Kushimov, A. (2023). How to increase the effect radius of the cotton transport process in a mobile device. *Problems in the Textile and Light Industry in the Context of Integration of Science and Industry and Ways to Solve them: AIP Conf. Proc.*, 2789, 040045-1–040045-5. <https://doi.org/10.1063/5.0145641>

16. Secretariat of the ICAC. (n.d.) International cotton advisorycommittee. Washington. <https://icac.org/emailsecretariat@icac.org>

17. Sevostyanov, A. G. (2007). *Methods and means of research of mechanical and technological processes of textile industry*. Moscow: Legkaya Industriya Publ.

18. Urinboyeva, M. M. q., Tashpulatov, M. B., Tuychiboyev, A. A. u., Muradov, R. M., & Salokhiddinova, M. N. q. (2023). Ways to improve the construction of cleaning cotton from heavy mixtures. *American Journal of Interdisciplinary Research and Development*, 12, 45–49 <http://www.ajird.journalspark.org/index.php/ajird/article/view/469/452>

19. Yuldashev, Kh. H., Salokhiddinova, M. N. k., Kushimov, A. A., & Ergasheva, D. G. k. (2022). Improving the retention of free fibers in raw cotton and the separation of cotton from the air. *Texas Journal of Multidisciplinary Studies*, 7, 34–38. <https://zienjournals.com/index.php/tjm/article/view/1184>

UDC: 687.157:629(045)(575.1)

EDN: <https://elibrary.ru/xmwbna>

AVTOMOBIL SANOATI ISHCHILARI UCHUN YANGI ASSORTIMENTDAGI MAXSUS KIIYIM LOYIHALASHDA TAVSIYALAR ISHLAB CHIQISH

Norboyeva Gulasal Narzullayevna

texnika fanlari bo'yicha
falsafa doktori (PhD),
"Tabiiy tolalar va matoga
ishlov berish texnologiyasi"
kafedrası v. b. dotsenti
ORCID: 0000-0001-5880-7550
e-mail:
norboyevagulasal312@gmail.
com

Jizzax politexnika instituti

Annotatsiya. Ushbu maqolada avtomobil sanoati ishchilarining maxsus kiyim kiyish jarayonida ter ajralib chiqish uchastkalari topografiyasini o'rganish asosida ventilyatsiya elementlaridan foydalanish orqali maxsus kiyim loyihalash vazifasi o'rganildi. Ishchilarning ish harakatlari paytida maxsus kiyim osti muhiti va tashqi muhit o'rtasida o'zaro havo almashinuvi jarayoni tadqiq qilindi. Terlash topografiyasini hisobga olib, uchastkalariga ventilyatsiya elementi qo'yilgan yangi assortimentdagi maxsus kiyim yaratildi va avtomobil sanoati yig'uv sexida faoliyat olib boruvchi ishchilarga tavsiya etildi. Bunda xona harorati va nisbiy namligining belgilangan me'yorlarga javob bermasligi; sexdagi uskuna va jihozlar yuzasidagi yuqori haroratning ishchi organizmiga salbiy ta'siri; ishchining harakatlari hisobiga kiyim ostidagi havo almashinuvining buzilishi; smena davomida ishchidan intensiv ter ajralishi natijasida sog'ligiga salbiy ta'sir ko'rsatishi; smena davomida ishchi amalga oshiradigan harakat turlarining maxsus kiyim konstruksiyasida e'tiborga olinmaganligi kabi salbiy omillar mavjudligi aniqlandi. Ushbu omillarni hisobga olgan holda, yig'uv sexi ishchilari uchun gigiyenik va havo o'tkazuvchanlik ko'rsatkichlari yaxshilangan maxsus kiyimlar ishlab chiqishga oid tavsiyalar berildi hamda maxsus kiyim uchun tavsiya etilgan asosiy gazlamalarning strukturaviy, fizik-mexanik ko'rsatkichlari keltirildi. Yangi assortimentdagi maxsus kiyimni loyihalashda aralash tolali gazlama bilan birgalikda inson tanasi va kiyim osti muhitida havo aylanishini ta'minlash uchun to'r matolardan foydalanish orqali samarali natijalarga erishildi.

Kalit so'zlar: maxsus kiyim, ventilyatsiya elementi, ventilyatsiya maydoni, maxsus kiyim topografiyasi, ergonomik harakat.

РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО КОНСТРУИРОВАНИЮ СПЕЦОДЕЖДЫ НОВОГО АССОРТИМЕНТА ДЛЯ РАБОТНИКОВ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Норбоева Гуласал Нарзуллаевна

доктор философии по
техническим наукам
(PhD), доцент кафедры
«Технология натуральных
волокон и обработки
тканей»

Джизакский
политехнический
институт

Аннотация. В данной статье поставлена задача проектирования спецодежды с использованием вентиляционных элементов на основе изучения топографии участков выделения пота в процессе ношения спецодежды работниками автомобильной промышленности. Исследован процесс взаимного воздухообмена между средой, находящейся под специальной одеждой, и внешней средой во время рабочего движения рабочих. С учётом топографии участков выделения пота был создан новый ассортимент специальной одежды с вентиляционными элементами, которая рекомендована работникам, работающим в сборочном цехе автомобильной промышленности. При этом отмечается наличие таких негативных факторов, как несоответствие комнатной температуры и относительной влажности воздуха установленным нормам; негативное влияние на организм рабочего высокой температуры на поверхности оборудования и оборудования в цехе; нарушение воздухообмена под одеждой за счёт движений рабочего; негативное влияние на здоровье работника интенсивного выделения пота во время смены; игнорирование в конструкции спецодежды видов движений, выполняемых работником во время смены. С учётом этих факторов были даны рекомендации по разработке специальной одежды с

улучшенными гигиеническими и воздухопроницаемыми показателями для работников сборочного цеха, а также приведены структурные, физико-механические показатели материалов, рекомендованных для специальной одежды. При разработке новой линейки специальной одежды эффективные результаты были достигнуты за счёт использования сетчатых тканей в сочетании с материалом из смешанного волокна для обеспечения циркуляции воздуха между телом человека и одеждой.

Ключевые слова: специальная одежда, вентиляционный элемент, вентиляционная зона, специальная топография одежды, эргономичное движение.

DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS ON DESIGNING OF NEW ASSORTMENT OF OVERALLS FOR WORKERS OF AUTOMOBILE INDUSTRY

Norboeva Gulasal Narzullaevna

Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD), Associate Professor of the Department of "Technology of Natural Fibers and Fabric Processing"

Jizzakh Polytechnic Institute

Kelib tushgan/Получено/Received: 24.09.2024

Qabul qilingan/Принято/Accepted: 07.10.2024

Nashr etilgan/Опубликовано/Published: 31.10.2024

Abstract. The article reveals the issue of designing a uniform with ventilation elements based on the study into the topography of sweat secretion with automotive companies' staff wearing a uniform. The study was made into the air exchange between the human body and the external environments while working. Taking into account the topography of sweating, a new line of uniform furnished with ventilation elements was created and recommended for the assembly shop staff of the automotive company. In this case, the temperature and relative humidity of the room do not meet the established standards; negative effect of high surface temperature of the equipment and devices in the shop on the working body; disruption of air exchange under clothing caused by various motions of a worker; poor effect on the human health because of intense sweating during a shift; it was revealed that existing uniform does not take account of such negative factors as various motions made by a staff worker during a shift. Taking into account these negative factors, recommendations were made for the development of a uniform with better hygienic- and air permeability indicators for the assembly shop staff. In the design of the new line of uniform, good results were achieved through the use of mesh fabrics that ensure air circulation in the human body and underwear, along with gauze made of mixed fibers.

Keywords: uniform, ventilation element, ventilation sections, sweat topography, ergonomic movements.

Kirish

O'zbekiston Respublikasi avtomobil sanoatini rivojlantirish, ya'ni yengil avtomobillar ishlab chiqarish hajmini yiliga 350 ming birlikkacha oshirish, yengil avtomobillar lokalizatsiyasi darajasini o'rtacha 60 foizga, yuk avtomobillari va avtobuslar ishlab chiqarish hajmini 10 ming birlikka, avtomobillar eksporti yillik hajmini 100 ming birlikka yetkazish, avtomobillar modellari qatorini yangilash, jumladan, aholining keng qatlamlari xarid qilish imkoniyatiga ega bo'lgan yangi va zamonaviy yengil avtomobillar ishlab chiqarish, shu bilan birga, ish o'rinlari yaratish bo'yicha muhim vazifalar belgilab berilgan. Ushbu vazifalarni amalga oshirishda, jumladan, ishlab chiqarish sharoitida ishchilarning ish sharoitini yaxshilash va mehnat muhofazasini ta'minlashga qaratilgan maxsus kiyim yaratish muhim ahamiyat kasb etmoqda.

Oxirgi yillarda O'zbekiston Respublikasi avtomobilsozlik sanoati sohasida salmoqli natijalarga erishildi. Jumladan, avtomobillar ishlab chiqarish hajmi 3 barobarga o'sib, 280 mingtaga yetkazildi.

Respublikamiz avtomobil sanoatida olib borilayotgan islohotlar ishchilarning mehnat sharoitlariga o'zining bevosita ijobiy ta'sirini ko'rsatadi. Ishchilarni tashqi zararli omillardan

himoya qilish, ularga qulay ish sharoiti yaratish va albatta, ularning sog'ligini nazorat qilish har bir korxona rahbariyatining vazifasi sanaladi. Ishchilar mehnatini muhofaza qilish bugungi kunda har qachongidan ham dolzarb masaladir.

Avtomobil korxonasi kuzov, shassi va kabina yig'ish sexlari, avtomobillarning elektr qismlarini o'rnatish sexi, avtomobil kuzovlarini bo'yash sexi va sifat nazorati bo'limlaridan iborat. Ushbu sexlarda smena davomiyligi 8 soat, xona harorati 22°C ni tashkil etadi. Xonaning nisbiy namligi mavsumga qarab quyidagicha ko'rsatkichlarga ega: yilning sovuq mavsumida 40 %, yilning issiq mavsumida 40–60 %ni tashkil etadi.

Hozirgi davrda maxsus kiyimlar yaratish mushkul vazifa bo'lib, u ish jarayonida inson duch keladigan turli xil sharoitlar, ya'ni o'zgaruvchan ateriologik sharoitlar, o'zgaruvchan jismoniy faoliyat, turli zararli ishlab chiqarish omillari ta'siriga bog'liq (GOST 11209-2014, 2015). Maxsus kiyimlar bir qator talablar, jumladan, himoya, ergonomik, estetik va gigiyenik talablarga javob berishi kerak.

Maxsus kiyimga qo'yiladigan talablarning tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, avtomobil sanoati ishchilarining mehnat sharoitini yaxshilash, ish samaradorligini oshirish uchun yopiq binoda faoliyat olib boruvchi ishchilarga har tomonlama qulay maxsus kiyimi yaratish maqsadga muvofiqdir. Yangi namunadagi maxsus kiyimni loyihalash uchun kiyimda havo almashinuvi va atrof-muhit bilan maksimal namlik almashinuvini ta'minlash bo'yicha olib borilgan tadqiqot ishlarini tahlil qilish vazifasi belgilandi.

T.M. Zhigalova (1991) tadqiqot ishida temiryo'l stansiyasi vagon deposi texnik xizmat ko'rsatish punktlari ishchilari maxsus kiyimi uchun ventilyatsiya elementlari qo'llangan bo'lib, unda energiya iste'moli darajasi, foydalaniladigan matolar xususiyatlari, kiyimning konstruktiv parametrlari va atrof-muhitning iqlimiy parametrlari hamda maxsus kiyim zonalarida ularning topografiyasini hisobga olgan holda, ventilyatsiya elementlari parametrlarini hisoblashning analitik usuli ishlab chiqilgan. Mazkur usul insonning issiqlik holatini maqbul darajada ushlab turishga yordam beradigan ventilyatsiya elementlari o'lchamlarini tavsiya etish orqali maxsus kiyimlar ishlab chiqish vaqtini qisqartirish imkonini beradi. Sintetik matolarning havo o'tkazish xususiyati va tashqi muhit haroratlarining ta'siri ilmiy asoslangan bo'lib, maxsus kiyimlarning zarur gigiyenik xususiyatlarini ta'minlash uchun ventilyatsiya elementlaridan foydalanish tavsiya etiladi.

N.L. Zhuravleva (2015) tadqiqot ishida qulay kiyim osti mikroiklimini yaratish maqsadida uchuvchilar va kosmonavtlar uchun mo'ljallangan ichki kiyim ventilyatsion kostyumlarini loyihalashda o'lchovli tipologiya, shuningdek, ortib borayotgan gigiyenik va ergonomik talablarga javob beradigan hamda inson tanasining barqaror issiqlik muvozanatini ta'minlaydigan majburiy shamollatish bilan maxsus maqsadlar uchun ichki kiyim kostyumlarini loyihalash usuli ishlab chiqilgan. Maxsus ichki kostyumi uchun majburiy shamollatish tizimi ishlab chiqilgan bo'lib, u qulay termal holat va issiqlik almashinuvini saqlab turishda inson tanasini bir xilda ventilyatsiya qilishni ta'minlaydi.

Y.O. Lebedevaning (2006) ilmiy tadqiqot ishida birinchi marta katta hajmli izolyatsiyalangan kiyim paketlari deformatsiyasini eksperimental o'rganish hamda ularni issiqlikdan himoya qilish xususiyatlarini baholash usuli asoslangan va ishlab chiqilgan; shamolda kiyim paketi deformatsiyasini hisobga olgan holda, "Odam – issiqlikdan himoyalangan kiyim – atrof-muhit" tizimi elementining issiqlik almashinuvining matematik modeli ishlab chiqildi.

Material va metodlar

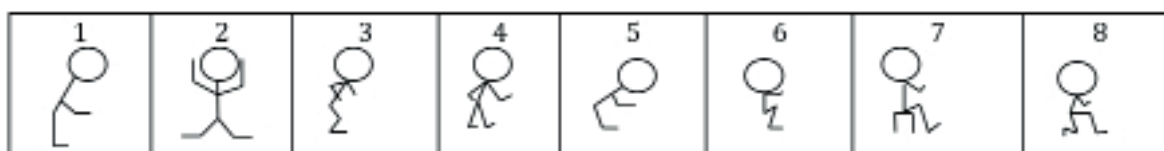
Maxsus kiyimlarning gigiyenik xususiyatlari va atrof-muhitning iqlim sharoitlari o'rtasidagi nomuvofiqlik tananing atrof-muhit bilan issiqlik va namlik almashinuvi sharoitida

sezilarli o'zgarishlarga olib kelishi mumkin: ishchining haddan tashqari qizishi, kuchli terlash va boshqalar (Koketkin, 2001). Ko'p terlash keyinchalik kiyimning namlanishiga olib keladi, ishchilarda yoqimsiz hislar keltirib chiqaradi. Agar ularda uzoq vaqt terlash holatlari davom etsa va namlikni shimish holati kuzatilmasa, sovuq keltirib chiqarishi mumkin. Bu oxir-oqibat inson faoliyati pasayishi va kasallanishi ehtimolining oshishiga olib keladi (Zhilisbaeva, 2007).

Yuqoridagi tahlillarni inobatga olgan holda, himoya talablari bilan birga fiziologik va gigiyenik talablarni ham ta'minlashga katta e'tibor berish lozim (Abramov, 2007). Shu munosabat bilan berilgan ish sharoitlari uchun ratsional xususiyatlarga ega kiyim yaratishda "inson – kiyim – muhit" tizimini o'rganish zarurati paydo bo'ldi (Afinogentova, 2004; Surzhenko, 2001).

Ergonomik talablarga muvofiq bo'lgan maxsus kiyim konstruksiyasini ishlab chiqish uchun ishchilarning texnologik operatsiyalarni bajarishda eng xos harakatlarini o'rganish va obyektiv tahlil qilish "ADM Jizzakh" hamda "SAMAVTO" MChJ korxonalarida yopiq bino ishchilari faoliyatida amalga oshirildi. Bunda ishchining smena davomidagi harakatlari, ya'ni tik turishi, o'tirishi, egilishi, qo'llarini yon tomon va yuqoriga ko'tarishi kabi pozalari o'rganildi (1-rasm).

Smena davomida bunday ergonomik harakatlar ishchi tomonidan bir necha marotaba takrorlanadi.



1-rasm. Ishchining turli xil statik va dinamik harakatlari sxemasi

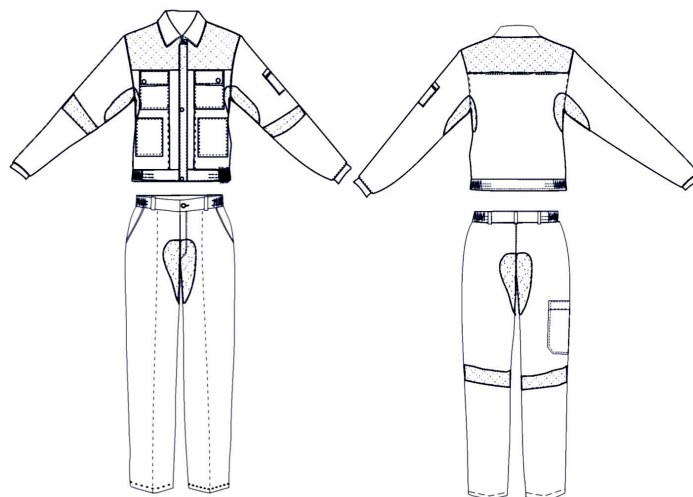
Ishchilarning harakat usullari tahlili natijasida tik turish, o'tirish holatlarida quyidagi harakatlar aniqlandi: tanani oldinga egish, orqaga egish, qo'lni bukish, oyoqlarni tos, bo'ksa, tizza bo'g'imlarida bukish, qo'llarni yuqoriga ko'tarish, yon tarafga yoyish, oldinga cho'zish, cho'kkalab o'tirish, oyoqlarning bir-biridan yelka kengligi masofasida bo'lishi kabilar (Rasulova et al., 2022a; Rasulova et al., 2022b).

Tadqiqot natijalari

Olib borilgan tahlillar natijasi shuni ko'rsatadiki, avtomobil sanoati ishchilari uchun maxsus kiyim loyihalashda "inson – kiyim – muhit" tizimida konstruksiyaning ergonomik ratsionalligi hamda kiyim tayyorlash texnologik jarayoni ishchining harakat dinamikasi va ish pozalariga bog'liq.

Yig'uv sexidagi ishchilar ish faoliyati jarayoni kuzatuvidan shu narsa ma'lum bo'ldiki, yopiq binodagi ishchilarning ish vaqtida tanasidan intensiv ter ajralib chiqishi kuzatildi (Rasulova et al., 2023; Rasulova et al., 2020; Rasulova et al., 2022c). Natijada ter ajralib chiqish uchastkalari topografiyasini maxsus kiyimda tahlil qilish vazifasi belgilandi (2-rasm).

Olib borilgan tadqiqot natijasi shuni ko'rsatadiki, eng ko'p terlash old bo'lakning ko'krak qismida, yeng o'miz qismida, ort bo'lakning kurak qismida, shimda tizzaning orqa qismida, qadam qirqimining yuqori qismida yuzaga keladi.



2-rasm. Maxsus kiyimda ter ajralib chiqish uchastkalari topografiyasi

Ko'p terlaydigan uchastkalar topografiyasini o'rganish natijasida ventilyatsiya (shamollatish) elementlari joylanishi zarur bo'lgan zonalar aniqlandi:

- kiyim yeng qo'ltiq pastki qismida tirqish (xishtak);
- kiyimning old va ort bo'lak koketkalarining pastki qismida yoki old va ort bo'lak koketka relyef chokida tirqishlar;
- shimning tizza orqa bukish qismida tirqishlar;
- shim odim choki yuqori qismida tirqish.

Koketkalarining pastki chetidagi burchak va tirqishlar uchun ergonomik va estetik talablarni inobatga olgan holda, bitta o'lchamdagi variant tanlandi.

Kuzatish natijalaridan shunday xulosa qilish mumkinki, maxsus kiyimning funksional xususiyatini oshirish maqsadida sintetik tolalarni aralash tolali matolarga qo'shishni me'yorlash uchun tanda bo'yicha paxta+polyester, arqoq bo'yicha esa paxta+viskoza tolali mato hamda maxsus kiyimning havo aylanish xususiyatlarini yaxshilash uchun ko'p terlash yuzaga keladigan uchastkalarda ventilyatsiya elementlaridan (to'rlardan) foydalanib maxsus kiyim loyihalash maqsadga muvofiq.

Gigiyenik talablar nuqtayi nazaridan aralash tolali matodan tayyorlangan maxsus kiyimlarning ratsional dizaynini ishlab chiqish va kiyimda havo almashinuvini yaxshilash uchun havo o'tkazuvchanligi hamda namlikni shimish xususiyati yuqori bo'lgan matolardan foydalanish, shuningek, maxsus kiyim uchastkalariga ventilyatsiya elementlari qo'llash jarayonini amalga oshirish lozim (Mamasolieva et al., n.d.; Rasulova & Mamasolieva, 2020).

Tadqiqot natijalari tahlili

Tadqiqot davomida maxsus kiyimlarning gigiyenik xususiyatlarini yaxshilash, shu bilan birga, uning mustahkamligini oshirish uchun tanda bo'yicha paxta + PET, arqoq bo'yicha paxta + viskoza tolalari asosida yaratilgan aralash tolali mato namunalari qo'llandi. Aralash tarkibli matoning strukturaviy tavsifi 1-jadvalda keltirildi.

1-jadval

Aralash tolaviy tarkibli matoning tuzilishi tavsifi*

Mato nomi	Tolaviy tarkibi, %		Ipning chiziqli zichligi, teks		Matoning qalinligi, sm	O'rinish turi	Yuza zichligi, g/m ²
	Tanda	Arqoq	Tanda	Arqoq			
Maxsus kiyimbop mato	P 70 PET 30	P 70 V 30	15,4 x 2	20 x 3	0,45	Polotno	220

* P – paxta, V – viskoza tolasi, PET – polyester tolasi.

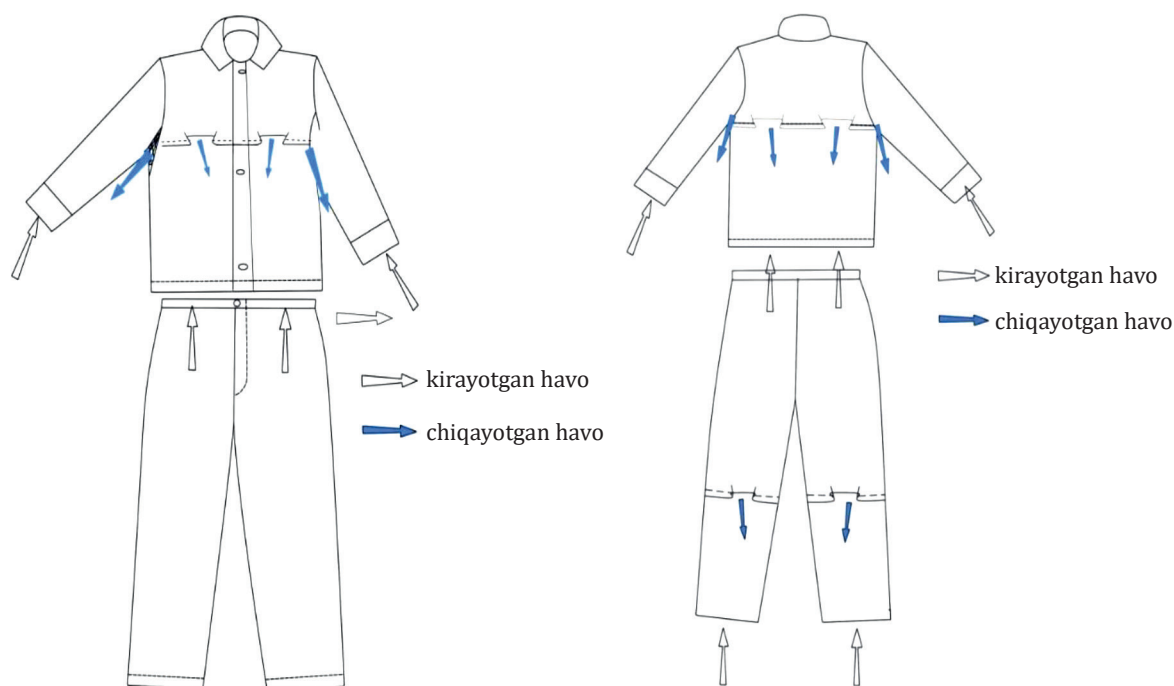
Ventilyatsiya elementlarining kiyim osti mikroiklim ko'rsatkichlariga ta'sirini aniqlash uchun maxsus kiyimlar namunasi uch xil variantda tayyorlandi. Birinchi namuna arqoq bo'yicha 70 % polyester va 30 % paxta tolaviy tarkibli matodan (amaldagi maxsus kiyimdan foydalanildi), ikkinchi va uchinchi namuna tanda bo'yicha 70 % paxta va 30 % polyester, arqoq bo'yicha 70 % paxta va 30 % viskoza tolaviy tarkibli matodan (loyihadagi maxsus kiyim) tayyorlandi.

Maxsus kiyimlarda ventilyatsiya elementlari quyidagi uchastkalarda joylashgan (namunalar matoning tolaviy tarkibi bilan farqlanadi):

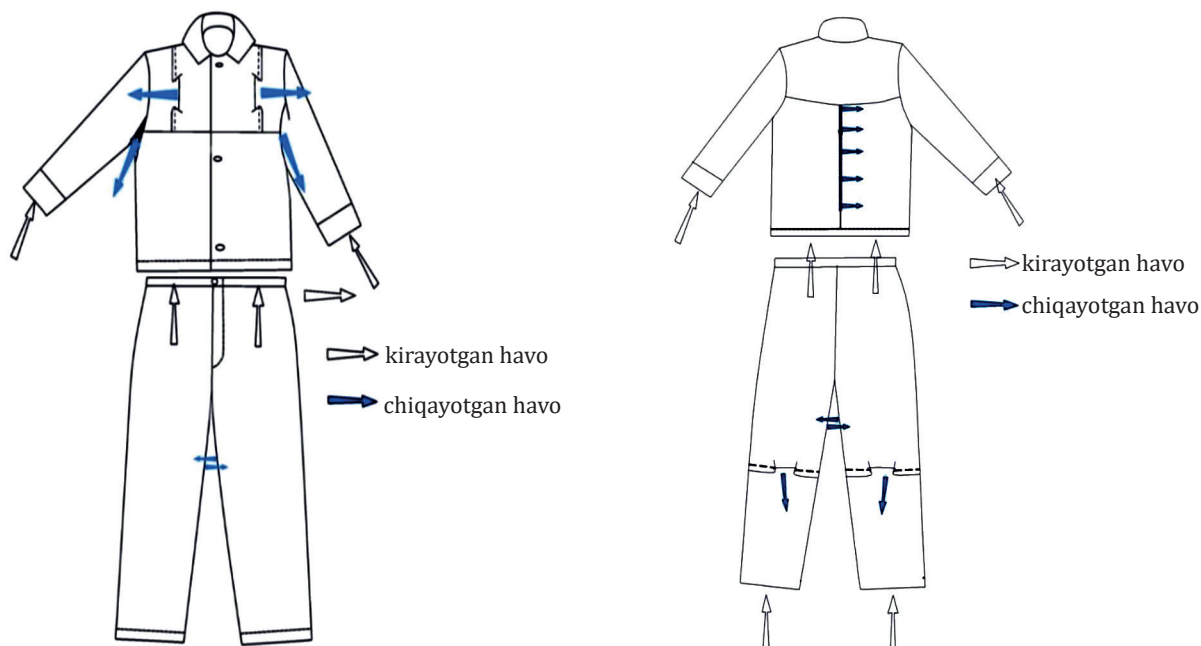
- kurtkaning old, orqa koketkalarining asosiy detalga biriktirilgan choklarida to'r matosidan qo'yilgan tirqishlar; yeng o'mizining qo'ltiq qismida to'r matosidan rombsimon shaklda qo'yilgan xishtak; shimning orqa detalida tizza ortida to'r qo'yilgan tirqishlar (2-rasm);

- kurtkaning old koketka relyef choklarida to'r qo'yilgan tirqishlar, ort bo'lak o'rta chokida molniya tasma va to'r matosidan qo'yilgan tirqishlar; yeng o'mizining qo'ltiq qismida to'r matosidan rombsimon shaklda qo'yilgan xishtak; shim odim choklarining yuqori qismida molniya tasma va to'r matosidan qo'yilgan tirqishlar; shimning orqa detalida tizza ortida to'r qo'yilgan tirqishlar (3-rasm).

Ishchi ish harakatlarini amalga oshirayotganda, maxsus kiyim osti muhiti bo'shlig'i va tashqi muhit o'rtasida o'zaro havo almashinuvi amalga oshirilishi tadqiq qilindi. Tashqi havo maxsus kiyimning kiyim osti muhitiga kirish tirqishlari orqali so'rilishi va kiyim osti havosi chiqish tirqishlari orqali tashqi muhitga chiqarilishi sxemasi ishlab chiqildi (2–3-rasm).



2-rasm. Maxsus kiyimning tashqi muhit bilan havo almashinish sxemasi



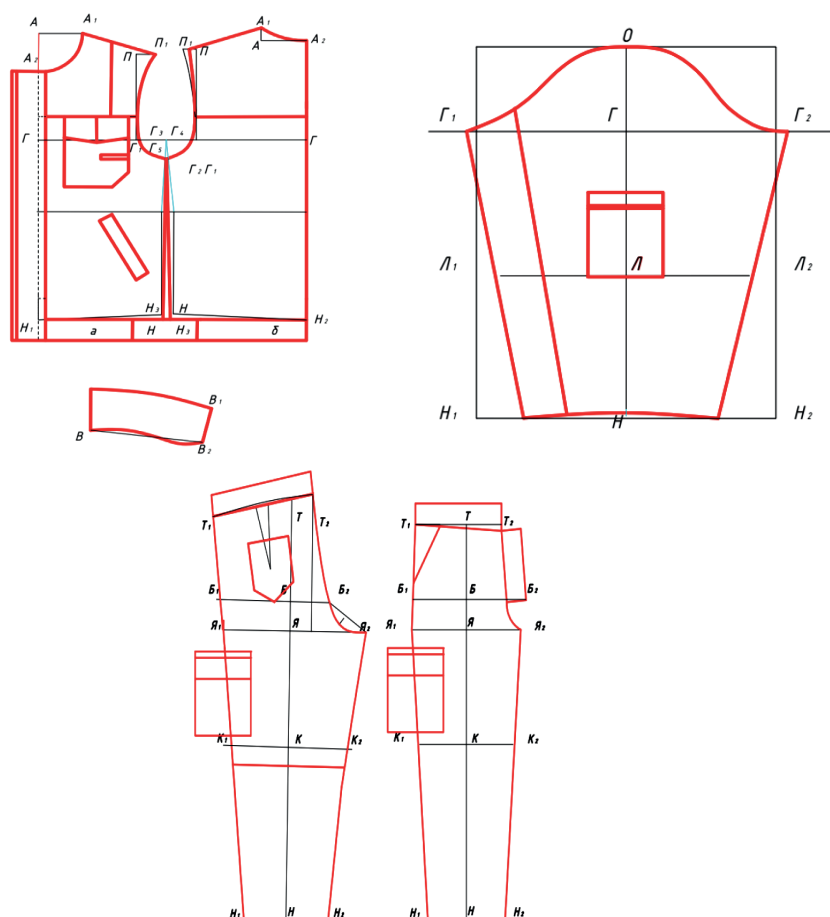
3-rasm. Maxsus kiyimning tashqi muhit bilan havo almashinish sxemasi

Olib borilgan tadqiqot natijalariga ko'ra, ishchilar mehnat faoliyati davomida inson tanasi va kiyim ostida havo aylanishini ta'minlash uchun tanda bo'yicha 70 % paxta, 30 % polyester, arqoq bo'yicha 70 % paxta, 30 % viskoza tolaviy tarkibli mato va uchastkalariga ventilyatsiya elementi (to'r) qo'yilgan yangi assortimentdagi maxsus kiyim tavsiya etildi hamda avtomobil sanoati ishchilari uchun yangi assortimentdagi model namunasi yaratildi (4-rasm).

Maxsus kiyimni loyihalashda Koketkin et al. (1982)ning "Промышленное проектирование специальной одежды" qo'llanmasidan foydalanildi. Avtomobil sanoati ishchilari maxsus kiyimi ishchining statik va dinamik harakatlariga qulay bo'lishi kerak. Shu maqsadda kiyim konstruksiyasini qurishda ko'krak aylanasi qo'shimchalari normallashtirildi va yeng o'mizi o'zgarishi natijasida yeng o'lchamlariga ham qo'shimcha qiymatlar qo'shildi.



4-rasm. Avtomobil sanoati ishchilari uchun maxsus kiyimning yangi model namunasi



5-rasm. Tavsiya etilayotgan maxsus kiyim komplektidagi kurtkaning asos konstruksiyasi chizmasi (kurtka va shim)

O'tqazma yangli kurtka uchun bajarildi (5-rasm).

Yeng o'mizining o'zgarishi va ko'krak aylanasi o'lchamining normallashtirilgan qo'shimcha o'lchamlari yengning erkin harakatlanishini ta'minlaydi. Maxsus kiyimni loyihalashda ventilyatsiya elementlaridan foydalanish kiyim ostida havo aylanishini ta'minlaydi va ishchining mehnat faoliyatini yanada yaxshilaydi.

Xulosa

Xulosa qilib shuni aytish mumkinki, avtomobil sanoati ishchilarining amaldagi maxsus kiyimini kiyish jarayonida ter ajralib chiqish uchastkalari topografiyasini o'rganish asosida ko'p terlash yuzaga keladigan uchastkalarda ventilyatsiya elementlaridan (to'rlardan) foydalanish orqali maxsus kiyim loyihalash vazifasi amalga oshirildi. Ishchi ish harakatlarini amalga oshirayotganda, maxsus kiyim osti muhiti bo'shlig'i va tashqi muhit o'rtasida o'zaro havo almashinuvi amalga oshirilishi tadqiq qilindi. Bunda tashqi havo maxsus kiyimning kiyim osti muhitiga kirish tirqishlari orqali so'rilishi va kiyim osti havosi chiqish tirqishlari orqali tashqi muhitga chiqarilishi natijasida havo almashinish tizimining me'yorda amalga oshirilishi ta'minlanadi.

Maxsus kiyim assortimentini shakllantirish maqsadida havo o'tkazuvchanligi, gigroskopikligi, ishqalanishga chidamliligi va mustahkamligi bo'yicha amaldagi matodan yuqori ko'rsatkichlarga ega va GOST 11209-2014 (2015) talablariga javob beradigan tanda bo'yicha 70 % paxta va 30 % polyester, arqoq bo'yicha esa 70 % paxta, 30 % viskoza aralash tolali matodan maxsus kiyimning yangi model namunasi ishlab chiqildi va avtomobil sanoati yig'uv sexida faoliyat olib boruvchi ishchilarga tavsiya etildi.

REFERENCES

1. Abramov, A. V. (2007). Designing of special moisture-protective clothing with a system of natural ventilation of underclothing space. (In Russian). [Abstract of PhD thesis]. St. Petersburg.
2. Afinogentova, N. V. (2004). Research and development of overalls for workers of automobile industry. Moscow.
3. GOST 11209-2014. (2015). *Fabrics for special clothing General technical requirements. Test methods*. Official ed. Moscow: Standardinform.
4. Koketkin P. P., Chubarova, Z. S., & Afanasyeva R. F. (1982). *Industrial Design of Special Clothing* (p. 185). Moscow: Legkaya i Pishchevaya promyshlennost'.
5. Koketkin, P. P. (2001). *Clothing: technology-technique, processes-quality*. (In Russian). Moscow: Moscow State University of Design and Technology.
6. Lebedeva, Ye. O. (2006). *Research and development of a package of special thermal protective clothing with increased wind resistance*. (In Russian). [Abstract of PHD thesis]. Shakhty.
7. Mamasolieva Sh. L., Rasulova M. K., & Norboeva G. N. (n.d.). *Development of special othes with high hygienic properties* (101 p.) [Monograph]. Novateur Publ. <https://www.novateurpublication.org>
8. Rasulova, M. K., Mamasolieva, Sh. L., & Norboeva, G. N. (2020). A special set of clothing for automobile factory workers (UZ Patent No. SAP 02129). (In Uzbek).
9. Rasulova, M. K., Mamasoliyeva, M. Sh., & Norboyeva G. N. (2023). Studying the exploitation peculiarities of special clothing. *Electronic Journal of Actual Problems of Modern Science, Education and Training*, (10), 61–62.
10. Rasulova, M. K., Tashpulatov, S.Sh., & Mamasolieva, Sh.L. (2022c). Development of special clothing with high hygienic properties. *Innovations and technologies to the development of the theory of modern fashion "Fashion (Materials. Clothing. Design. Accessories): Proceedings of the 2nd international scientific-practical conference* (pp. 266–270). (In Russian). MRSU named after A.N. Kosygin.
11. Rasulova, M., Mamasolieva, S., Babadjanova, M., & Norboyeva, G. (2022b). Selection of sewing thread for connecting details of workwear from fabrics of new structures. *AIP Conference Proceedings* (vol. 2430, no. 1). AIP Publ.
12. Rasulova, K., & Mamasolieva, Sh. L. (2020). Development of fabrics with improved hygienic properties for special clothing. *Textile Journal of Uzbekistan*, 51–58.
13. Rasulova, M., Mamasolieva, Sh., & Norboyeva, G. (2022a). Development of Special Clothing with High Hygienic Properties. *Gongcheng Kexue Yu Jishu*, 54(02), 5633–5638. <http://advancedengineeringsscience.com/article/527.html>
14. Surzhenko, E. Ya. (2001). Theoretical bases and methodical support of ergonomic design of special clothes. (In Russian). [PhD thesis]. Moscow.
15. Zhigalova, T. M. (1991). *Development of rational design of overalls from synthetic materials*. (In Russian). [Abstract of PHD thesis]. Moscow.
16. Zhilisbaeva, R. O. (2007). Methodological bases of designing special clothes for workers of metallurgical and metal-working industry. (In Russian). [Abstract of PhD thesis]. Moscow.
17. Zhuravleva, N. L. (2015). *Development of a method of designing a special purpose underwear suit for creation of comfortable underclothing microclimate*. (In Russian). [PhD thesis]. Moscow.

UDC: 687.016.5-053.2:616-007.17(045)(575.1)

EDN: <https://elibrary.ru/bildxq>

BOLALAR ORTOPEDIK MOSLASHUVCHAN KIYIMI UCHUN QO'LLANADIGAN MATERIALLARNING XUSUSIYATLARI TADQIQINI EKSPERT BAHOLASH

Orziqulova Gavharxon Sultonmurod qizi¹, Rasulova Mastura Kabilovna²

¹“Tabiiy tolalar va matoga
ishlov berish texnologiyasi”
kafedrası assistenti
ORCID: 0000-0002-0927-9306
e-mail: gavharxon.
orziqulova@bk.ru

²texnika fanlari doktori,
professor, “Tikuv buyumlari
texnologiyasi va raqamli
injiniring” kafedrası mudiri
ORCID: 0000-0002-5533-5946
e-mail: mastura_m@mail.ru

¹Jizzax politexnika instituti

²Toshkent to'qimachilik va
yengil sanoat instituti

Annotatsiya. Ushbu maqolada bolalar ortopedik moslashuvchan kiyimi sifati va ishonchligini ta'minlash maqsadida tavsiya etiladigan materiallarning xususiyatlari tadqiqi ekspert baholandi. Tadqiqotda materiallar xususiyatlarining ahamiyatlilik ko'rsatkichlarini ekspert baholash usulidan foydalanildi. Ushbu usul mutaxassislar fikrini umumlashtirib, asosiy ko'rsatkichlarni aniqlab berishi bilan boshqa usullardan farq qiladi. Ekspertlar sifatida tikuv buyumlari texnologiyasi va xomashyoga dastlabki ishlov berish yo'nalishi mutaxassislari respondent o'rnida ishtirok etdi. Tadqiqot obyekti uchun bolalar kiyimlarini tayyorlashda eng ko'p foydalaniladigan xomashyo, ya'ni mahalliy ishlab chiqarishdagi paxta tolali trikotaj gazlamalari tanlandi. Tikuv buyumlari ishlab chiqarishdagi uzish kuchi, namlik bilan ishlov berilganda, chiziqli o'lchamlari o'zgarishi, havo o'tkazuvchanlik, uzilishdagi uzayish, rang barqarorligi, pillinglanish, gigroskopiklik, ishqalanishga chidamlilik xususiyatlari ko'rsatkichlari olindi. Bolalar ortopedik moslashuvchan kiyimida ahamiyatliligi yuqori bo'lgan ko'rsatkichlar ekspertlar so'rovi yordamida aniqlandi. Ahamiyatliligi yuqori bo'lgan ko'rsatkichlardan bolalar ortopedik moslashuvchan kiyimi ishlab chiqarishda material tanlash uchun foydalanish tavsiya etildi.

Kalit so'zlar: uzish kuchi, gigroskopiklik, havo o'tkazuvchanlik, pillinglanish, rang barqarorligi, uzilishdagi uzayish.

ЭКСПЕРТНАЯ ОЦЕНКА ИССЛЕДОВАНИЯ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ, ПРИМЕНЯЕМЫХ ДЛЯ АДАПТИВНОЙ ОРТОПЕДИЧЕСКОЙ ДЕТСКОЙ ОДЕЖДЫ

Орзикулова Гавхархон Султанмурод кизи¹, Расулова Мастура Кабиловна²

ассистент кафедры
«Технология обработки
натуральных волокон и
материала»

доктор технических наук,
заведующая кафедрой
«Технология швейных
изделий и цифрового
инжиниринга»

¹Джизакский
политехнический институт

²Ташкентский институт
текстильной и лёгкой
промышленности

Аннотация. В данной статье дана экспертная оценка характеристик материалов, рекомендуемых для обеспечения качества и надёжности адаптивной ортопедической детской одежды. В исследовании использован метод экспертной оценки показателей значимости свойств материалов. Этот метод отличается от других тем, что суммирует мнение специалистов и уточняет основные показатели. В качестве экспертов участвовали специалисты в области технологии швейных изделий и первичной обработки сырья. Для объекта исследования было выбрано наиболее часто используемое сырьё для изготовления детской одежды, а именно хлопчатобумажные трикотажные ткани отечественного производства. Получены показатели прочности на разрыв при производстве швейных изделий, изменения линейных размеров при влажной обработке, воздухопроницаемости, удлинения при разрыве, стабильности цвета, пиллингуемости, гигроскопичности, характеристик устойчивости к истиранию. Высокозначимые показатели адаптивной ортопедической детской одежды были выявлены с помощью экспертного опроса. Высокозначимые показатели рекомендовано использовать для подбора материала при изготовлении адаптивной ортопедической детской одежды.

Ключевые слова: прочность на разрыв, гигроскопичность, воздухопроницаемость, пиллингуемость, стабильность цвета, удлинение при разрыве.

EXPERT EVALUATION OF THE STUDY OF THE PROPERTIES OF MATERIALS USED FOR ADAPTIVE ORTHOPEDIC CHILDREN'S CLOTHING

¹Assistant of the Department "Technology of natural fibers and material processing"

²Doctor of Technical Sciences, Head of the Chair of "Technology of sewing and digital engineering"

¹Jizzakh Polytechnic Institute

²Tashkent Institute of Textile and Light Industry

Kelib tushgan/Получено/
Received: 24.09.2024

Qabul qilangan/Принято/
Accepted: 07.10.2024

Nashr etilgan/
Опубликовано/Published:
31.10.2024

Orzikulova Gavkharkhon Sultanmurod kizi¹, Rasulova Mastura Kabilovna²

Abstract. The article reveals expert assessment of properties of recommended materials conducted in view to ensure quality and reliability of adaptive orthopedic children's clothing. The study employed a method of expert evaluation of material properties, which is distinct from other methods in that it summarizes opinions of specialists and determines main indicators. Specialists in the field of sewing technology and primary processing of raw materials acted as experts and respondents. The object of the research work is the most commonly used raw materials in the manufacture of children's clothing, local production of cotton and knit fabrics. Indices of tensile strength in garment production, change in linear dimensions during wet processing, air permeability, elongation at break, color stability, pilling ability, hygroscopicity, and abrasion resistance characteristics were obtained. The indicators with high significance in adaptive orthopedic children's clothing were determined using an expert survey. Indicators of high significance have been recommended for reference in selection of materials for manufacture of adaptive orthopedic children's clothing.

Keywords: tensile strength, hygroscopicity, breathability, pilling, color stability, elongation at break.

Kirish

Respublikamizda bolalarning sog'lom ulg'ayishi, ta'lim-tarbiya olishi va yaxshi hayot kechirishi uchun keng imkoniyatlar yaratilgan. O'zbekiston Respublikasi Prezidentining 2022-yil 25-apreldagi PQ-216-sonli qarori 2022–2026-yillarda onalik va bolalikni muhofaza qilishni kuchaytirish to'g'risida bo'lib, unda sog'liqni saqlash tizimining birlamchi bo'g'inida onalar va bolalar o'rtasida kasallik profilaktikasi, ularni barvaqt aniqlash va sog'lomlashtirish dasturlarini amaliyotga joriy etish, sog'lom farzand tug'ilishi va rivojlanishi asosiy vazifa etib belgilangan. Sog'ligida muammosi bo'lgan ko'plab insonlar uchun davolash, reabilitatsiya buyumlari va moslashuvchan kiyimlar muhim ahamiyatga ega. Ular bir qancha noqulayliklarni bartaraf etish, cheklovlarining oldini olish, shu bilan birgalikda, tuzalish muddatini qisqartirishga yordam beradi (González et al., 2012).

Bolalar orasida chanoq-son bo'g'imi displaziyasi va son suyagining tug'ma chiqishi keng tarqalgan. Ushbu kasallik dastlabki vaqtlarda tashxis qo'yish qiyin bo'lgan kasalliklardan hisoblangan. Kech tashxislanib davolanganda, bu kasalliklar ko'pincha og'ir asoratlar yoki nogironlik holatigacha olib kelishi mumkin. Tayanch-harakat tizimi kasalliklari tarkibida chanoq-son bo'g'imi displaziyasi va son suyagining tug'ma chiqishi holatlarining ulushi 73,2 foizgacha yetadi. Davolash jarayonlari kasallik holatiga ko'ra belgilanib, chanoq-son bo'g'imi displaziyasida, asosan, keruvchi moslamalardan tuzatuvchi sifatida foydalaniladi (Rasulova & Orzikulova, 2023a). Davolash jarayoni samaradorligini oshirishda funksional kiyimlardan foydalanish muhim ahamiyatga ega. O'zbekiston Respublikasida yosh bolalarda ortopedik kasalliklardan chanoq-son bo'g'imi displaziyasi bo'yicha murojaatlar soni o'sish tendensiyasiga ega. Shuning uchun ushbu toifadagi bolalar uchun kiyim-kechak ishlab chiqarish dolzarb bo'lib qolmoqda (Rasulova, M., & Orzikulova, G. S. k. (2023b).

Bolalar tanasi juda sezuvchan bo'lgani bois ular uchun tayyorlanadigan mahsulotlarga qo'yiladigan talablar bir qancha yuqori ko'rsatkichlarni o'z ichiga oladi (National Retail Association, 2020). Respublikamizda L. Shamuhitdinova, U. Muminova, D. Isayeva kabi olimlar bolalar kiyimlari va ularga qo'yiladigan talablar to'g'risida samarali tadqiqot ishlari olib borishgan. Xorijiy davlatlarda ushbu tadqiqot ishining dolzarb masalalari A. Bikbulatova,

G. Wenrong, J.B. Delano, J. Telford, D.M. Lubicklar tomonidan o'rganilgan. Ular bolalar uchun qulay kiyimlar, bolalarga aynan kasallik davrida tuzalishga yordam beruvchi moslashuvchan kiyimlar loyahasini ishlab chiqish borasida samarali tadqiqotlar o'tkazgan.

Bolalar chanoq-son bo'g'imi displaziyasi kasalligini davolashda ham moslashuvchan kiyimdan foydalanish davolanish samaradorligini oshiradi. Mahsulot bolalarga mo'ljallanganligi sababli bu turdagi kiyimlar ishlab chiqishda xomashyoga qo'yiladigan talablar muhim ahamiyatga ega (GOST 32119-2013, 2013; GOST ISO 9237-2013, 2013). Bolalar ortopedik moslashuvchan kiyimi uchun qo'llanadigan materiallar xususiyatlari tadqiqini ekspert baholash ishlab chiqiladigan mahsulot sifatini oshirish va ishonchliligini ta'minlashga yordam beradi. Shu asnoda bolalar ortopedik moslashuvchan kiyimi uchun talablarning ahamiyatlilik ko'rsatkichlarini kiyim ishlab chiqarish sohasidagi mutaxassislar yordamida aniqlash ehtiyoji paydo bo'ladi.

Material va metodlar

Ma'lumki, hozirgi kunda bolalar kiyimlari uchun eng ko'p foydalaniladigan material – bu trikotaj polotnosi hisoblanadi. Trikotaj polotnosi turli mavsumlar uchun mo'ljallanadi hamda har xil uy va kundalik kiyimlar tayyorlashda keng qo'llanadi. Ushbu mato turi qayishqoqligi va mayinligi bilan bolalar kiyimi uchun eng yaxshi tanlovdir. Uning bu xususiyati bola harakatlarini cheklamaslik va kiyimning tanaga botmasligini ta'minlab beradi.

Ma'lumki, O'zbekiston Respublikasida paxta tolasidan tayyorlanayotgan trikotaj polotnosi nafaqat ichki, balki tashqi bozorda ham o'z o'rniga ega (Toshvilstat.uz, 2024). Moslashuvchan kiyim uchun tavsiya etiladigan materialga qo'yiladigan talablarning eng muhimi – bu gigiyenik talablardir, ammo ularning hammasi ham bir xil ahamiyatga ega emas (Orziqulova & Balbekova, 2023). Materiallarni tanlashda, birinchi navbatda, qaysi xususiyatlarni hisobga olish kerakligi va agar kerak bo'lsa, qaysi birini e'tiborsiz qoldirish mumkinligini aniqlash uchun ko'rsatkichlarning eng muhim asosiy qiymatlari aniqlanishi lozim.

Ushbu tadqiqot ishida natijalarni aniqlash uchun ekspert baholash usulidan foydalanildi. Bolalar ortopedik moslashuvchan kiyimi uchun gigiyenik, estetik, funksional, himoyalovchi, qulaylik talablarini tanlangan material xususiyatlari ta'minlab beradi (Gavharxon et al., 2024).

Olib borilgan tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, kiyim turiga qarab tanlanadigan material xususiyati ahamiyatliligi o'zgarishi mumkin. Tadqiqot ishida mutaxassislar o'rtasida o'tkazilgan so'rovnoma asosida bolalar kiyimiga qo'yiladigan talablarning ahamiyati va ularning muhimligini aniqlash maqsadida tarqatmalar tayyorlandi. Jarayon davomida tarqatmada berilgan ko'rsatkichlar baholanishi uchun mutaxassislarga topshirildi va ko'rsatkichlar baholanishiga erishildi. Tavsiya etilgan bolalar kiyimi sifatiga ta'sir ko'rsatuvchi talablarning ahamiyatliligi mutaxassislar tomonidan baholandi. Ko'rsatkichlar 1-jadvalda keltirilgan.

Sifat ko'rsatkichlari talablarining muhimligi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi:

$$Gi = \frac{Pi}{\sum Pi}$$

Ko'proq ahamiyatga ega bo'lgan talablar 1 raqami, nisbatan kamroq ahamiyatga ega bo'lgan talablar esa 5 raqami bilan belgilangan.

1-jadvaldan gigiyenik talablar muhim ahamiyatga ega ekanligi ko'rinib turibdi. Gazlama havo o'tkazuvchanligi yuqori, gigroskopik xususiyatlari ijobiy va rang barqarorligi xususiyatlariga ega bo'lishi kerak.

Tavsiya etilgan buyumga qo'yiladigan talablarning ahamiyati

Talablar	Estetik	Ekspluatatsion	Konstruktiv- texnologik	Gigiyenik	Iqtisodiy
Ahamiyati (P_i)	2	3	4	1	5
Muhimligi (G_i)	0,13	0,2	0,23	0,07	0,3

Ma'lumotlar shuni ko'rsatadiki, gigiyenik talablar doirasida havo o'tkazuvchanlik, gigroskopiklik ko'rsatkichi bolalar kiyimi uchun materiallarga bo'lgan muhim talablar hisoblanadi, shuningdek, gazlama ishqalanish va cho'zilishga chidamli, rangi barqaror hamda yuvish yoki kimyoviy tozalashga bardoshli bo'lishi lozim (Buzov & Alymenkova, 2004).

Tadqiqot natijalari

Tadqiqot obyekti sifatida bolalar kiyimi ishlab chiqarishda eng ko'p foydalaniladigan mahalliy ishlab chiqarishdagi paxta tolali trikotaj gazlamalari tanlandi.

O'n nafar respondentlardan iborat ekspertlar guruhiga $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5, x_6, x_7$ va x_8 matolari xususiyatlari muhimligini aniqlash, bolalar kiyimlarini ishlab chiqarishda gigiyenik va ekspluatatsion talablarni ta'minlash taklif qilindi:

x_1 – uzish kuchi, n ;

x_2 – namlik bilan ishlov berilganda, chiziqli o'lchamlari o'zgarishi, %;

x_3 – havo o'tkazuvchanligi, $\text{dm}^3/\text{m}^2 \text{ sek.}$;

x_4 – uzilishdagi uzayishi, %;

x_5 – rang barqarorligi, ball;

x_6 – pillinglanishi, dona;

x_7 – gigroskopikligi, ball;

x_8 – ishqalanishga chidamliligi, sikl.

Eng muhim xususiyatga ($R-1$), nisbatan kamroq ahamiyatga aga xususiyatga ($R-2$), eng ahamiyatsiz xususiyatga ($R-8$) darajalar beriladi.

Har bir ekspert darajalari yig'indisi quyidagi formula bo'yicha aniqlanadi (Zhernitsyn & Gulamov, 2007):

$$\sum_{i=1}^n R = 0,5n(n+1), \quad (1)$$

bu yerda: n – darajalar soni.

Har bir xususiyat uchun γ_i nisbiy ahamiyatga egalik koeffitsiyenti quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\gamma_i = \frac{1}{S_i \sum_{i=1}^n \frac{1}{S_i}}, \quad (2)$$

bu yerda: S_i – har bir i -xususiyati uchun darajalar yig'indisi.

Respondentlar fikriga ko'ra, eng muhim omillar quyidagi formula orqali aniqlanadi:

$$\gamma_i \geq \frac{1}{n}. \quad (3)$$

Ushbu tanlangan (qoldirilgan) xususiyatlarning har biri uchun muhimlik koeffitsiyenti γ_k quyidagi formula yordamida aniqlanadi (Pinchuk, 2008):

$$\gamma_k = \frac{1}{S_k \sum_{k=1}^n \frac{1}{S_k}} \quad (4)$$

Qoldirilgan xususiyatlarining nisbiy ahamiyati β_k ning tashlab qo'yilgan xususiyatining ahamiyatlilik ko'effitsiyentining tashlab qo'yilgan xususiyatining ahamiyatlilik ko'effitsiyentlarining minimaliga nisbati sifatida hisoblanadi (Sidnyaev & Vilisova, 2011):

$$\beta_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_{min}} \quad (5)$$

Har bir xususiyat uchun W kelishuv ko'effitsiyentini hisoblash uchun quyidagilar aniqlanadi (Kononyuk, 2010):

$$(S_i - \bar{S}) \text{ va } (S_i - \bar{S})^2$$

Bu yerda: $\bar{S}$ – barcha ko'rsatkichlar bo'yicha darajalarning o'rtacha yig'indisi.

Ekspert baholashlarining izchilligini aniqlash uchun quyidagi formula yordamida kelishish (muvofiqlik) W ko'effitsiyenti aniqlanadi (Rasulova & Orzikulova, 2023b):

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j}, \quad (6)$$

bu yerda: $T_j = 0$ inobatga olingan holda (Sidnyaev & Vilisova, 2011).

Muvofiqlik ko'effitsiyenti W ning ahamiyatini baholash uchun χ^2 mezon hisoblanadi:

$$\chi^2 = Wm (n - 1) \quad (7)$$

Ushbu mezon erkinlik darajasidagi mezonning jadval qiymati $\chi_{2\text{табл.}}$ bilan taqqoslanadi:

$$S = n - 1$$

2-jadval

Bolalar kiyimlari uchun trikotaj materiallarining konstruktiv-texnologik talablariga ta'sir qiluvchi omillarni ekspert baholash

№	Omillar/Ekspertlar	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	Y
	Uzilish kuchi	6	5	8	8	8	8	8	8	7	8	74
	Namlik bilan ishlov berilganda, chiziqli o'lchamlari o'zgarishi	2	6	5	4	3	3	4	5	5	4	41
	Havo o'tkazuvchanligi	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	13
	Uzilishdagi uzayishi	5	4	4	5	4	6	6	6	6	7	53
	Rang barqarorligi	4	3	3	3	5	4	3	2	3	3	33
	Pillinglanishi	7	8	6	6	6	5	5	4	4	5	56
	Gigroskopikligi	3	1	2	2	1	1	2	3	2	2	19
	Ishqalanishga chidamliligi	8	7	7	7	7	7	7	7	8	6	71
	$\sum R_{ij}$	36	36	36	36	36	36	36	36	36	36	

Har bir ekspertning darajalari yig'indisi quyidagi formula yordamida aniqlanadi (Kononyuk, 2010):

$$\gamma_i = \frac{1}{S_i \sum_{i=1}^n \frac{1}{S_i}},$$

$$\sum_{i=1}^n Rij = 0,5 * 8(8 + 1)$$

3-jadval

Bolalar kiyimlari uchun trikotaj gazlamalarining konstruktiv-texnologik talablariga ta'sir qiluvchi nisbatan muhim bo'lgan omillarni aniqlash

Ekspertlar	Omillar								$\bar{a} R_{ij}$	T_j
	x_1	x_2	x_3	x_4	x_5	x_6	x_7	x_8		
1	6	2	1	5	4	7	3	8	36	0
2	5	6	2	4	3	8	1	7	36	
3	8	5	1	4	3	6	2	7	36	
4	8	4	1	5	3	6	2	7	36	
5	8	3	2	4	5	6	1	7	36	
6	8	3	2	6	4	5	1	7	36	
7	8	4	1	6	3	5	2	7	36	
8	8	5	1	6	2	4	3	7	36	
9	7	5	1	6	3	4	2	8	36	
10	8	4	1	7	3	5	2	6	36	
S_j	74	41	13	53	33	56	19	71	360	
g_j	0,021	0,13	0,27	0,09	0,16	0,08	0,21	0,032		
$Mn - S_j$	6	39	67	27	47	24	61	9		
g_{j0}		0,182	0,313		0,219		0,285			
d_{j0}		1,0	1,71		1,20		1,56			
$S_j - S$	38	5	-23	17	-3	20	-17	35		
$(S_j - S)^2$	1444	25	529	289	9	400	289	1225	4210	

Har bir xususiyat uchun nisbiy ahamiyatga egalik koeffitsiyent γ_i quyidagi formula yordamida aniqlanadi:

$$\gamma_i = \frac{1}{S_i \sum_{i=1}^n \frac{1}{S_i}}, \quad (8)$$

bu yerda: S_i – har bir i-xususiyati uchun darajalar yig'indisi (Rasulova & Orzikulova, 2023b):

$$\gamma_1 = \frac{1}{S_1 \sum_{i=1}^n \frac{1}{S_i}} = \frac{1}{74 \sum_{i=1}^n \frac{1}{74} + \frac{1}{41} + \frac{1}{13} + \frac{1}{53} + \frac{1}{33} + \frac{1}{56} + \frac{1}{19} + \frac{1}{71}} = 0,021$$

Tadqiqot natijalari tahlili

Mutaxassislar fikriga ko'ra x_2 , x_3 , x_5 , x_7 eng muhim xususiyatlar bo'lib, ular uchun quyidagi shart bajarilgan:

$$\gamma_i \geq \frac{1}{n}$$

$$\frac{1}{8} = 0,125$$

shunda (Shershneva, 2001):

$$\gamma_i \geq \frac{1}{n} \geq 0,125 \quad (9)$$

Ushbu tanlangan xususiyatlarning har biri uchun muhimlik koeffitsiyenti γ_k formula yordamida aniqlanadi:

$$\gamma_k = \frac{1}{S_k \sum_{k=1}^n \frac{1}{S_k}}$$

$$\gamma_{j0} = \frac{mn - S_{j0}}{m n n_0 - \sum_i^{n_0} s_{j0}}. \quad (10)$$

β_k nisbiy ahamiyatlilik koeffitsiyentining γ_k tashlab qo'yilgan xususiyatining ahamiyatlilik koeffitsiyentlarining γ_{min} minimaliga nisbati sifatida hisoblanadi (Muminova et al., 2020):

$$\beta_k = \frac{\gamma_k}{\gamma_{min}} \quad (11)$$

Har bir xususiyat uchun W kelishuv koeffitsiyentini hisoblash uchun quyidagilar aniqlandi:

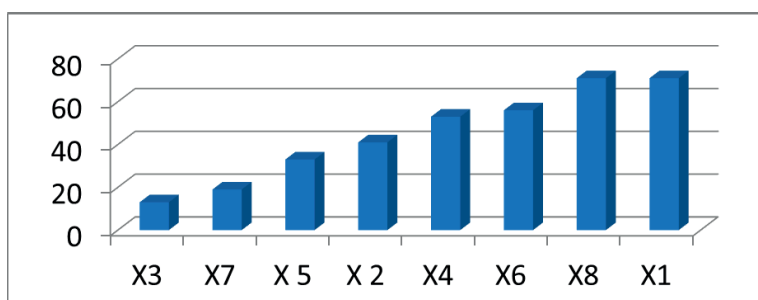
$$(S_i - \bar{S}) \text{ va } (S_i - \bar{S})^2,$$

bu yerda: $\bar{S}$ – barcha ko'rsatkichlar bo'yicha darajalarning o'rtacha yig'indisi (Shamukhitdinova, 1990).

Ekspert baholashlarining izchilligini aniqlash uchun quyidagi formula yordamida kelishish (muvofiglik) W koeffitsiyenti aniqlandi:

$$W = \frac{\sum_{i=1}^n (S_i - \bar{S})^2}{\frac{1}{12} m^2 (n^3 - n) - m \sum_{j=1}^m T_j} = \frac{4210}{4200} = 1,002 \quad (12)$$

Mazkur holda ahamiyatligi jihatdan bir xil omillar yo'q, shuni hisobga olgan holda, $T_j = 0$. Ekspertlarning fikrlari butunlay mos kelganda $W = 1$ bo'ladi. Qanchalik W 1ga yaqin bo'lsa, shunchalik ekspertlarning fikri o'zaro mos keladi (Muminova, 2010). Olingan natijalar ko'rib chiqilayotgan talablar guruhini qondiradigan xususiyatlarning reyting diagrammasini tuzish imkonini beradi (rasm).



Rasm. Konstruktiv-texnologik talablar bajarilishini ta'minlovchi xususiyatlarning xarakteristikallari reytingi diagrammasi

Diagramma (rasm) shuni ko'rsatadiki, mutaxassislarning fikriga ko'ra, matolarning eng muhim ko'rsatkichlari quyidagilar hisoblanadi: x_2 – namlik bilan ishlov berilganda, chiziqli o'lchamlari o'zgarishi; x_3 – havo o'tkazuvchanligi; x_5 – rang barqarorligi; x_7 – gigroskopikligi ko'rsatkichlari. Qolgan ko'rsatkichlar konstruktiv-texnologik talablar bajarilishini ta'minlaydigan xususiyatlar uchun kamroq ahamiyatga ega.

Olib borilgan tadqiqot natijalari uch oylikdan bir yoshgacha bo'lgan bolalar uchun ortopedik moslashuvchan kiyim ishlab chiqarishda gazlamaning xususiyatlarini e'tiborga olgan holda, to'g'ri tanlash va qo'llash imkonini beradi.

Xulosa

Tadqiqot natijalaridan kelib chiquvchi xulosalarga ko'ra, ekspertlar fikri o'zaro mos, ahamiyatliligi jihatidan bir xil omillar yo'q, tahlillar natijalari omillar ahamiyatliligini oqlaydi. Bolalar moslashuvchan kiyimi ishlab chiqishda gazlamaning havo o'tkazuvchanligi, gigroskopikligi, rang barqarorligi, namlik bilan ishlov berilganda, chiziqli o'lchamlari o'zgarishi, ko'rsatkichlarning ahamiyatliligi yuqori. Mutaxassislarning fikriga ko'ra, ushbu ko'rsatkichlarning ruxsat etilgan qiymat bo'yicha mahsulot ishlab chiqarishda qo'llanishi mahsulot sifatini oshiradi.

Natijalarga tayangan holda, bolalar moslashuvchan kiyimi loyihasini ishlab chiqish uchun ahamiyatliligi yuqori ko'rsatkichlar material tanlashda asos bo'lib xizmat qiladi. Xomashyo tanlashda ushbu ko'rsatkichlarning talab darajalari bajarilishini ta'minlash tavsiya etiladi.

REFERENCES

1. Buzov, B. A., & Alymenkova, N. D. (2004). *Materials science in the production of light industry products*. (In Russian). Moscow.
2. Gavharxon, O., Sarvinoz, O., & Nuriya, Q. (2024). Ta'lim tizimi rivojlanishining yangi bosqichlari [New stages of education system development]. (In Uzbek). *Proceedings of the International Global Conference* (vol. 1, no. 7, pp. 257–262).
3. González, J. C., Olaso, J., Gil, M. N., Puigcerver, S. A., Durá, J. V., & Lopez, I. (2012). FASHION-ABLE: Needs and requirements for clothing, footwear and orthotics of consumers groups with highly individualised needs. *2012 18th International ICE Conference on Engineering, Technology and Innovation* (pp. 1–10). <https://doi.org/10.1109/ICE.2012.6297700>
4. GOST 32119-2013. (2013). Products for newborns and toddlers general technical conditions. (In Russian).
5. GOST ISO 9237-2013. (2013). Textile materials. Method for determination of air permeability. (In Russian).
6. Kononyuk, A. E. (2010). *Fundamentals of scientific research*. (In Russian). Kyiv: CST.
7. Muminova, U. T. (2010). Development of the structure of initial information for the process of complex design of children's early childhood kits. [Abstract of PhD thesis]. (In Russian). Tashkent: Tashkent Institute of Textile and Light Industry.
8. Muminova, U. T., Tashpulatov, S. Sh., Cherunova, I. V., & Sharipova, S. I. (2020). *Development of methodology of complex design of children's clothing*. (In Russian). Kursk.
9. National Retail Association. (2020). Children's Apparel – Product Safety Guidelines.
10. Orziqulova, G., & Balbekova, D. (2023). Pedagogik texnologiyalarda innovatsiyalar [Innovations in pedagogical technologies]. (In Uzbek). *Innovative Research in the Modern World: Theory and Practice*, 2 (7), 20–21.

11. Pinchuk, S. I. (2008). *Organization of experiment in modeling and optimization of technical systems*. (In Russian). Dnepropetrovsk: Independent publishing organization 'Diva'.
12. Rasulova, M., & Orzikulova, G. S. K. (2023a). Analysis of the biomechanics of the musculoskeletal system of young children for the manufacture of clothing. *Science and Education*, 4 (2), 790–792. <https://cyberleninka.ru/article/n/analysis-of-the-biomechanics-of-the-musculoskeletal-system-of-young-children-for-the-manufacture-of-clothing>
13. Rasulova, M., & Orzikulova, G. S. K. (2023b). Ortopedik nuqsoni mavjud bolalar kiyimini ishlab chiqish [Orthopedic care for people with mild orthopedic problems]. (In Uzbek). *Science and Innovative Development*, 6 (1), 54–61. <https://dx.doi.org/10.36522/2181-9637-2023-1-7>
14. Shamukhitdinova, L. Sh. (1990). *Development of rational assortment collections of children's clothing and ways to increase its durability for the conditions of Central Asia*. [Abstract of PhD thesis]. (In Russian). Kiev.
15. Shershneva, L. P. (2001). *Development of technology for designing children's clothing with consideration of psychophysical development of the child*. [PhD thesis]. (In Russian). Moscow.
16. Sidnyaev, N. I., & Vilisova, N. T. (2011). *Introduction to the theory of experiment planning*. (In Russian). Moscow: MSTU.
18. Toshvilstat.uz. (2024). Statistical Agency in the Presence of the President of the Republic of Uzbekistan Tashkent Region Statistical Department. <https://www.toshvilstat.uz/>
19. Zhernitsyn, Y. L., & Gulamov, A. E. (2007). *Methodical instruction on performance of research and laboratory works on testing of textile products*. (In Russian). Tashkent.

UDC: 532.546(045)(575.1)

EDN: <https://elibrary.ru/xfzbpd>

SUV OMBORI DRENAJLARIDA DALA TADQIQOTLARI OLIB BORISH

Arifjanov Aybek Muxamedjanovich¹, Samiyev Luqmon Nayimovich²,
Xoshimov Sardorbek Ne'matjon o'g'li³, Ulashov Qudratilla Chori o'g'li⁴

¹texnika fanlari doktori,
professor
e-mail: www.obi-life@mail.ru

²texnika fanlari doktori
e-mail: luqmonsamiyev@mail.ru

³texnika fanlari bo'yicha
falsafa doktori (PhD), dotsent
e-mail: xoshimov.50907@gmail.com

⁴doktorant
e-mail: qulashov@mail.ru

“Toshkent irrigatsiya
va qishloq xo'jaligini
mexanizatsiyalash
muhandislari instituti” Milliy
tadqiqot universiteti

Annotatsiya. Hozirgi kunda yurtimizda foydalanib kelinayotgan suv omborlarining 95 foizi gruntli to'g'onlardan barpo etilgan. To'g'on tanasi hamda zaminidan kelib chiqadigan filtratsiya jarayonlarining gruntli to'g'onlarga ta'sirini o'rganish dolzarb masala hisoblanadi. Shu bois suv ombori drenajlarida filtratsiya suvlari tarkibini o'rganish va baholash suffoziya hodisalarining oldini olishda muhim ahamiyat kasb etadi. Tabiiy dala tadqiqotlari davomida Chimqo'rg'on suv ombori to'g'oni tanasidan bo'ladigan filtratsiya suvlarini 19 ta gidropostda o'lchash ishlari amalga oshirildi. Har bir gidropostdan olingan suv namunalarning quruq qoldiq miqdori aniqlanganda, 3a, 4, 7 gidropostlaridagi natijalar yuqori byef suv sathidagi natijalarga juda yaqin bo'ldi. Qolgan gidropostlarda esa bu ko'rsatkichlar ancha yuqori darajada ekanligi tadqiq etildi. Olingan namunalarning pH miqdori pH Meters qurilmasida tekshirilib, bir-biridan katta farq qilmayotganligi ma'lum bo'ldi. Filtratsiya suvlarining loyqalik miqdorini aniqlashda spektrofotometr qurilmasidan foydalanildi va 1, 4, 4a, 5, 6, 7, 7b, 8a gidropostlardan olingan namunalarda loyqalik miqdori yuqori bo'lgani aniqlandi. Ushbu tadqiqot davomida olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, to'g'onlarda filtratsiya suvlari tarkibini o'rganish va filtratsiya jarayonini baholash muhim vazifalardan sanaladi. Bu orqali gruntli to'g'onlarning ishonchli ishlashi ta'minlanadi.

Kalit so'zlar: suv ombori, gruntli to'g'on, filtratsiya, drenaj, quruq qoldiq, suv tarkibi, loyqalik darajasi.

ПРОВЕДЕНИЕ ПОЛЕВЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ДРЕНАЖА ВОДОХРАНИЛИЩА

Арифжанов Айбек Мухамеджанович¹, Самиев Лукмон Найимович²,
Хошимов Сардорбек Неъматжон угли³, Улашов Кудратилла Чори угли⁴

¹доктор технических наук,
профессор

²доктор технических наук

³доктор философии по
техническим наукам
(PhD), доцент

⁴докторант

Национальный
исследовательский
университет
«Ташкентский институт
инженеров ирригации и
механизации сельского
хозяйства»

Аннотация. В настоящее время 95 % водохранилищ, используемых в нашей стране, построены из грунтовых дамб. Актуальным вопросом является изучение влияния фильтрационных процессов на грунтовые плотины, которые возникают как на теле плотины, так и на её дне. Поэтому изучение и оценка содержания фильтрационных вод в стоках водоёма приобретает важное значение для предотвращения явлений суффозии. В ходе естественнонаучных полевых исследований на 19 гидropостах были проведены измерения фильтрационных вод, поступающих из плотины Чимкурганского водохранилища. При определении количества сухих остатков в образцах воды, взятых с каждого гидropоста, результаты на гидropостах 3a, 4, 7 были очень близки к результатам к уровню воды на верхнем бьефе. Однако на остальных гидropостах эти показатели были на гораздо более высоком уровне. Уровни pH полученных образцов были проверены с помощью прибора pH Meters, и оказалось, что они не сильно отличаются друг от друга. Спектрофотометрическое устройство использовалось для определения мутности фильтрационных вод, и было обнаружено, что мутность выше в образцах, взятых с гидropостов 1, 4, 4a, 5, 6, 7, 7b, 8a. Результаты, полученные в ходе этого исследования, показывают, что изучение состава фильтрационных вод в плотинах и оценка процесса фильтрации являются важными задачами. Благодаря этому обеспечивается надёжная работа грунтовых плотин.

Ключевые слова: водохранилище, грунтовая плотина, фильтрация, дренаж, сухой остаток, состав воды, уровень мутности.

FIELD STUDIES OF RESERVOIR DRAINAGE

¹Doctor of Technical Sciences, Professor

²Doctor of Technical Sciences

³Doctor of Philosophy in Technical Sciences (PhD), Associate Professor

⁴Doctoral Student

National Research University "Tashkent Institute of Irrigation and Agriculture Mechanization Engineers"

Kelib tushgan/Получено/Received: 21.09.2024

Qabul qilingan/Принято/Accepted: 14.10.2024

Nashr etilgan/Опубликовано/Published: 31.10.2024

Arifzhanov Aibek Mukhamedjanovich¹, Samiev Lukmon Nayimovich², Khoshimov Sardorbek Nematjon ugli³, Ulashov Kudratilla Chori ugli⁴

Abstract. At present, 95% of water reservoirs used in our country are constructed of earth dams. A topical issue is the study of the influence of filtration processes on groundwater dams, occurring both on the dam body and on its bottom. Therefore, the study and evaluation of the filtration water content in the water body runoff is of great importance for the prevention of suffosion phenomena. During the natural-scientific field studies, measurements of seepage water coming from the dam of the Chimkurgan reservoir were carried out at 19 gauging stations. When determining the amount of dry residues in water samples taken from each gauging station, the results at gauging stations 3A, 4, and 7 were very close to the upstream water level. However, at the other gauging stations, these values were at much higher levels. The pH levels of the samples obtained were checked using a pH Meters instrument, and it was found that they were not significantly different from each other. The spectrophotometric device was used to determine the turbidity of the seepage waters, and it was found that the turbidity was higher in the samples taken from gauging stations 1, 4, 4a, 5, 6, 7, 7b, and 8a. The results obtained from this study show that studying the composition of seepage water in dams and evaluating the seepage process are important tasks. This ensures the reliable operation of earth dams.

Keywords: reservoir, earth dam, filtration, drainage, dry residue, water composition, turbidity level.

Kirish

Mintaqada suv resurslari notekis taqsimlanganligi va ularning miqdori cheklanganligi sababli insonlar tomonidan suvni boshqarish uchun suv omborlari (to'g'onlar) bunyod etilgan. To'g'onlardan suvni saqlash, toshqinlarning oldini olish, energiya ishlab chiqarish hamda sanoat iste'moli uchun ham foydalaniladi. Hozirgi kunda foydalanib kelinayotgan grunt to'g'onli suv omborlarining ishonchli hamda xavfsiz ishlashi muhim ahamiyatga ega. Eksploatatsiya qilinayotgan gruntli to'g'onlarda bo'ladigan o'zgarishlarning asosiy sabablaridan biri – bu to'g'on tanasidan bo'ladigan filtratsiya jarayonidir. Bu jarayon to'g'on tanasida suffoziya, ya'ni yuvilish hodisalariga olib kelishi hamda suv ombori to'g'onining siljish yoki cho'kish, ya'ni deformatsiyasiga sabab bo'lishi mumkin. Yuqorida keltirilgan bu jarayonlar suv ombori to'g'onining ishonchli ishlashiga katta ta'sir ko'rsatadi. Olimlarimiz suv omborlaridagi jarayonlarni baholash bo'yicha ko'plab izlanishlar olib borgan hamda muayyan natijalarga erishgan.

Adabiyotlar tahlili va masalaning qo'yilishi

Mamlakatimizda suv resurslaridan oqilona foydalanish maqsadida ko'plab suv omborlari bunyod etilgan. Suv zaxiralaridan samarali va oqilona foydalanish, vegetatsiya davrida iste'molchilarni bir maromda suv bilan ta'minlash, foydali hajm miqdorini aniq baholash va gidrotexnik inshootlar mustahkamligini oshirish muhim masalalardan biri bo'lib kelmoqda (Arifjanov et al., 2024a).

Suv omborlaridan ishonchli va samarali foydalanish bo'yicha reja ishlab chiqish, inshootlarning xavfsiz ishlashi uchun suv omborida saqlanadigan suv hajmini aniq bilish talab etiladi. Shu bilan birga, suv ombori to'g'on xavfsizligi va xizmat muddatlarini oshirish, to'g'onlarni ishonchli eksploatatsiya qilishga alohida e'tibor qaratilgan (Arifjanov et al., 2024b). Jumladan, gruntli ko'tarma to'g'onlarning drenaj qurilmalari, gruntli ko'tarma

to'g'onlarda drenajlar depressiyasi egri chizig'ini pasaytirish, filtratsiya oqimining qiyalikka chiqishiga yo'l qo'ymaslik va to'g'on tanasi orqali o'tadigan filtratsiya suvlarini pastki b'efga chiqarib yuborish ekspluatatsiya davrida dolzarb vazifalardan biridir (Arifjanov et al., 2020).

Chimqo'rg'on suv omborining ekspluatatsiya davri 60 yildan ortiq ekanligini inobatga olsak, respublikamizda ham xorijdagi kabi gidrotexnika inshootlarini kapital ta'mirlash bo'yicha keng ko'lamli ishlar olib borilayotgani bejiz emas (Gapparov et al., 2020).

Hozirgi kunda ekspluatatsiya qilinayotgan 70 dan ziyod suv omborlarining 90 %dan ortig'i o'tgan asrning 70-yiligacha qurib foydalanishga topshirilgan (Arifjanov et al., 2023). Chimqo'rg'on suv ombori 1963-yil foydalanishga topshirilgan bo'lib, suv ombori to'g'on tanasidan bo'ladigan filtratsiya sarfining oshishi 1973-yildan boshlab ilk ilmiy izlanishlar olib borilishiga sabab bo'lgan. Shularni inobatga olib, tadqiqotchilar Chimqo'rg'on suv omborida filtratsiya jarayoni, asosan, grunt to'g'on zaminida kuzatilayotganini ko'rib chiqdi va zamin daryo o'zanida joylashgan degan xulosaga keldi (Arifjanov et al., 2024c).

O'tgan asrlarda ham tekislikda joylashgan suv saqlash havzalarida filtratsiya natijasida suvning yo'qolish sabablari, inshootlarda filtratsiyaning jadallashishiga olib keladigan omillarning oldini olish bo'yicha ham ko'plab ilmiy tadqiqotlar olib borilgan (Arifjanov et al., 2022). Suv omborlariga suv bilan birga kirib keladigan cho'kindilar kimyoviy tarkibining fraksional o'zgaruvchanligi hamda vegetatsiya davrida o'zgarishi bu jarayonning asosiy omili hisoblanadi (Samiyev et al., 2020). Shuningdek, suv omboridagi suv resurslarini boshqarish rejimi va to'plangan suvdan yil davomida foydalanish rejasiga qarab, har bir suv ombori uchun alohida ishlar amalga oshiriladi (Samiev et al., 2023a).

Olimlar o'z ishlarida tabiiy ko'llarga nisbatan daryo o'zanida joylashgan suv omborlarida loyqa cho'kindilar miqdori va tarqalishi ko'p ekanligini aniqlagan (Samiev et al., 2023b). Shu bilan bir qatorda, tabiiy o'zanli kanallarda ham loyqa bosish orqali deformatsiyalanish jarayoni yuzaga kelib, kanallarning suv o'tkazish qobiliyati kamaya boshlaydi (Samiev et al., 2024).

Tadqiqotchilar gilli yadro yordamida gruntli to'g'ondan bo'ladigan filtratsiya jarayonini tahlil qilish bo'yicha izlanishlar olib borishgan. Ular gruntli to'g'on tanasidan suvning oqib o'tishini o'lchash maqsadida vertikal va qiya drenajlardan foydalangan. Shuningdek, gruntli to'g'onlarda yuzaga keladigan filtratsiya jarayonining turli modellarini qo'llab, bu jarayonning to'g'on strukturasi va barqarorligiga ta'sirini o'rganishgan (Fakhari & Ghanbari, 2013). Filtratsiya jarayoni dala kuzatuvlari orqali tahlil qilingan. Qozog'istonning "Bugun" suv ombori to'g'on tanasidan bo'layotgan filtratsiya holati, drenajdagi filtratsiya oqim tezligi, drenaj shakli, filtratsiya yo'nalishi, suv harorati va oqimning kimyoviy tarkibi nazorat va o'lchash uskunalar bilan o'rganilib, zarur xulosalar olingan (Panov & Veselov, 2016).

P.V.Kondratenko et al. (2018) o'z ishlarida suv omborlarida muhandislik-geologik tadqiqotlar olib borib, ekspluatatsiyadan so'ng to'g'on tanasi va poydevor gruntlarining filtratsiya xususiyatlarini miqdoriy baholagan. Ularning ishlarida drenajning ishlash muddati, filtratsiyaga qarshi filtrning sezuvchanligi sezilarli o'zgarishlarga duch kelishi mumkinligi aniqlangan.

"Massingir" to'g'oni tosh-gruntli to'g'on hisoblanib, maksimal balandligi 46 m ni tashkil qiladi. Gil yadroli va tekis gorizontall drenajga ega. 1977-yilda ekspluatatsiya boshlanganidan keyin to'g'onda pastki b'ef zonasining botqoqlanishi va to'g'on poydevorida suffoziya jarayonlari kuzatildi. Loyihaviy yechimlar varianti sifatida to'g'onning pastki qismidagi oqim tomonida ekran yoki yuqori oqimda diafragma o'rnatish taklifi ko'rib chiqilgan

(Orischuk, 2018). Tadqiqotchilar suv ombori zaminida shag'al qatlamlari orqali filtratsiya oqimining o'zgarishini aniqlagan va filtratsiyaning jadallashishini hisobga olgan holda, to'g'on chap qirg'oq zaminidan filtratsiyani kamaytirish uchun quyidagi ikkita variantni tavsiya etgan: a) sementatsiya yoki b) to'g'on oldi chap qirg'oq zaminidan suv o'tkazmas qatlamgacha plastik devor kesish (Jain & Choudhary, 2019).

Loyiha mualliflari suv o'tkazmaydigan geomembrana shaklida to'g'on yuqori b'ef tomonida ekran qurish bo'yicha chora-tadbirlarni muvaffaqiyatli amalga oshirish mumkinligini ta'kidlashsa ham, ishni tashkil etishning murakkabligi tufayli bu chora-tadbirlarni amalga oshirish bekor qilingan (Montfort & Breul, 2019; Vaschetti et al., 2019). Olimlar grunt to'g'on yuqori b'efida kuzatiladigan filtratsiyani kamaytirish uchun asfalt-beton va bitum materiallarini sinovdan o'tkazishning ilg'or texnologiyalari ustida izlanishlar olib borishgan (Muller & Wilson, 2018).

Chouireb & Djehiche (2019) o'z izlanishlarida SEEP/W dasturidan foydalangan holda, vertikal drenajli gruntli to'g'on tanasi orqali filtratsiya oqimi tahlilini Harreza to'g'onining yuqori b'ef uch xil suv sathi uchun PK 28 da amalga oshirgan. Modelda olingan natijalar dala tadqiqotlarida olingan ma'lumotlar bilan solishtirganda, natijalar loyihaviy parametrlariga mos kelishi aniqlangan.

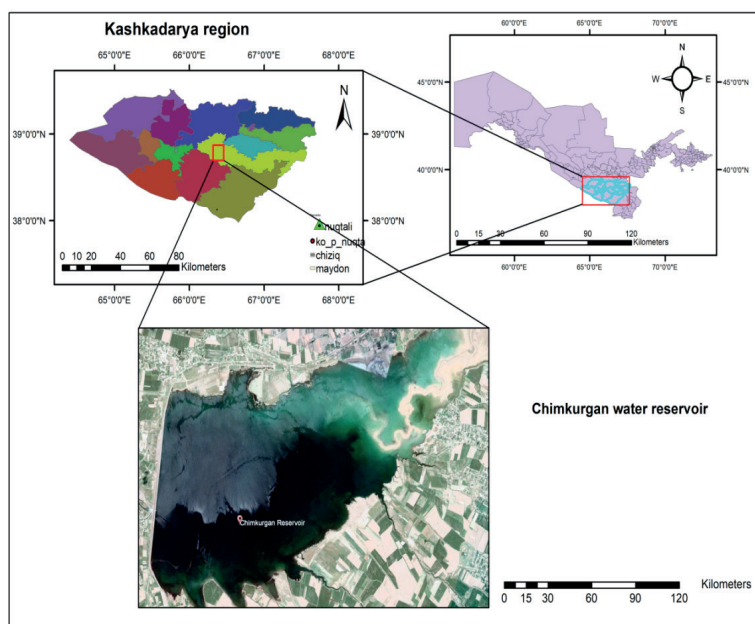
Olimlarning tadqiqotlariga ko'ra, gruntli to'g'on suv omborlarida filtratsiya depressiya egri chizig'ini pasaytirish uchun bir nechta konstruksiyalar taklif qilingan. Ba'zi olimlar drenaj qurilmalarining filtratsiya jarayonidagi muhim rolini aniqlashgan. Ammo ular filtratsiya jarayonlarini o'rganishda drenajlardan chiqayotgan suvlar tarkibini inobatga olmagan. Respublikamizdagi suv omborlarining 95 foizdan ortig'i gruntli to'g'onlardan iborat bo'lib, hozirgi kunda ulardan turli maqsadlarda foydalanib kelinmoqda. Gruntli to'g'onlarning ishonchli va xavfsiz ishlashi uchun to'g'on tanasidan bo'ladigan filtratsiya jarayonlarini to'g'ri baholash, drenaj orqali chiqayotgan filtratsiya suv sarfini yuqori b'ef suv sathi bilan bog'liq holda tahlil qilish, shuningdek, filtratsiya suvlaridan namunalar olib, laboratoriya sharoitida tekshirish dolzarb masalalardan hisoblanadi.

Tadqiqotning asosiy maqsadi yuqorida ko'rsatilgan muammolarni inobatga olgan holda, Chimqo'rg'on suv omborining yuqori b'ef kosasidan suv namunalari olib, pastki b'ef drenajlaridan chiqayotgan filtratsiya suv namunalari bilan taqqoslashdir. Bu suv namunalari laboratoriya sharoitida tekshiriladi. Shu orqali to'g'on tanasidan o'tayotgan filtratsiya suvlari tarkibidagi o'zgarishlarni aniqlash maqsadida dala va laboratoriya tadqiqotlari olib borish zarur.

Material va metodlar

Dala tadqiqotlari "Toshkent irrigatsiya qishloq xo'jaligini mexanizatsiyalash muhandislari instituti" Milliy tadqiqot universiteti "Gidravlika va gidroinformatika" kafedrası professor-o'qituvchilari hamda doktorantlari tomonidan Qashqadaryo viloyati Qashqadaryo daryo o'zanida qurilgan Chimqo'rg'on suv omborida olib borildi. Suv ombor to'g'oni uzunligi 8 km, to'g'onning maksimal balandligi esa 33 m ni tashkil qiladi. Suv omborining loyihaviy hajmi 500 mln m³, foydali hajmi esa 450 mln m³. Suv ombor to'g'onining PK 27 dan PK 50 gacha bo'lgan uchastkalari daryo o'zanida joylashgan. Ushbu uchastkada 21 ta stvor hamda 116 ta p'ezometrlar qurilgan (1-rasm).

Loyiha bo'yicha to'g'on tanasi hamda zaminidan bo'ladigan filtratsiya suv sarflarini o'lchaydigan gidropostlar 11 ta, shundan 1 tasi umumiy filtratsiya suv sarflarini o'lchash maqsadida qurilgan. Suv omboridan foydalanish davomida filtratsiya suv sathlari ko'tarila boshlagani uchun yana qo'shimcha 8 ta gidropost bunyod etilgan. Hozirgi kunda jami 19 ta gidropostdan ishchi holatda foydalanib kelinmoqda.



1-rasm. Chimqo'rg'on suv ombori tadqiqot hududi

Shulardan loyiha bo'yicha qurilgan 10 ta gidropost birinchi liniya drenaj tizimida joylashtirilgan. Keyingi bosqichda qurilgan 8 ta gidropost ikkinchi liniyada qurilgan.

Tadqiqotlar Chimqo'rg'on o'zanli suv omborida olib borilib, asosan, to'g'on tanasi hamda zaminidan bo'layotgan filtratsiya suvlarini olib chiqib ketuvchi drenajlarda amalga oshirildi. Drenajlarni loyihalashda to'g'on tanasi va zamindagi gruntlar tavsiflari, ularning suffoziya xossalari va drenaj zonasidagi filtratsiya sharoitlari hisobga olinadi. Gidrotexnika inshootlari amaliyotida filtratsiya suv sarflarini hisoblash uchun drenaj konstruksiyalari qo'llanadi. Eng keng tarqalganlari orasida drenaj prizmasi, qatlamli drenaj, kombinatsiyalashgan drenaj, gorizontali yassi drenaj, qiya-gorizontali drenaj, kombinatsiyalangan drenaj, tasmasimon drenaj va quvurli drenajlar asosiy o'rin tutadi.

Tadqiqot obyektida drenaj tizimi quvurli drenaj konstruksiyasidan foydalanilgan bo'lib, filtratsiya suvlari quvurlarda yig'iladi va suv sarfini o'lchaydigan gidropostlar orqali hovuzga tashlanadi.

Filtratsiya suvlarini o'lchaydigan gidropostlarda "Chipoletti" suv o'tkazgichda suv sarfini o'lchash ishlari amalga oshirilmoqda. Suv o'tkazgichlar ko'rinishi (2, 3) rasmda keltirilgan.



2-rasm. 8-gidropost



3-rasm. Umumiy gidropost

Suv ombori to'g'oni va zaminidan o'tayotgan filtratsiya suv sarfini o'lchash uchun umumiy gidropost sekundiga 500 l/s suv o'tkazish qobiliyatiga ega "Chipoletti" suv o'tkazgichida o'lchov-kuzatuv ishlari olib borildi. Suv o'tkazgichdan o'tayotgan suv "Berdoli" kanali tagidan dyuker orqali Qashqadaryo daryosiga chiqariladi.

Tabiiy dala tadqiqoti davomida drenajlardan chiqayotgan filtratsiya suv sarfi hamda gidropostlarning hozirgi ishchi holatini aniqlash bo'yicha tadqiqotlar amalga oshirildi (4-rasm). To'g'on tanasidan o'tadigan filtratsiya suvi tarkibini aniqlash uchun esa "Gidravlika va gidroinformatika" kafedrasida laboratoriyasida tadqiqotlar olib borildi (5-rasm).



4-rasm. 1-linya 3-gidropost



5-rasm. Namuna suvlarini laboratoriya sharoitida tekshirish

Laboratoriya sharoitida filtratsiya suvining quruq qoldiq miqdori quritish shkaf pechida amalga oshirilgan (7-rasm). Suvning pH miqdori pH Meters qurilmasi orqali aniqlangan (8-rasm). Olingan namunaning loyqalik miqdorini aniqlash uchun spektrofotometr qurilmasidan foydalanilgan (9-rasm).



7-rasm.
Quritish shkaf pechi



8-rasm. pH Meters



9-rasm. Spektrofotometr

Quruq qoldiq miqdorini aniqlashda tayyorlangan chinni idishlar 110 °C da doimiy og'irlikka yetguncha quritiladi, eksikatorida sovitiladi va og'irligi analitik tarozida o'lchab olinadi. Tarozida o'lchab olingan chinni idishlarga 50 sm³ suv namunasi pipetka bilan o'lchab solinadi va suv hammomiga joylashtiriladi. Namuna chinni idishda to'liq bug'latiladi. To'la bug'latilgan namunalar quritish shkafida 110 °C da doimiy og'irlikka yetguncha quritiladi, eksikatorida sovitiladi va og'irligi analitik tarozida o'lchab olinadi.

Quruq qoldiq miqdori quyidagi (1) formula bilan hisoblanadi:

$$x = \frac{(m_2 - m_1)}{V}, \quad (1)$$

bu yerda: m_1 – tigel og'irligi, g;

m_2 – quritilgan qoldiqli tigel og'irligi, g;

V– bug'latish uchun olingan suv namunasining hajmi, dm^3 .

Tadqiqot natijalari

Tadqiqot hududida olib borilgan tabiiy dala tadqiqotlari davomida 18 ta gidropostdan drenajlar orqali chiqayotgan filtratsiya suv namunalarining laboratoriya sharoitida quruq qoldiq miqdori, loyqalik darajasi hamda suvning pH miqdorini aniqlash ishlari amalga oshirildi.

Tabiiy dala tadqiqotlari davomida olingan ma'lumotlar quritish shkaf pechidan foydalanib, laboratoriya sharoitida o'rganildi va to'g'on tanasidan o'tuvchi filtratsiya suvlarining quruq qoldiq miqdori aniqlanib, har bir gidropost uchun (1) jadvalda keltirildi. Olingan natijalar shuni ko'rsatmoqdaki, buloq hamda 1, 2, 6, 8, 9, 9a gidropostlardan olingan suv namunalarida quruq qoldiq miqdori 2a, 3, 3a, 4, 4a, 5, 6a, 7, 7b, 8a, gidropostlarga nisbatan yuqori ekanligi aniqlandi.

1-jadval

Drenajlardan chiqayotgan filtratsiya suvlari tarkibidagi quruq qoldiq miqdori

№	Nomi	Qurtilishidan oldingi og'irligi, g	Qurtilgandan keyingi og'irligi, g	$\delta, g/dm^3$
1	YuBSS	25,457	25,412	0,9
2	Buloq	30,714	30,865	3,02
3	1	26,034	26,194	3,2
4	2	28,225	28,378	3,06
5	2a	25,467	25,531	1,28
6	3	25,829	25,881	1,04
7	3a	25,153	25,197	0,88
8	4	27,552	27,596	0,88
9	4a	26,246	26,298	1,04
10	5	25,738	25,799	1,22
11	6	29,233	29,355	2,44
12	6a	37,423	37,488	1,3
13	7	36,735	36,768	0,66
14	7b	39,725	39,799	1,48
15	8	29,219	29,275	1,12
16	8a	42,526	42,687	3,22
17	9	37,519	37,671	3,04
18	9a	36,841	36,997	2,52

Tadqiqot davomida gidropostlardan olingan namuna suvlarining laboratoriya sharoitida pH Meters qurilmasi orqali (2) jadvalda keltirilgan pH miqdori aniqlangan. pH – “potensial vodorod” suvli eritmaning kislota yoki asosligi o'lchovi hisoblanadi.

2-jadval

Drenajlardan chiqayotgan suvning pH miqdori

№	Nomi	pH	№	Nomi	pH	№	Nomi	pH
1	YuBSS	6,66	7	3a	6,54	13	7	6,54
2	Buloq	6,70	8	4	6,88	14	7b	6,70
3	1	6,42	9	4a	6,52	15	8	6,53
4	2	6,55	10	5	6,73	16	8a	6,67
5	2a	6,42	11	6	6,61	17	9	6,58
6	3	6,46	12	6a	6,34	18	9a	6,55

18 ta gidropostlardan olingan filtratsiya suv namunalari natijalariga e'tibor beradigan bo'lsak, filtratsiya suvlarining pH miqdori bir-biridan unchalik katta farq qilmaydi.

Dala tadqiqotlari davomida gidropostlardan olingan suv namunalarining loyqalik miqdori spektrofotometr qurilmasi yordamida aniqlandi va natijalar (3) jadvalda keltirildi.

3-jadval

Drenajlardan chiqayotgan suvning loyqalik miqdori

№	Nomlari	mg/l	№	Nomlari	mg/l
1	YuBSS	0,032	11	6a	0,032
2	1	0,063	12	7	0,053
3	2	0,043	13	7a	0,033
4	2a	0,048	14	7b	0,058
5	3	0,0465	15	8	0,0565
6	3a	0,049	16	8a	0,069
7	4	0,0592	17	9	0,0492
8	4a	0,0598	18	9a	0,0498
9	5	0,051	19	10	0,022
10	6	0,0602			

Chimqo'rg'on suv omborida dala tadqiqotlari olib borildi. Tadqiqot davomida olingan suv namunalar kafedra laboratoriyasida ko'rib chiqildi.

Tadqiqot natijalar tahlili

Tahlil natijalari shuni ko'rsatadiki, 1-liniya drenaj tizimi orqali chiqayotgan filtratsiya suvlarining quruq qoldiq miqdori yuqori bo'lgan.

Filtratsiya suvlaridagi loyqalik miqdorini aniqlashda yuqori b'ef suv namunasi bilan pastki be'f drenajlardan chiqayotgan filtratsiya suv namunalari solishtirildi. Natijalar shuni ko'rsatdiki, drenajlarning 1, 4, 4a, 5, 6, 7, 7b, 8a gidropostlaridan chiqayotgan filtratsiya suvining loyqalik miqdori YuBSSga nisbatan ancha yuqori.

Xulosa

Tabiiy dala tadqiqotlari Chimqo'rg'on suv omborida olib borilib, suv ombori to'g'oni tanasidan o'tayotgan filtratsiya suvlari drenajlar orqali chiqadigan gidropostlarda o'lchov-kuzatuv ishlari amalga oshirildi. Suv omborida jami 18 ta gidropost bo'lib, har bir gidropostdan suv namunalari olindi va tarkibidagi quruq qoldiq miqdori, loyqalik miqdori hamda pH ko'rsatkichlari laboratoriya sharoitida o'rganildi.

Laboratoriya tahlillari shuni ko'rsatdiki, 1, 2, 6, 8, 9, 9a gidropostlardagi filtratsiya suvining quruq qoldiq miqdori YuBSS dan olingan suv namunalariga nisbatan sezilarli darajada juda yuqori.

Olingan natijalar shuni ko'rsatadiki, pastki b'efda 18 ta gidropost bo'lib, ulardan 7 tasida filtratsiya suvining loyqalik miqdori YuBSS ga nisbatan ancha yuqori. Bu uchastkalar Chimqo'rg'on suv ombori to'g'onining Pk 37 dan Pk 50 gacha bo'lgan stvorlariga to'g'ri keladi.

Natijalardan xulosa qiladigan bo'lsak, gruntli to'g'onlarning ishonchli hamda xavfsiz ishlashini ta'mimlash uchun to'g'on tanasi va zaminida sodir bo'ladigan filtratsiya jarayonlarini to'g'ri baholash hamda drenajlardan chiqayotgan filtratsiya suvlari tarkibini tekshirib turish katta ahamiyatga ega. Bu orqali fizik va kimyoviy suffoziya jarayonlarining oldini olish, shuningdek, suv omborining barqaror ishlashini ta'minlash mumkin.

REFERENCES

1. Arifjanov, A., Babajanov, F., Xoshimov, S., & Sultonov, R. (2024b). Distribution of river flow in the river bed. *BIO Web of Conferences*, 105, 05015.
2. Arifjanov, A., Gapparov, F., Apakxujaeva, T., & Xoshimov, S. (2020). Determination of reduction of useful volume in water reservoirs due to sedimentation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 614 (1), 012079.
3. Arifjanov, A., Samiev, L., Khaydarov, S., Kasimov, T., Juraev, S. (2022). Increasing Efficient Use of Water Storage Pools. *AIP Conference Proceedings* [this link is disabled](#), 2432, 040003
4. Arifjanov, A., Samiyev, L., Babajanov, F., Tadjiboyev, S., & Akramov, J. (2024a). Assessment of the productivity of river sediments. *E3S Web of Conferences*, 538, 03010.
5. Arifjanov, A., Samiyev, L., Ibragimova, Z., & Ulashov, Q. (2023). Effects of water level changes in reservoir basin on coastal erosion. *E3S Web of Conferences, CONMECHYDRO*, 401, 01016. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202340101016>
6. Arifjanov, A., Samiyev, L., Xoshimov, S., Ulashov, Q. (2024c). Filtratsiya jarayonini gruntli to'g'onlarga ta'sirini baholash [Assessment of the influence of the seepage process on earth dams]. (In Uzbek). *Science and Innovative Development*, 7, (2).
7. Chouireb, M., & Djehiche, A. (2019). Simulation of seepage flow through an earthen dam with vertical drain and comparison of results with observations data (case study: Harreza dam-Algeria). *Arabian Journal of Geosciences*, (12), 406. <https://doi.org/10.1007/s12517-019-4542-6>
8. Fakhari, A., & Ghanbari, A. (2013). A simple method for calculating the seepage from earth dams with clay core. *J. of Geo-Engg.*, 8 (1), 27–32.
9. Gapparov, F., Nazaraliev, D., & Eshkuvatov, Q. (2020). Assessment of Chimkurgan water reservoir sedimentation processes. *CONMECHYDRO*. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/883/1/012039>
10. Jain, A., & Choudhary, R. K. (2019). Rehabilitation of pervious foundation of Kanupur earth dam, Odisha - a case study. *International Dam Safety Conference*, 2, 931–939. Bhubaneswar, Odisha.
11. Kondratenko, P. V., Voronkov, O. K., Sheikin, A. M., Ganin, A. V., & Ushakova, L. F. (2018). Engineering and geo-physical studies of the condition of the left-bank abutment of the concrete dam of Volkhovskaya HPP. (In Russian). *Izvestiya of "Vedeneev VNIIG"*, 288, 37–45.
12. Montfort, A., & Breul, B. (2019). Bituminous geomembrane increasing tendency on Europe, America and Australia, to assume and renew watertightness of dams and reservoirs. *International Dam Safety Conference*, 2, 837–847. Bhubaneswar, Odisha.
13. Muller, D., & Wilson, D. (2018). Asphaltic cores: making embankment dams truly watertight. *The International Journal on Hydropower and Dams*, 25 (1), 169–176.
14. Orischuk, R.N. (2018). Problems of design, construction and operation of clay-cement-concrete diaphragms of earth dams erected by the method of bored piles. *Izvestiya of "Vedeneev VNIIG"*, 287, 3–13.
15. Panov, S. I., & Veselov, A. B. (2016). Peculiarities of operation of piezometric devices in dams with clayey soil elements. (In Russian). *Izvestiya of "Vedeneev VNIIG"*, 280, 65–78.
16. Samiev, L., Khamidov, A., Ungalov, A., & Mamatisaev, G. (2023a). Hydrological analysis of livestock water reservoir using GIS technologies. *E3S Web of Conferences*, 371, 01030
17. Samiev, L., Shaymardonov, S., Xoshimov, S., Mamadiyrov, O. (2023b), Dynamics of sediment formation in natural lakes and reservoirs. *E3S Web of Conferences*, 452, 02019.
18. Samiev, L., Vokhidova, U., Tursunova, E., Babajanov, F., & Shaymardonov, S. (2024). Analysis of the causes of silting of natural channels. *E3S Web of Conferences*, (508), 07006.
19. Samiyev, L., Allayorov, D., Atakulov, D., & Babajanov, F. (2020). The influence of sedimentation reservoir on hydraulic parameters of irrigation channels. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*.
20. Vaschetti, G., Tronel, F., & Subramanian, J. (2019). Geomembrane systems in dam's rehabilitation: underwater applications. *International Dam Safety Conference*, 2, 830–836. Bhubaneswar, Odisha.



ILM-FAN VA INNOVATSION RIVOJLANISH

НАУКА И ИННОВАЦИОННОЕ РАЗВИТИЕ

SCIENCE AND INNOVATIVE DEVELOPMENT

Volume 7 | Issue 5 | September – October 2024

"Ilm-fan va innovatsion rivojlanish" jurnali tahririyati

Manzil: 100174, Toshkent sh., Universitet ko'chasi, 7-uy.

Veb-sayt: <https://ilm.mininnovation.uz>

Telegram: t.me/Ilmfanjournali

Telefonlar: (+998) 99-373-90-35,
(+998) 99-920-90-35

E-mail: ilm.fan@inbox.ru

Obuna indeksi: 1318.

Bosishga ruxsat etildi: 2024-yil 31-oktabr.
Bichimi 60 x 84 ¹/₈. Shartli bosma tabog'i 14,9.
Adadi 500 nusxa.

"Innovatsion rivojlanish nashriyot-matbaa uyi" davlat unitar korxonasi bosmaxonasida ofset qog'ozda chop etildi.

Редакция журнала «Наука и инновационное развитие»

Адрес: 100174, г. Ташкент,
ул. Университетская, 7.

Веб-сайт: <https://ilm.mininnovation.uz>

Телеграм: t.me/Ilmfanjournali

Телефоны: (+998) 99-373-90-35,
(+998) 99-920-90-35

E-mail: ilm.fan@inbox.ru

Подписной индекс: 1318.

Подписано в печать: 31 октября 2024 г.
Формат 60 x 84 ¹/₈. Усл. печ. л. 14,9.

Тираж 500 экз.

Отпечатано на офсетной бумаге в типографии ГУП «Издательско-полиграфический дом инновационного развития».

Editorial Board of the journal "Science and Innovative Development"

Address: 100174, Tashkent city,
st. Universitetskaya, 7.

Website: <https://ilm.mininnovation.uz>

Telegram: t.me/Ilmfanjournali

Phones: (+998) 99-373-90-35,
(+998) 99-920-90-35

E-mail: ilm.fan@inbox.ru

Subscription index: 1318.

Signed for publication: October 31, 2024.

Format 60 x 84 ¹/₈. Conditional printed
sheet 14.9. Circulation 500 copies.

Printed on offset paper in the Printing House
of the State Unitary Enterprise "Publishing
and Printing House of Innovative Develop-
ment".